



# Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira

v.1, 2019

**Ciência, Desenvolvimento e Inovação  
na Engenharia e Agronomia Brasileira  
v.1**

C4902 Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira v.1/Organizadores: Francisco et al.

— Campina Grande: EPGRAF, 2019.  
177 f.: il. color.

ISBN: 978-85-60307-49-4

1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Ideias Inovadoras. 4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Alcântara, Virgínia Mirtes de. III. Silvino, Guttemberg da Silva. IV. Ribeiro, George do Nascimento. IV. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável. Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.

### **Créditos de Imagens da Capa**

Freepick.com

### **Editoração, Revisão e Arte da Capa**

Paulo Roberto Megna Francisco

### **Conselho Editorial**

Djail Santos (CCA-UFPB)  
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)  
George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)  
Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)  
João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)  
José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)  
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)  
Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)  
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)  
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)  
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)  
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)  
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco  
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva  
Guttemberg da Silva Silvino  
George do Nascimento Ribeiro  
(Organizadores)

**Ciência, Desenvolvimento e Inovação  
na Engenharia e Agronomia Brasileira**  
v.1



Realização

® Portal Tecnológico  
de Divulgação Científica

Eventos, Pesquisas e Inovação



Apoio



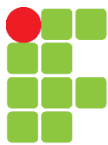
UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PIAUÍ



Universidade  
Estadual de  
Maringá



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE  
SERGIPE



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
PERNAMBUCO



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RORAIMA



UNIFACISA  
CENTRO UNIVERSITÁRIO



UNIOESTE  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CARIRI

**SUMÁRIO**

Capítulo 1 .....	6
MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BERINJELA ( <i>Solanum melongena</i> L.) .....	6
Capítulo 2 .....	13
CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS, QUÍMICAS E FOTOCATALÍTICAS DE TINTA COMERCIAL A BASE DE TiO <sub>2</sub> E RESINA POLIURETANA .....	13
Capítulo 3 .....	24
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E AÇÃO QUELANTE DE PECTINA OBTIDA DE CASCA DE MARACUJÁ AMARELO ( <i>Passiflora Edulis Flavicarpa</i> ) .....	24
Capítulo 4 .....	31
GERÊNCIA DE RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO E PRINCÍPIO DE INCÊNDIO POR MEIO DE MAPAS COGNITIVOS FUZZY EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE FAVELAS .....	31
Capítulo 5 .....	46
REMOÇÃO DE ESPÉCIES FENÓLICAS UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DE CASCA DO MARACUJÁ AMARELO ( <i>Passiflora edulis</i> ) .....	46
Capítulo 6 .....	59
ESTUDO REOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE CENOURA .....	59
Capítulo 7 .....	68
INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E TEXTURAL DE GELEIA DE MORANGO COM PIMENTA .....	68
Capítulo 8 .....	76
DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS E SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>H. serratifolius</i> (Vahl) S. O. Grose .....	76
Capítulo 9 .....	84
DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE ARROZ NO ESTADO DE RORAIMA .....	84
Capítulo 10 .....	96
MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM APLICADA A SEMENTES DE AVELÃ SEM CASCA .....	96
Capítulo 11 .....	103
ANÁLISE DO PERFIL INSTRUMENTAL DE TEXTURA DE DIFERENTES CARNES DE HAMBÚRGUER COMERCIALIZADAS EM CAMPINA GRANDE-PB .....	103
Capítulo 12 .....	109
ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE ARROZ RECOBERTAS COM AGROMINERAIS .....	109
Capítulo 13 .....	117
UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE “R” NA AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURU .....	117
Capítulo 14 .....	130
ESTIMATIVA E ANÁLISE DO VOLUME HÍDRICO DO AÇUDE PÚBLICO DE SUMÉ-PB POR MEIO DE IMAGEM DE SATÉLITE .....	130
Capítulo 15 .....	141
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO GRAMAME, PB – BRASIL .....	141
Capítulo 16 .....	149
POTENCIAL PRODUTIVO DAS TERRAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO CUNHA, BREJO PARAIBANO, BRASIL .....	149
Capítulo 17 .....	160
ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL APLICADO AOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI CEARENSE .....	160
Capítulo 18 .....	170
CONFORTO TÉRMICO E PRODUTIVIDADE LEITEIRA EM PROPRIEDADE DE REGIÃO SEMIÁRIDA, NO MUNICÍPIO DE BARBALHA, CEARÁ .....	170
Curriculum dos Organizadores .....	177

**Capítulo 1**

**MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE DESIDRATAÇÃO OSMÓTICA DE BERINJELA  
(*Solanum melongena* L.)**

**Kevyn Melo Lotas<sup>1</sup>**  
**Amanda da Silva Ramos<sup>2</sup>**  
**João Fernando Alves Costa<sup>3</sup>**  
**Lúcia de Fátima Alves Gomes<sup>4</sup>**  
**Wenderson Gomes dos Santos<sup>5</sup>**  
**Leiliane do Socorro Sodré de Souza<sup>6</sup>**  
**Anderson Mathias Pereira<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Eng. Alimentos, UFAM, Manaus-AM, kevinmelo@gmail.com

<sup>2</sup>Eng. Alimentos, UFAM, Manaus-AM, aamanda.rramos@gmail.com

<sup>3,4,5,6</sup>Msc. Prof. Assistente, UFAM, Manaus-AM, jfernando-afgc@hotmail.com

luciaf\_alves@hotmail.com; wendersonsq@hotmail.com; leilianesodre@gmail.com

<sup>7</sup>Dr. Prof. Adjunto, UFAM, Manaus-AM, ampereira.eng@hotmail.com

**Introdução**

Nos últimos anos têm-se observado no Brasil um aumento considerado no consumo de berinjela (*Solanum melongena* L.) (PEDROSA et al., 2001). O crescimento do consumo e do número de consumidores, deve-se ao fato de que, o seu fruto é uma boa fonte de vitaminas e sais minerais (RIBEIRO et al., 1998), sendo ainda atribuídas propriedades medicinais, como capacidade de diminuir o colesterol plasmático (JORGE et al., 1998) e efeito hipoglicêmico (DERIVI et al., 2002).

Por conter em sua composição substâncias bioativas, tem sido citada por diversos autores como uma das culturas que pode ser classificada como alimento funcional. Alimentos funcionais podem ser definidos como sendo aqueles que beneficiam uma ou mais funções orgânicas, além da nutrição básica, contribuindo para melhorar o estado de saúde e bem-estar, e reduzir o risco de doenças. Contém proteína, vitamina (VA1, VB1, VB2, VC, VP - principalmente na casca - niacina), minerais (Ca, P, Fe), alcaloides, pigmentos, ácido clorogênico, aminoácidos, saponinas, cinarina (DIPLOCK et al., 1999; CHEVALLIER, 1996).

Tendo em vista a sazonalidade de frutas e hortaliças, é de suma importância o estudo de aplicações adequadas para o seu processamento, visando a sua conservação, bem como o prolongamento de sua vida útil e o aumento de sua disponibilidade (CORREA et al., 2008).

Entre as principais dificuldades relacionadas ao longo dos anos de cultivo estão as perdas de pós-colheita, que chegam a 60% da produção, sendo a quantidade de água livre

presente nesses alimentos, uma das principais causas da sua deterioração. Além de que, nos vegetais, ocorre o escurecimento por causa da presença da enzima polifenoloxidase (PPO), ativada mediante a exposição das partes internas do vegetal ao oxigênio após o fatiamento (CELESTINO, 2010; GOMES et al., 2006; FERNANDES, 2012).

Apresentando-se como alternativa aliada à elaboração de novos produtos, tem-se a desidratação osmótica, onde esta proporciona um valor agregado maior ao produto final, sem deixar as propriedades funcionais de lado, considerada uma ferramenta tecnológica importante para o desenvolvimento de novos produtos derivados de frutas (TORREGGIANI & BERTOLO, 2001).

Trata-se de uma técnica em que, consiste na imersão de uma fruta ou vegetal em soluções de açúcar ou sal. A pressão osmótica da solução é maior que a do alimento, então a água vai migrar do alimento para a solução, reduzindo, assim, a atividade de água do alimento. Quanto mais concentrada for a solução mais rápido vai ocorrer a secagem. Fatores como temperatura da solução e tamanho dos pedaços do alimento também vão influenciar na taxa de secagem (BRENNAN, 2006). É um dos métodos mais adequados para obtenção de produtos com perda de 20 a 50% da umidade inicial, com alterações mínimas de cor, textura e valor nutricional (ANDRADE et al., 2003; FERRARI et al., 2005).

Embora o tratamento osmótico reduza a umidade inicial do produto, a atividade de água residual possibilita a ocorrência de reações que podem prejudicar a segurança do produto

obtido, sendo necessário o uso de métodos combinados de conservação, como a apertização, secagem convectiva por ar, micro-ondas, entre outros (CORREA et al., 2008).

Como vantagens deste processo encontram-se o alimento com melhor textura, maior retenção de vitaminas, flavor mais intenso e maior estabilidade da cor, aumento na vida-de-prateleira do produto, redução de custos com armazenamento, transporte e embalagem devido à redução de umidade, além de agregar valor ao alimento e aumentar sua disponibilidade no mercado. A eficiência do processo de desidratação depende de vários fatores, como características do tecido vegetal, tipo e concentração do agente desidratante, temperatura, tempo de imersão, proporção alimento/solução e agitação (EL-AQUAR, 2003; FELLOWS, 2006).

Estudos e análises de curvas de secagem e determinação do teor de água permitem entender e visualizar melhor o processo de secagem, bem como escolher o procedimento, o tratamento, o equipamento e a temperatura adequada para se realizar a desidratação da fruta, para melhor qualidade sensorial e tecnológica (OLIVEIRA et al., 2002).

O presente trabalho objetiva determinar, experimentalmente, as curvas de desidratação osmótica da berinjela (*Solanum melongena* L.) à temperatura de 30°C em xarope de sacarose nas concentrações de 10 e 20 °Brix, e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais, para cada condição de desidratação estabelecida.

### Material e Métodos

As berinjelas foram adquiridas em comércio local de Manaus-AM, em estado de maturação ideal para o consumo e analisadas quanto aos teores de umidade, cinzas e sólidos totais solúveis (°Brix) conforme o Manual de Métodos para Análise Físico-Química de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (1985).

Para o processo de desidratação osmótica as berinjelas foram submetidas a um pré-tratamento demonstrado na Figura 1. Antes e após o processo foram realizadas as determinações analíticas de massa da amostra em balança analítica; sólidos solúveis em refratômetro de bancada e umidade em estufa a 105°C até peso constante.

As berinjelas foram lavadas em água corrente, para a remoção de eventuais sujidades e, em seguida, sanitizadas em água clorada (50 ppm) durante 15 minutos, cortadas em rodela

de aproximadamente 1 cm de espessura, com auxílio de uma faca de aço inoxidável e descascadas. As rodela foram dispostas em béqueres de 2 L e então tratadas com solução de metabisulfito de sódio à 1% pelo período de 2 minutos, de modo a prevenir reações de escurecimento não enzimático, além de inativar enzimas. O branqueamento se deu com a imersão das rodela em banho-maria com água a temperatura de 70°C durante 1 minuto.

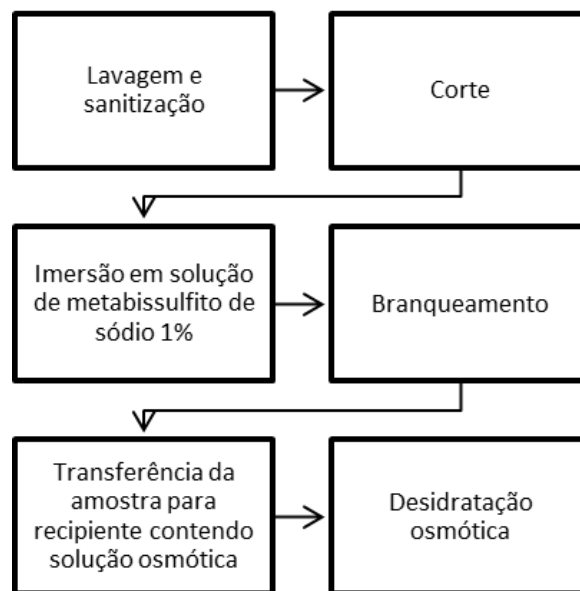


Figura 1. Fluxograma das etapas do processo de desidratação osmótica.

O processo de desidratação foi realizado em incubadora para Demanda Bioquímica de Oxigênio (D.B.O.) LUCA 161/01 à temperatura de 30°C. As amostras, juntamente com a solução osmótica, na proporção de 1:10, foram colocadas em potes retangulares de polietileno (alta densidade). As soluções foram preparadas com água destilada e sacarose comercial nas concentrações de 10 e 20% (m/v).

Para a avaliação da cinética, foram retiradas amostras a cada 10 minutos, na primeira hora; mais duas a cada 15 minutos e outra após 30 minutos, na segunda hora; a última amostra foi retirada após 24 horas.

Para cada amostra retirada foram determinadas a umidade e os sólidos solúveis totais. Os valores obtidos nas determinações analíticas durante a desidratação osmótica foram utilizados para calcular os percentuais de perda de água (Eq. 1) e ganho de sólidos (Eq. 2) pelo fruto, conforme equações de balanço de massa de sólidos do processo utilizadas por Souza Neto (2005).



$$P_a(\%) = \frac{(M_o \cdot U_o) - (M_t \cdot U_t)}{M_o} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$G_s(\%) = \frac{(M_t \cdot B_t) - (M_o \cdot B_o)}{M_o} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:  $P_a$  (%) = Perda de água, em %;  $G_s$  (%) = ganho de sólidos, em %;  $M_o$  = massa do fruto no tempo  $t = 0$ , em g;  $M_t$  = massa do fruto tratado no tempo  $t$ , em gramas;  $B_o$  = °Brix do fruto no tempo  $t = 0$ ;  $B_t$  = °Brix do fruto tratado no tempo  $t$ ;  $U_o$  = umidade do fruto no tempo  $t = 0$ , em %;  $U_t$  = umidade do fruto tratado no tempo  $t$ , em %.

Os valores encontrados foram ajustados, utilizando-se o modelo exponencial ExpDec1 (Eq. 3).

$$Y = A_1 \cdot \exp\left(\frac{-x}{t_1}\right) + y_0 \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:  $A_1, t_1$  e  $y_0$  = Parâmetros do modelo (adimensional);  $Y$  ganho de sólidos ou perda de água (%);  $x$  = tempo (minutos).

Os resultados obtidos durante as análises experimentais foram submetidos à diferentes modelos matemáticos comumente usados para o estudo de cinética de secagem, plotados com referência da razão de umidade  $x$  tempo conforme a Equação 4, 5, 6 e 7, de Page, Newton, Midilli e Kucuk, e Henderson e Pabis respectivamente de acordo com Reis et al. (2015).

$$Y = \exp(k \cdot x^n) \quad (\text{Eq. 4})$$

$$Y = \exp(-k \cdot x) \quad (\text{Eq. 5})$$

$$Y = A \cdot \exp(-k \cdot x^n) + B \cdot x \quad (\text{Eq. 6})$$

$$Y = A \cdot \exp(-k \cdot x) \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:  $Y$  = razão de umidade (adimensional);  $k, n, A, B$  = parâmetros do modelo adimensional;  $x$  = tempo (minutos).

Os diferentes modelos matemáticos foram utilizados para descrever a taxa de desidratação do processo, visando à obtenção de informações sobre a cinética de desidratação osmótica da berinjela (*Solanum melongena* L.). Foram estabelecidas curvas da razão de umidade em função do tempo, para as

diferentes concentrações de xarope de sacarose na temperatura de 30°C.

## Resultados e Discussão

O teor de umidade, cinzas e sólidos solúveis determinados neste trabalho são 93,58% ± 0,01; 0,50% ± 0,01; e 1,2% ± 0,0, respectivamente. Os teores de umidade e sólidos solúveis são parâmetros primordiais a serem fornecidos, para que haja a comparação desses parâmetros na matéria-prima in natura com as amostras desidratadas (BARAT et al., 2001).

De acordo com Fernandes (2012), a berinjela in natura apresenta 93,66% ± 0,11 de umidade e 0,32 ± 0,01 de cinzas; La Cruz (1998), em seu trabalho sobre desidratação osmótica de berinjela, caracterizou-a com 92,74% de umidade e 0,41% de cinzas. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos informa os teores de umidade e cinzas para a berinjela crua em 93,8 e 0,4%, respectivamente.

Quanto à análise de sólidos solúveis totais, observa-se a ocorrência de divergências significativas, quando comparado aos trabalhos de Fernandes (2012) e La Cruz (1998). Fernandes (2012) caracterizou a matéria-prima em 4 °Brix, e La Cruz (1998) em 7 °Brix. Neste trabalho as berinjelas são caracterizadas com 1,2% de sólidos solúveis.

De acordo com Mercali (2009), durante o tratamento osmótico, a transferência de massa ocorre através de membranas celulares semipermeáveis presentes nos materiais biológicos, que oferecem a resistência dominante para o processo. O estado da membrana celular pode mudar de parcialmente permeável para totalmente permeável e isso pode ocasionar mudanças significativas na estrutura do tecido.

Mercali (2009) ainda afirma que, durante a remoção osmótica de água dos alimentos, a frente de desidratação se desloca da superfície do alimento em contato com a solução osmótica para o centro, o que resulta em desintegração celular, devido ao stress. A causa mais provável do dano celular pode ser atribuída à redução no tamanho das células, causado pela perda de água durante o tratamento osmótico, o que resulta na perda de contato entre a membrana celular e parede celular. Essas mudanças nas propriedades físicas dos alimentos (porosidade e permeabilização das células) proporcionam um aumento da difusividade mássica efetiva com o aumento da concentração da solução osmótica.

Considera-se, então, os valores obtidos no ponto t igual a 1440 min. (24 horas) como valor do ponto equilíbrio. Levando em consideração que, os valores variam pouco após atingi-lo.

A Tabela 1 apresenta os coeficientes das Equações de Page, Newton, Midilli e Kucuk e Henderson e Pabis para as concentrações de 10 e 20% de sacarose.

Tabela 1. Coeficiente de determinação ( $R^2$ ) dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de desidratação osmótica nas concentrações de 10 e 20%

Modelos Matemáticos	Concentração (%)	$R^2$
Page	10	0,58722
	20	0,98046
Newton	10	0,60736
	20	0,88389
Midilli e Kucuk	10	0,63947
	20	0,97438
Henderson e Pabis	10	0,69729
	20	0,93496

Comparando os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) apresentados, observa-se que o modelo matemático de Page se ajusta melhor aos dados experimentais para a desidratação a 20% (0,98046). Em seu trabalho sobre desidratação osmótica de banana, Silva et al. (2003) também observaram que, o modelo de Page teve um melhor ajuste aos dados experimentais. Os dados obtidos para a

desidratação osmótica a uma concentração de 10% não apresentam coeficientes de determinação satisfatórios.

A Figura 2 representa os gráficos com as curvas de desidratação para cada um dos modelos avaliados, apresentadas na forma adimensional do conteúdo de umidade (RU) em função do tempo (min), à temperatura de 30°C e nas concentrações de 10 e 20 °Brix.

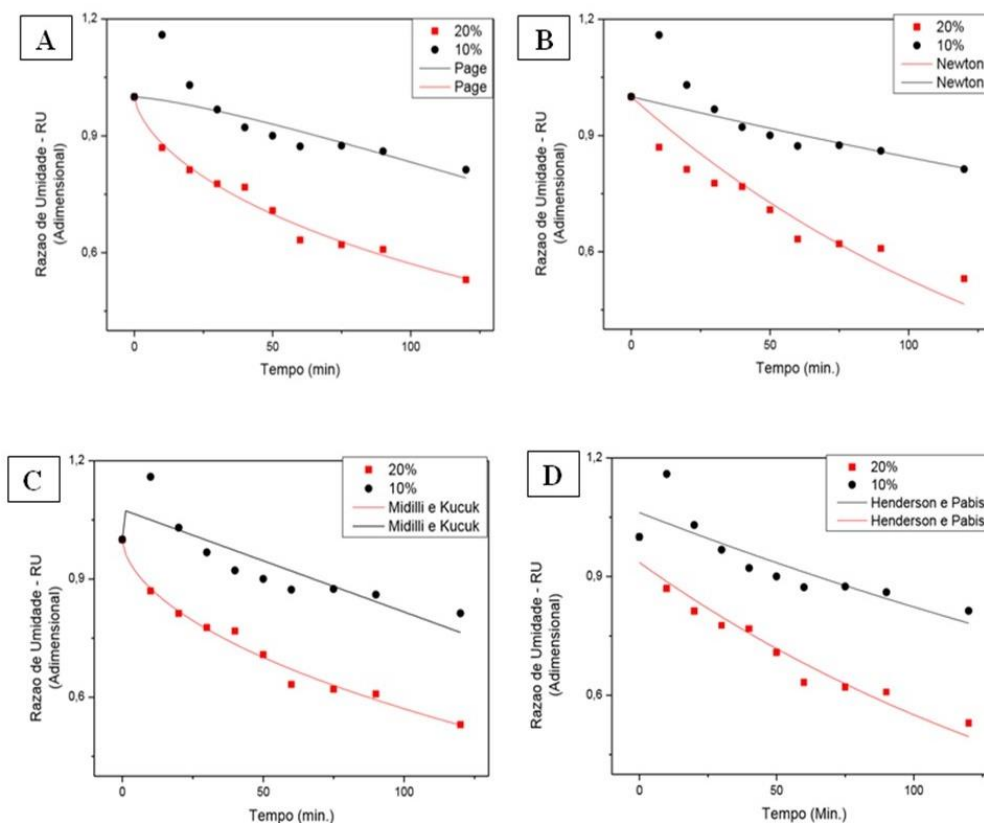


Figura 2. Gráficos das curvas de desidratação de berinjela a 10 e 20%. A – modelo de Page; B – Modelo de Newton; C – Modelo de Midilli e Kucuk e D – Modelo de Henderson e Pabis.

Observa-se que, o segundo ponto da curva que representa o comportamento de desidratação a 10% está com distribuição fora da média dos demais. Isso ocorre devido à diferença não significativa de concentração de água entre a berinjela e a solução. Sendo assim, a berinjela, no início absorve água. A perda de água pode ser observada no ponto  $t$  igual a 15 min.

As curvas apresentadas indicam o efeito causado pelo aumento da concentração de sacarose sobre a cinética de desidratação, favorecendo o processo de transferência de massa da berinjela para a solução e, conseqüentemente, da solução para a berinjela, promovendo uma maior taxa de remoção de água da berinjela. O mesmo resultado foi confirmado por Fernandes (2012), trabalhando com desidratação osmótica e secagem de berinjela.

Os modelos proporcionam bons ajustes aos dados experimentais obtidos pela desidratação em xarope a 20 °Brix. Os resultados obtidos não são satisfatórios para a desidratação a 10 °Brix, devido aos baixos valores de  $R^2$ , notando-se que os modelos se ajustam a partir de  $t$  igual a 20 min.

Rastogi e Raghavarao (1997) verificaram que, a difusividade mássica efetiva da água mostrou uma dependência positiva com a temperatura e a concentração da solução durante a desidratação osmótica de cenoura em diferentes temperaturas e concentrações de soluções de osmóticas de sacarose.

İspir e Toğrul (2009) estudaram o efeito de diferentes parâmetros na desidratação osmótica de damasco e verificaram que, a difusividade mássica efetiva da água é dependente da temperatura e da concentração da solução osmótica, e ainda da combinação de ambos os parâmetros.

Na análise de perda de água e ganho de sólidos, observa-se uma baixa taxa inicial de remoção de água. Isso se deve à baixa força motriz osmótica existente entre a solução e a matéria-prima. A Figura 3 ilustra o comportamento das amostras em relação à perda de água e ganho percentual de sólidos.

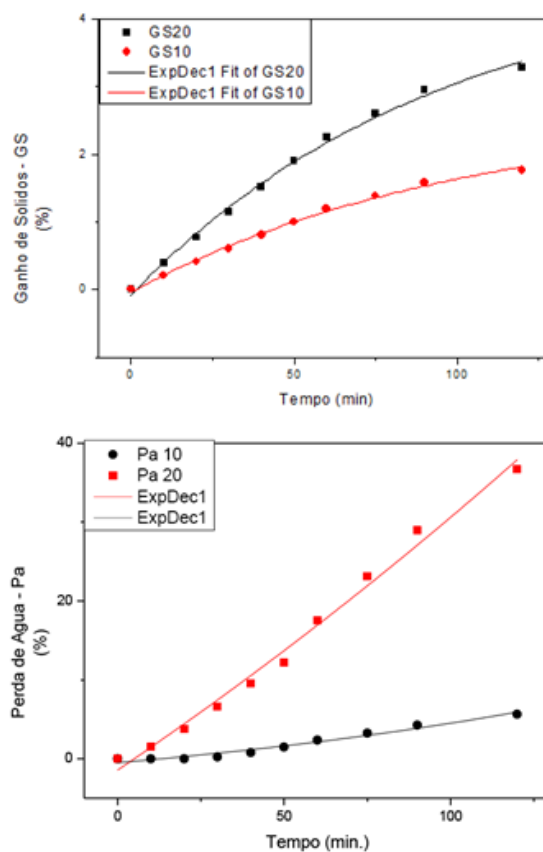


Figura 3. Ganho de Sólidos (GS) e Perda de Água (Pa) em amostras de berinjela desidratadas osmoticamente em soluções de sacarose nas concentrações de 10 e 20 °Brix, a temperatura de 30°C.

Na Figura 3, os dados referentes a ganho de sólidos e perda de água, confirmam a importância do uso de soluções mais concentradas para obter um produto com menor umidade. O gráfico de ganhos de sólidos apresenta a maior incorporação de sólidos na amostra imersa em solução 20%, o que é confirmado com o gráfico de perda de água. A amostra imersa em solução 10% em 120 minutos apresenta 13,09% de perda de água, enquanto na solução 20% no mesmo tempo esse valor é de 45,85%.

Segundo Lima et al. (2004), a utilização de maiores proporções de solução osmótica também afeta consideravelmente a perda de água. Pessoa et al. (2016), em trabalho sobre cinética de desidratação osmótica em goiabas, justificam este fato em virtude dos fluxos de massa que ocorrem durante o processo, provocando uma variação na concentração das soluções e uma diminuição dos gradientes de concentração entre fruta e solução osmótica ao longo do processo.

Observa-se que, quanto maior a concentração de soluto na solução utilizada no tratamento, maior é a incorporação de sólidos. Pessoa et al. (2016), justificam que um maior teor de sólidos em uma solução de sacarose promove um maior ganho de sólidos nas amostras, sendo o tempo no qual as amostras permanecem imersas em solução outro fator importante no ganho de sólidos.

Ao comparar-se o teor de umidade da berinjela in natura à berinjela desidratada com a sacarose utilizada nos tratamentos, observa-se um gradiente de concentração de água não efetivo de 94% de H<sub>2</sub>O na berinjela, para 90 e 80% de H<sub>2</sub>O nas soluções.

### Conclusão

O transporte de massa durante o pré-tratamento osmótico de berinjela foi influenciado pela concentração de solução osmótica utilizada no processo. Após a desidratação, a matéria-prima reduziu seu conteúdo de umidade, em contrapartida, obteve incorporação de sólidos ao seu tecido, ocasionado pelo gradiente de concentração de H<sub>2</sub>O e sacarose entre berinjela e xarope.

O modelo matemático que melhor se adequou ao processo foi o modelo de Page, para a desidratação de berinjela em solução de sacarose 20%. A cinética de desidratação a 10%, inicialmente, absorveu água da solução, para então dar início ao processo de desidratação.

As perdas de água e ganho de sólidos, durante o processo de desidratação, se deram devido o transporte de massa no processo, sendo esses influenciados pela concentração da solução osmótica.

### Referências

ANDRADE, S. A. C.; METRI, J. C.; NETO, B. B.; GUERRA, N. B. Desidratação osmótica do Jenipapo (*Genipa amarericca* L.). *Ciência Tecnologia de Alimentos*, n.2, v.23, p.276-281, 2003.

BARAT, J. M.; FITO, P.; CHIRALT, A. Modeling of simultaneous mass transfer and structural changes in fruit tissues. *Journal of Food Engineering*, n.49, p.77-85, 2001.

BRENNAN, J. G. *Food Processing Handbook*. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2006. 582p.

CELESTINO, S. M. C. *Princípio de secagem de alimentos*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 51p.

CHEVALLIER, A. *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. DK, 1996. Disponível em:

<http://www.opcaofenix.com.br/site/wp-content/uploads/2012/10/Berinjela.pdf>. Acesso em: 07/03/2017.

CORREA, J. L. G.; SILVA FILHO, E. D.; BATISTA, M. B.; AROLA, F.; FIORENZE, R. Desidratação osmótica de tomate seguida de secagem. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.10, n.1, p.35-42, 2008.

DERIVI, S. C. N.; MENDEZ, M. H. M.; FRANCISCONI, A. D.; SILVA, C. S.; CASTRO, A. F.; LUZ, D. P. Efeito hipoglicêmico de rações à base de berinjela (*Solanum melongena* L.) em ratos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.22, n.2, p.164-169, 2002.

DIPLOCK, A. T.; AGGETT, P. J.; ASHWELL, M.; BORNET, F.; FERN, E. B.; ROBERFROID, M. B. Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. *British Journal of Nutrition*, v.88, S1-S27 (Suppl. 1), 1999.

EL-AQUAR, Â. A.; MURR, F. E. X. Estudo e modelagem da cinética de desidratação osmótica do mamão formosa (*Carica papaya* L.). *Ciênc. Tecnol. Alim.*, v.23, n.1, p.69-75, 2003.

FELLOWS, P. J. *Tecnologia do Processamento de Alimentos*. 2 ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2006. 602p.

FERNANDES, M. A. Obtenção de chips de berinjela (*Solanun melongena* L.) mediante processo combinado de desidratação osmótica em solução ternária e secagem convectiva. 53f. *Dissertação (Mestrado)*. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2012.

FERRARI, C. C.; RODRIGUES, L. K.; TONON, R. V.; HUBINGER, M. D. Cinética de transferência de massa de melão desidratado osmoticamente em soluções de sacarose e maltose. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.25, n.3, p.564-570, 2005.

GOMES, A. T.; CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. Desidratação osmótica: uma tecnologia de baixo custo para o desenvolvimento da agricultura familiar. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, v.3, n.3, p.212-226, 2007.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz*. v. 1. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985. 533p.

ÍSPIR, A.; TOĞRUL, İ. T. Osmotic dehydration of apricot: Kinetics and the effect of process parameters. *Chemical Engineering Research and Design*, v.8, n.7, p.166-180, 2009.

JORGE, P. A. R.; NEYRA, L. C.; OSAKI, R. M.; DE ALMEIDA, E.; GRAGNOLO, N. Efeito da berinjela sobre os lípides plasmáticos, a peroxidação lipídica e a reversão da disfunção endotelial na

hipercolesterolemia experimental. Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v.70, n.2, p.87-91, 1998.

LA CRUZ, A. G. Desidratação osmótica e secagem de berinjela. 172f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1998.

LIMA, A. D. S.; Figueiredo, R. W. de; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; SOUSA, P. H. M. de. Estudo da estabilidade de melões desidratados obtidos por desidratação osmótica seguida de secagem convencional. Revista Brasileira de Fruticultura, v.26, n.1, p.107-109, 2004.

MERCALI, G. D. Estudo da transferência de massa na desidratação osmótica de banana (*Musa sapientum*, *shum.*). 145f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

OLIVEIRA, L. F.; NASCIMENTO, M. R. F.; BORGES, S. V.; RIBEIRO, P. C. N.; RUBACK, V. R. Aproveitamento alternativo da casca do maracujá-amarelo (*Passiflora edulis F. flavicarpa*) para produção de doce em calda. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.22, n.3, p.254-258, 2002.

PEDROSA, R. C.; YUNES R. A.; CECHINEL FILHO, V. Fármacos e fitoterápicos: a necessidade do desenvolvimento da indústria de fitoterápicos e fitofármacos no Brasil. Química Nova, v.24, n.01, p.147-152, 2001.

PESSOA, T.; DA SILVA, D. R. S.; GURJÃO, F. F.; MIRANDA, D. S. A.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M.

E. M. R. Cinética de desidratação osmótica e características físico-químicas de goiaba paluma. Tecnol. & Ciênc. Agropec., v.10, n.6, p.77-82, 2016.

RASTOGI, N. K.; RAGHAVARAO, K. S. M. S. Water and solute diffusion coefficients of carrot as a function of temperature and concentration during osmotic dehydration. Journal of Food Engineering, v.34, p.429-440, 1997.

RIBEIRO, C. S. da C.; BRUNE, S.; REIFCHNEIDER, F. J. B. Cultivo da berinjela. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1998. 23p. Disponível em: <http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=765608&biblioteca=vazio&busca=765608&qFacets=765608&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>.

SILVA, F. D.; MATA, M. E. E. M. C.; DUARTE, M. E. M.; SOUZA, J. A.; SILVA, Y. C. Desidratação osmótica de banana da terra (*musa sapientum*) aplicação de modelos matemáticos. Rev. Bras. Produtos Agroindustriais, v.1, n.1, p.69-76, 2003.

SOUZA NETO, M. A. D.; MAIA, G. A.; LIMA, J. R.; FIGUEIREDO, R. W. D.; SOUZA FILHO, M. D. S. M. D.; LIMA, A. D. S. Desidratação osmótica de manga seguida de secagem convencional: avaliação das variáveis de processo. Ciência e Agrotecnologia, v.29, n.5, p.1021-1028, 2005.

TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic treatments in fruit processing: chemical, physical and structural effects. Journal of Food Engineering, v.49, n.2, p.247-256, 2001.

*Capítulo 2*

**CARACTERIZAÇÃO DAS PROPRIEDADES MORFOLÓGICAS, QUÍMICAS E FOTOCATALÍTICAS DE TINTA COMERCIAL A BASE DE TiO<sub>2</sub> E RESINA POLIURETANA**

**Eduardo Borges Lied<sup>1</sup>**  
**Camilo Freddy Mendoza Morejon<sup>2</sup>**  
**Ana Paula Trevisan<sup>3</sup>**  
**Jacqueline Ferandin Honório<sup>4</sup>**  
**Fernanda de Oliveira Tavares<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Dr. em Eng. Química, Professor de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Campus Medianeira, eduardolied@utfpr.edu.br

<sup>2</sup>Dr. em Eng. Mecânica, Professor de Engenharia Química da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste, Campus Toledo, camilo\_freddy@hotmail.com

<sup>3</sup>Dra. em Eng. Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Unioeste, Cascavel-PR, anapaulatrevisan@gmail.com

<sup>4</sup>Dra. em Eng. Química, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá-PR, jacqueline-fh@hotmail.com

<sup>5</sup>Dra. em Eng. Química, Universidade Estadual de Maringá, UEM, Maringá-PR, fernandaoliveiratavares@gmail.com

**Introdução**

O uso da fotocatalise utilizando dióxido de titânio na área de descontaminação ambiental tem recebido significativa atenção nos últimos anos (AHMAD et al., 2016; ALFANO et al., 2010; BOYJOO et al., 2017), e nesse contexto a área de tratamento de poluentes gasosos tem mostrado um desenvolvimento tecnológico industrial maior em relação às demais aplicações ambientais da fotocatalise (PAZ, 2010; OCHIAI & FUJISHIMA, 2012). A fotocatalise é uma tecnologia emergente para a despoluição em virtude de ser um processo que tem a possibilidade de operar a temperaturas ambientes e a baixas concentrações das substâncias. Quando considerado o uso de radiação solar, o sistema empregado na fotocatalise torna-se bastante viável e sustentável no que tange ao gasto energético, contrastando com a catálise convencional, a qual demanda calor para a fase de ativação (CHEN & POON, 2009; FAN et al., 2018).

No âmbito da aplicação da fotocatalise para o tratamento de poluentes gasosos, a literatura reporta uma quantidade significativa de estudos com enfoque na degradação de sulfeto de hidrogênio (LI et al., 2012; PORTELA et al., 2010; KAKO et al., 2005; SOPYAN, 2007; ALONSO-TELLEZ et al., 2012; BRANCHER et al., 2016; CANELA et al., 1998). Nestes trabalhos os autores conseguiram alcançar eficiências de oxidação de até 100% da concentração de H<sub>2</sub>S, o que é muito relevante do ponto de vista ambiental, tendo em vista que, o H<sub>2</sub>S é um composto corrosivo, tóxico e com odor de ovo podre, cujo limite de percepção corresponde a

concentração de aproximadamente 0,5 ppb (CANELA et al., 1998; KATAOKA et al., 2005).

Além do sulfeto de hidrogênio, a degradação fotocatalítica com TiO<sub>2</sub> também é aplicável para outros compostos gasosos, como dimetilsulfeto (LANGENHOVE et al., 2005; CANTAU et al., 2007; NISHIKAWA & TAKAHARA, 2001), dimetildisulfeto (GUILLARD et al., 2007; CANTAU et al., 2007; NISHIKAWA & TAKAHARA, 2001), benzeno (DOUCET et al., 2006), tricloroetileno (DOUCET et al., 2006; ALBERICI & JARDIM, 1997), óxidos de nitrogênio (BALLARI et al., 2010; LAUFS et al., 2010), acetaldeído e amônia (SOPYAN, 2007).

Como a fotocatalise é um fenômeno superficial, soluções como revestimentos são interessantes porque podem ser aplicadas em estruturas já existentes e, ao mesmo tempo, resultar em menor consumo de TiO<sub>2</sub> (MARTINEZ et al., 2011). Segundo Fujishima et al. (2008), a comercialização de produtos à base de TiO<sub>2</sub> com propriedades fotocatalíticas começou em meados de 1990 no Japão, e já é incorporado a diversos materiais externos da construção da linha de autolimpeza, como telhas, vidro, filmes plásticos e revestimentos (OCHIAI & FUJISHIMA, 2012; FUJISHIMA & ZHANG, 2006; SILVA et al., 2016; BINAS et al., 2018). Neste mercado destacam-se as tintas fotocatalíticas, que utilizam o TiO<sub>2</sub> como pigmento na sua formulação, desenvolvidas principalmente para a degradação de poluentes, especialmente como método de despoluição atmosférica (MAGGOS et al., 2007; ÁGUIA et al., 2010; ÂNGELO et al., 2014; COSTA et al., 2012; SOUSA et al., 2013; MONTEIRO et al., 2014).

As tintas fotocatalíticas devem apresentar certas características para que possam emergir, ou para evitar que sejam inibidas as propriedades fotocatalíticas (TRYBA et al., 2014; MAROLT et al., 2011; ALLEN et al., 2008; AUVINEN & WIRTANEN, 2008; NODA et al., 2013; NODA et al., 2005). Os trabalhos que utilizam tintas com propriedades fotocatalíticas para o tratamento de poluentes gasosos podem ser distinguidos principalmente com relação ao tipo de tinta empregado, sendo a tinta acrílica (MAGGOS et al., 2007; MARTINEZ et al., 2011; MAROLT et al., 2011; TRYBA et al., 2014), a tinta à base de vinil (MONTEIRO et al., 2014; ÂNGELO et al., 2014; ÁGUIA et al., 2010) e a tinta de suspensão líquida (COSTA et al., 2012; LAUFS et al., 2010; LORENCIK et al., 2016) as mais utilizadas.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a degradação fotocatalítica de  $H_2S$  em fase gasosa utilizando um reator retangular revestido com tinta comercial poliuretana (PU) a base de  $TiO_2$  suportado em diferentes superfícies.

## Material e Métodos

### *Caracterização física e química*

A morfologia e a composição química elementar da tinta PU foi obtida por meio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), juntamente com a análise de energia dispersiva por raios X (EDS). Para isso, as amostras produzidas foram previamente revestidas com camada de ouro e fixadas em um suporte de amostra por uma fita adesiva de carbono. As imagens de MEV das superfícies foram obtidas com ampliações de 100x a 1.000x. O equipamento utilizado para a caracterização foi um microscópio eletrônico de varredura Zeiss EVO-MA10 com detector de raios X de dispersão de energia Oxford).

A caracterização cristalográfica da amostra de tinta foi obtida por difração de raios-X (DRX). Para as análises de difratometria, utilizou-se um equipamento Empyrean Panalytical. As análises foram feitas com intervalo de  $2\theta$  entre  $15^\circ$  e  $80^\circ$ , tensão do tubo

de 40 kV e corrente de 40 mA. O comprimento de onda utilizado foi  $\lambda = 1,54 \text{ \AA}$  (tubo de raios X de cobre).

A análise molecular da superfície do fotocatalisador foi realizada utilizando a técnica de Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Para que a amostra de tinta possa ser analisada por FTIR é necessário que a mesma seja preparada de forma a se obter uma pastilha. A pastilha consiste numa mistura de uma matriz transparente à qual se junta a amostra. O pó alcalino utilizado foi o brometo de potássio (KBr). As análises foram conduzidas num equipamento Espectrômetro de Infravermelho, fabricante Bomem, modelo MB-100.

O ensaio para determinar a identificação dos materiais por espectroscopia de infravermelho foi realizado conforme a norma ASTM E1252. Uma pequena quantidade do recobrimento da amostra foi removida com auxílio de estilete e macerado com KBr (acessório óptico), a mistura foi comprimida em pastilha com prensa hidráulica a 7000 kg de força. A pastilha preparada foi levada ao equipamento para aquisição do espectro. O ensaio para avaliação da espectroscopia de infravermelho compreendeu as condições de faixa de aquisição de  $4000$  a  $400 \text{ cm}^{-1}$ ; de  $4 \text{ cm}^{-1}$  de resolução; e de 16 varreduras (scans).

### *Testes de atividade fotocatalítica*

A atividade fotocatalítica das amostras de tinta PU foi avaliada através da degradação do sulfeto de hidrogênio ( $H_2S$ ). Para realizar os ensaios de atividade fotocatalítica foi projetado um módulo experimental constituído de câmara com lâmpadas UV (Figura 1 (b)) e de um reator com as dimensões de 15 cm (comprimento) x 10 cm (largura) x 7 cm (altura). O reator (Figura 1 (a)) foi confeccionado a partir de material acrílico transparente de 6mm de espessura na face superior, a fim de permitir a passagem de radiação necessária para os experimentos de atividade fotocatalítica. O módulo conta com um aparato experimental com entrada e descarga (2 cm de diâmetro).

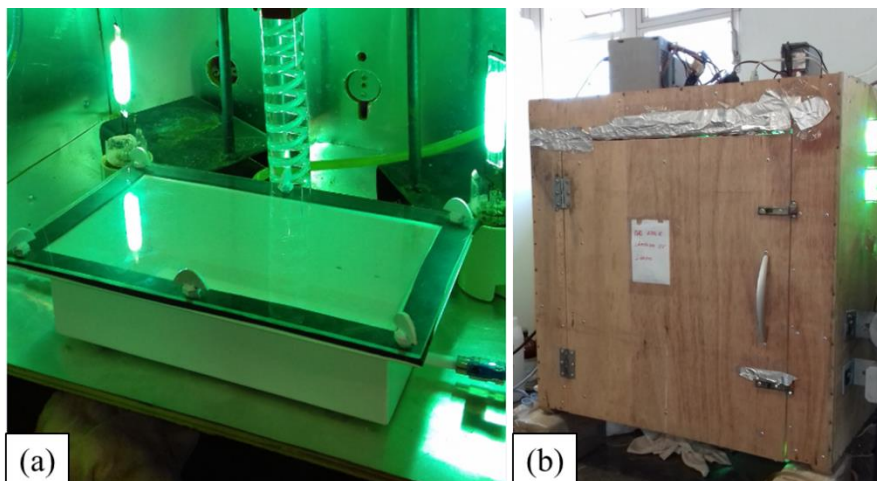


Figura 1. (a) Reator utilizado para os testes de fotodegradação no interior da câmara de radiação UV; (b) vista externa da câmara de radiação UV.

Os materiais com revestimentos de tinta PU foram colocados no interior do reator (Figura 1 (a)) e entraram em contato com o H<sub>2</sub>S sintetizado em laboratório por reação química. O princípio do teste de degradação fotocatalítica do gás consistiu na exposição das placas à radiação por radiação UV (lâmpada de vapor de mercúrio de 250 W).

Para o funcionamento do reator foi necessário desenvolver um módulo experimental cujo sistema fosse constituído de um arranjo capaz de controlar as condições operacionais estabelecidas, desta maneira sendo proposto um sistema com a configuração indicada na Figura 2.

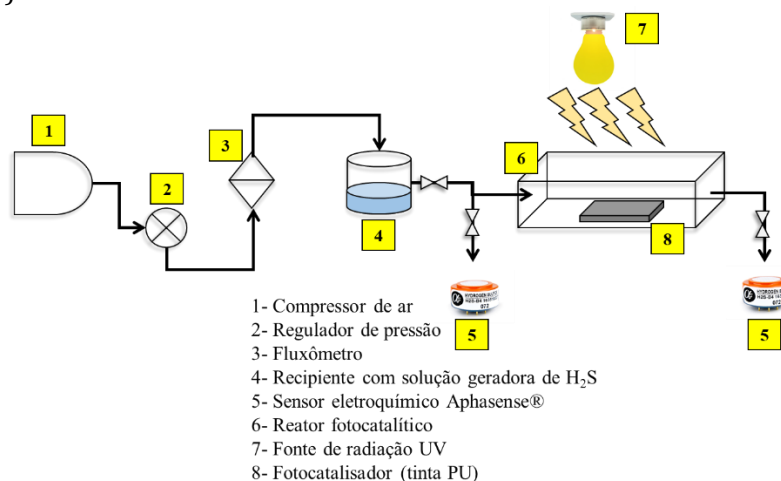


Figura 2. Representação esquemática do aparato experimental para os testes de degradação fotocatalítica.

Resumidamente, o sistema ilustrado na Figura 2 tem seu funcionamento baseado na produção de um fluxo de ar ( $Q = 1,0 \text{ L min}^{-1}$ ), por qual a vazão pode ser controlada pelo medidor de vazão. O ar de arraste produz um fluxo pelo qual carregará uma atmosfera de sulfeto de hidrogênio gerado por um recipiente que contém a solução geradora. Assim, deste ponto em diante, a corrente gasosa passa a apresentar concentrações de H<sub>2</sub>S em mistura com o ar. Por fim, essa corrente é levada ao reator fotocatalítico com geração de radiação UV artificial para propiciar a reação de degradação

e a saída da corrente gasosa tratada, por meio da válvula de descarga na saída do reator.

A geração de sulfeto de hidrogênio seguiu os procedimentos descritos por Canela et al. (1998). O experimento para a geração do gás consiste em um controle do pH de uma solução de sulfeto de sódio (Na<sub>2</sub>S·9H<sub>2</sub>O) e fosfato de sódio (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>). A solução foi preparada pela adição de 0,6 g de sulfeto de sódio e 1,44 g de fosfato de sódio em um volume de 90 mL de água deionizada.

Os ensaios de degradação fotocatalítica foram iniciados através da medição da



concentração de  $H_2S$  na mistura gasosa que deixa o reator sem radiação. Somente após a estabilização da concentração de  $H_2S$  na saída do reator, que o sistema de irradiação foi ligado. O regime operacional dos testes de degradação fotocatalítica foi conduzido mediante a alternância do uso da radiação.

A eficiência da degradação do  $H_2S$  na fase gasosa foi quantificada através da Equação 1.

$$\text{Eficiência de degradação (\%)} = \frac{[H_2S]_{\text{entrada}} - [H_2S]_{\text{saída}}}{[H_2S]_{\text{entrada}}} \times 100 \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:  $[H_2S]_{\text{entrada}}$  e  $[H_2S]_{\text{saída}}$  são concentrações de  $H_2S$  (em ppm) na entrada e saída do reator, respectivamente.

## Resultados e Discussão

A Figura 3 (a) e (b) representa os difratogramas de raios X e os espectros de infravermelho, respectivamente, referente a amostra de tinta PU.

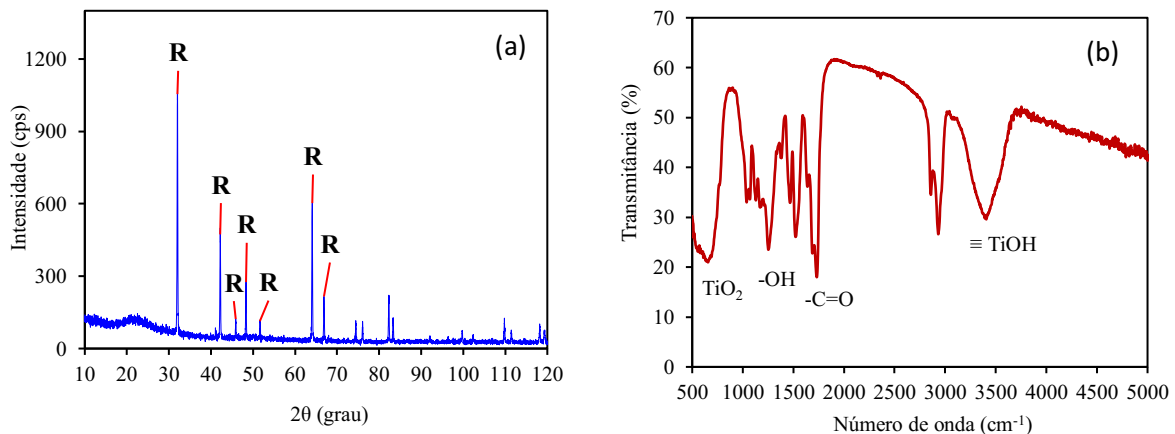


Figura 3. Resultados de (a) difratometria de raios-X, e (b) espectroscopia de infravermelho da amostra de tinta PU.

A amostra submetida ao FTIR apresenta composição química preponderante de resina poliuretana a base de poliéster. Pela Figura 3 (b), a banda em  $1730\text{ cm}^{-1}$  é atribuída ao grupo químico carbonila ( $-C=O$ ) que entra na composição de ésteres. A identificação desse grupo é corroborada por Carvalho et al. (2009), os autores ao estudarem materiais poliuretanos indicaram que, a região de  $1736\text{ cm}^{-1}$  corresponde a estiramento de grupos ésteres, ou seja, da presença de grupos uretanos.

Substâncias inorgânicas, por vezes presentes como pigmentos, podem inserir deslocamentos em algumas bandas ou sobrepor estas. A intensidade de absorção relativamente maior em  $1251\text{ cm}^{-1}$  e a presença de um sinal de absorção em  $1070\text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuída aos grupos químicos hidroxila e amina, respectivamente. Ambos os grupos são comuns nos componentes de preparo das resinas poliuretânicas indicando provável presença residual em meio à resina curada. No caso desta tinta o agente de cura é do tipo poli isocianato aromático ( $-N=C=O$ ).

A região de baixa transmittância observada próximo de  $500\text{ cm}^{-1}$  pode ser atribuído, segundo Almeida (2001), ao dióxido de titânio. De acordo com Lopez (2009), existe também uma outra banda, atribuída ao alargamento vibracional dos grupos OH ligados aos átomos de Ti ( $\equiv\text{Ti-OH}$ ) próximo a região de  $3600\text{ cm}^{-1}$ .

O difratograma da amostra de tinta PU (Figura 3 (a)) demonstra que, os picos de maior intensidade em  $2\theta = 32^\circ$  e  $2\theta = 64^\circ$  representam o  $\text{TiO}_2$  na fase cristalina chamada Rutilo (SALEIRO et al., 2010). Com base nisso, os resultados de DRX confirmam que, as tintas comerciais têm sua formulação baseada no uso do pigmento de  $\text{TiO}_2$ -rutilo (SOUSA et al., 2013; HOCHMANNOVA & VYTRASOVA, 2010).

A Figura 4 (a), (b), (c) e (d) demonstra os resultados das análises de micrografia eletrônica tanto para o suporte metálico quanto para superfície de tinta PU que recobre o suporte.

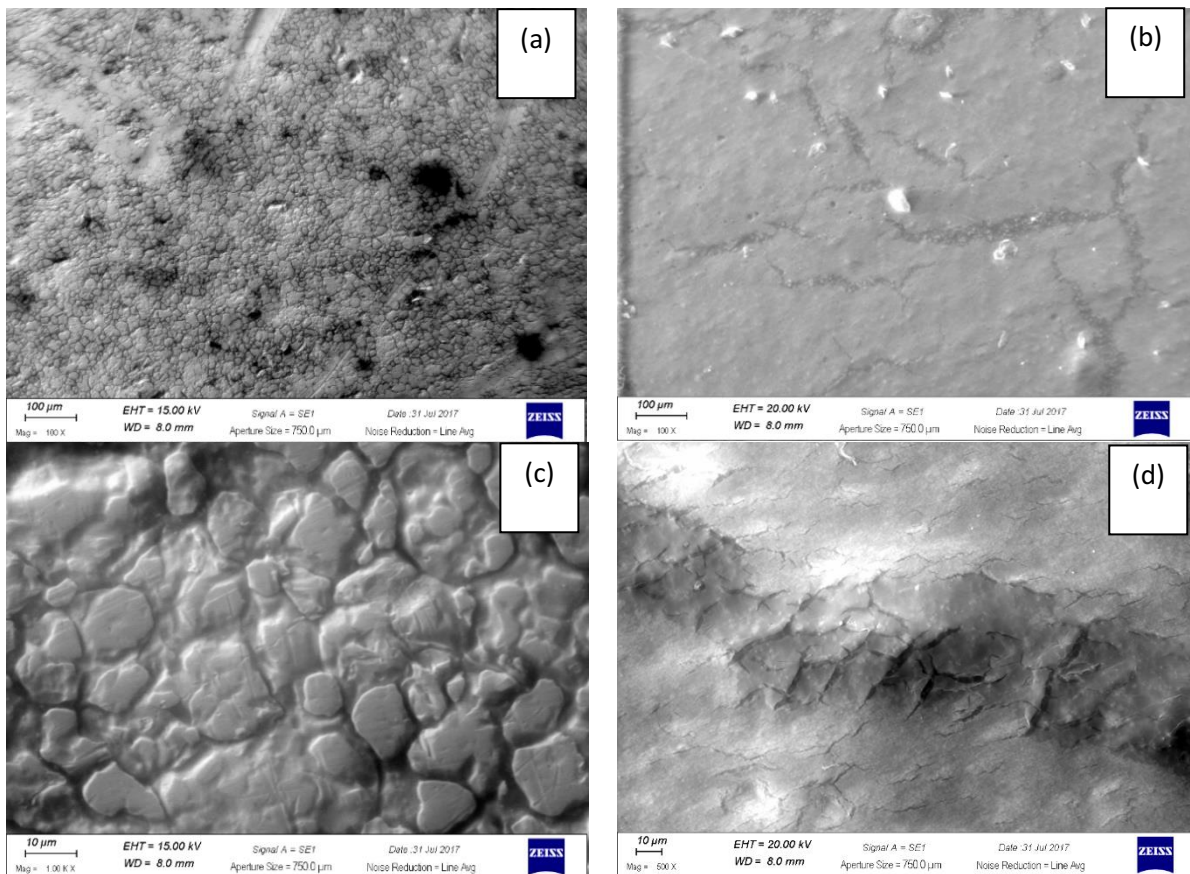


Figura 4. Micrografia da superfície do suporte metálico sem a cobertura de tinta PU com ampliação de (a) 100x e (c) 1000x e micrografia da mesma superfície com cobertura de tinta PU usando ampliação de (b) 100x e (d) 500x.

As micrografias da Figura 4 (a) e (c) revelam que, o suporte metálico se encontra em estágio de oxidação, pois apresenta deformações e corrosões características. No entanto, a superfície do suporte metálico não possui irregularidades e porosidades significativas, sendo possível afirmar que, o material em questão não apresenta poros. A ausência de poros e deformações mais aparentes influencia a formação do filme de tinta, tendo em vista que, a regularidade da superfície favorece que a película de tinta se forme mais coesa e uniforme.

Com relação a formação do filme de tinta PU, a Figura 4 (b) e (d) ilustra a película sem deformações substanciais, apenas algumas fissuras correspondentes ao material aglutinante (resina PU). Na Figura 4 (b),

observa-se a ocorrência de grânulos brancos, provavelmente decorrentes dos materiais denominados cargas extensoras, como os silicatos de alumínio.

A tinta à base de resina PU esteticamente constitui-se em um revestimento de alto brilho, o que indica que a concentração de pigmento em volume está na faixa de 10 a 15%, valor que significa que, o volume de aglutinante (resina) está alto em relação ao de pigmento. Esta condição pode influenciar significativamente na atividade fotocatalítica da tinta, pois o aglutinante provavelmente se constituirá em uma barreira para o  $\text{TiO}_2$ .

Com relação a análise química elementar das amostras, a Figura 5 (a) e (b) apresenta os espectros de EDS, referente ao suporte metálico e a tinta PU, respectivamente.

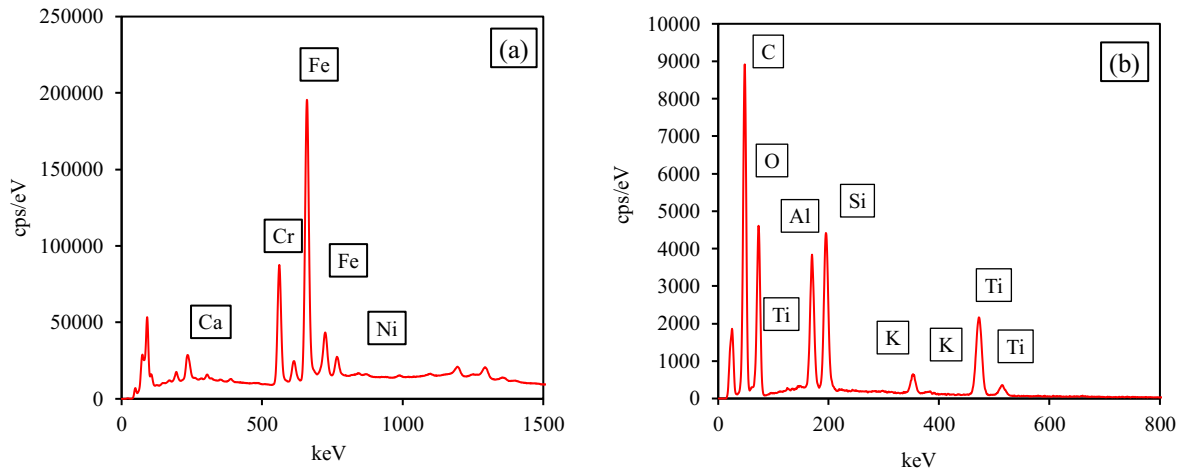


Figura 5. Espectros de EDS da superfície do suporte metálico (a) sem a cobertura de tinta PU e (b) com a cobertura de tinta PU.

Com relação ao suporte metálico a Figura 5 (a) confirma que, a composição do material é característica de liga metálica contendo sinais de Ferro (Fe), Níquel (Ni) e Cromo (Cr).

Conforme esperado, constata-se a presença de Titânio e Oxigênio nas regiões analisadas sobre a amostra com cobertura de tinta (Figura 5 (b)). Também é possível confirmar a presença de Alumínio (Al), Silício (Si) e Potássio (K) no material. A detecção de Al, Si e K apenas revelam o uso destas substâncias como pigmentos extensores (ou cargas) na fabricação da tinta. A aplicação de um extensor tem por objetivo criar a separação adequada

das partículas de  $\text{TiO}_2$  como forma de evitar o acúmulo e a perda do poder de cobertura.

A presença de K no espectro da Figura 5 (b), indica a utilização de silicato de potássio na composição da tinta com a finalidade de conferir certas propriedades ao material, principalmente torná-lo mais resistente as intempéries e fatores ambientais.

Na Figura 6 (b), (c) e (d) observa-se o mapeamento de elementos químicos presentes na amostra de Tinta PU suportada em material de liga metálica, feito através da técnica de EDS, onde os elementos são representados por diferentes cores.

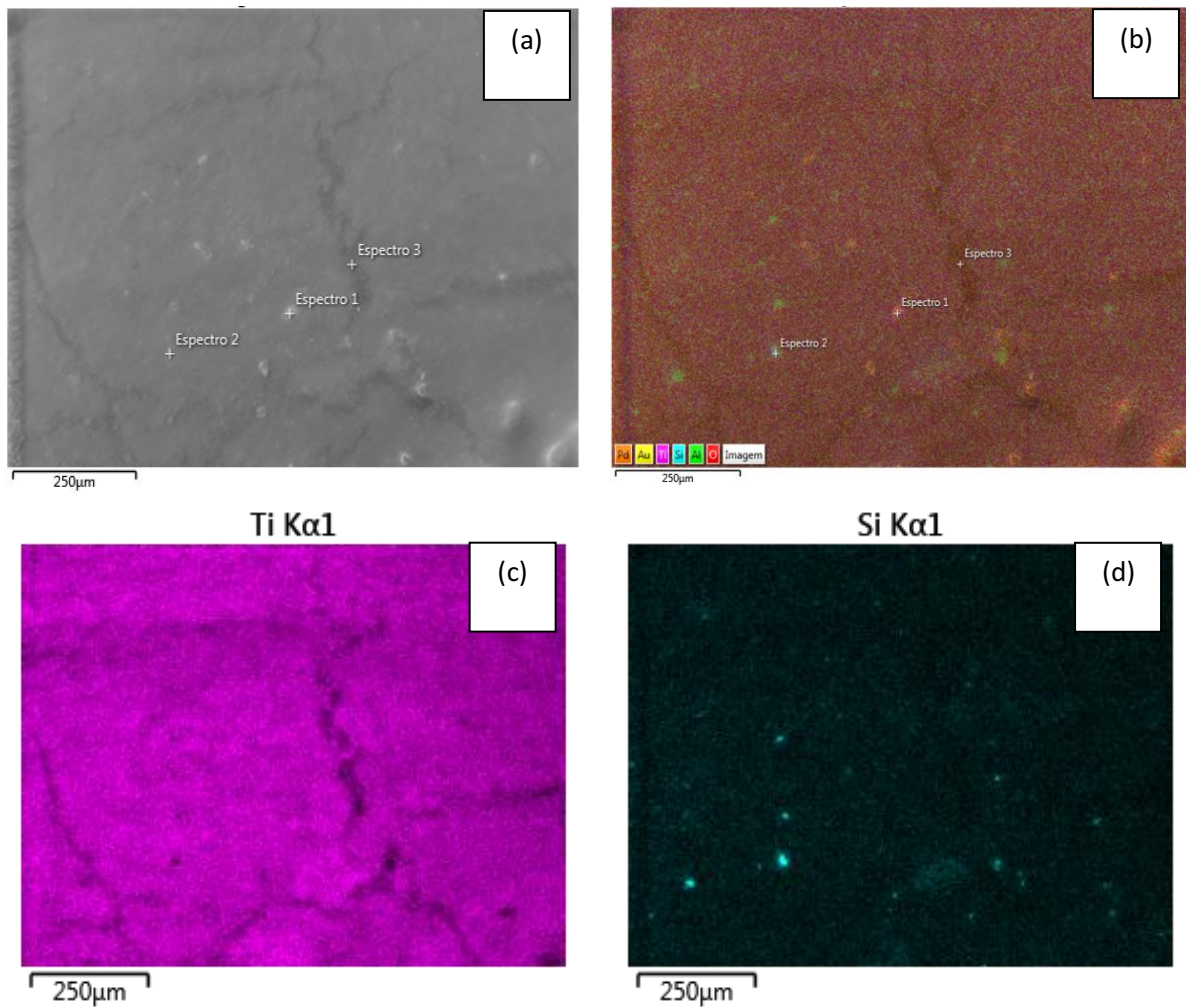


Figura 6. Imagens de EDS que representam perfis de concentração para elementos componentes de determinada região da superfície do material com tinta PU: (a) micrografia eletrônica; (b) distribuição de titânio, alumínio e silício em uma região da amostra; (c) titânio; e (d) silício.

O mapeamento dos elementos químicos fornecido pelas imagens de EDS ilustra com clareza a distribuição uniforme do Ti, que é referente ao pigmento de  $\text{TiO}_2$ . Esta distribuição uniforme sugere a alta proporção de resina utilizada na composição final da tinta, o que pode afetar o potencial de uso das propriedades fotocatalíticas do pigmento de  $\text{TiO}_2$ , pois esta proporção tende a formar uma camada que impermeabiliza a área de contato do  $\text{TiO}_2$  com seu entorno.

As imagens de EDS também constataam a presença de cargas extensoras na composição da tinta, no caso indicado pelo silício que se trata do silicato de alumínio utilizado a fim de

conferir certas propriedades. Na Figura 6 (d) identifica-se algumas formações mais intensas de aglomerados de silicatos na película de tinta, representados pelos pontos mais claros.

#### Testes de atividade fotocatalítica

A degradação fotocatalítica de  $\text{H}_2\text{S}$  utilizando diferentes suportes foi analisada e os resultados são apresentados na Figura 7. Observa-se que, os ensaios de degradação foram conduzidos mediante a alternância do uso da radiação UV, na Figura 7 representado por “UV off” (sem irradiação UV) e “UV on” (com irradiação UV).

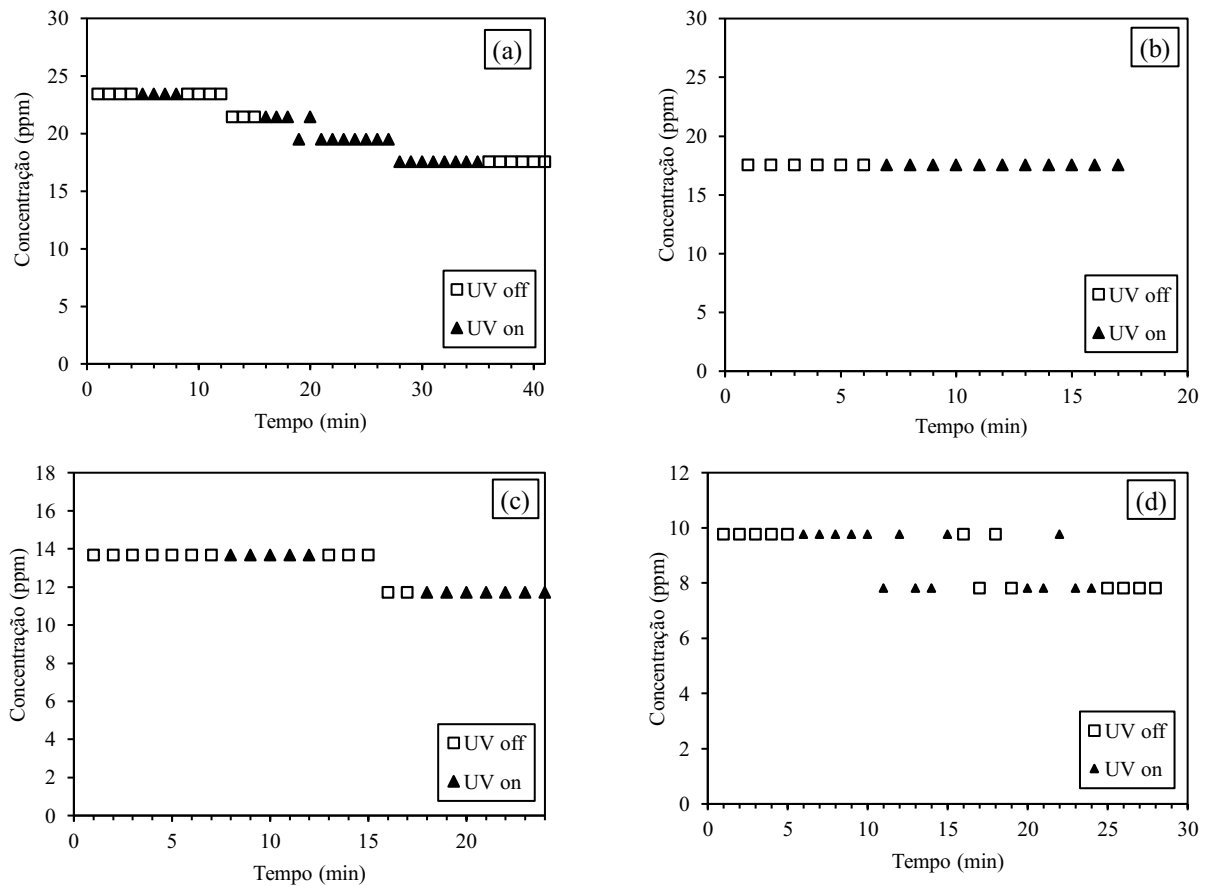


Figura 7. Teste de degradação com radiação UV utilizando tinta branca PU recoberta em: (a) superfície metálica; (b) filtro de fibra de vidro; (c) superfície metálica calcinada a 450°C; (d) superfície metálica submetida a um processo de abrasão.

Os resultados expressos na Figura 7 sugerem que, a tinta branca PU não possui atividade fotocatalítica superficial capaz de oxidar o H<sub>2</sub>S. Em todas as superfícies testadas as concentrações de H<sub>2</sub>S não sofreram redução devido a alguma atividade desencadeada pela irradiação UV. Uma possível explicação para a não ocorrência de atividade fotocatalítica nos ensaios com tinta PU pode estar relacionado a composição da tinta. Neste caso, alguns autores sugerem que, ao invés do TiO<sub>2</sub> estar na superfície do meio suporte, ele pode ter ficado coberto pela resina da tinta, e isso possivelmente inibiria a atividade fotocatalítica do mesmo (BORGES et al., 2016). Essa hipótese tem fundamento no conhecimento do valor de PVC da tinta PU, que reside na faixa de 10 a 15%. Essa condição significa que, o volume de resina poliuretana está muito acima do volume de pigmento que compõe a tinta, de modo que, o pigmento provavelmente encontra-se envolvido completamente na película formada pela resina.

Geralmente, nas tintas a resina que envolve as partículas de pigmento se deforma durante o processo de formação de filme, no

entanto, em alguns casos, a resina não consegue se deformar suficientemente de modo a formar uma película isenta de poros, e como resultado, a interface TiO<sub>2</sub>-Resina apresenta regiões de maior exposição das partículas de TiO<sub>2</sub>, emergência de partículas de TiO<sub>2</sub>-rutilo que foi observada por Tryba et al. (2014) ao também utilizarem tinta acrílica. A emergência de partículas pigmentares constitui-se em um fator favorável ao aproveitamento das propriedades fotocatalíticas da tinta. No entanto, as imagens de MEV-EDS do presente estudo evidenciam justamente o contrário, a resina forma uma superfície sem irregularidades ou sinais de porosidade.

A partir destas noções, Marolt et al. (2011) esclarecem que, existe um modo mais eficiente e certamente mais reprodutível de aumentar a atividade fotocatalítica. Esse método atuaria na mudança meramente do conteúdo dos aglutinantes orgânicos (resina), pois a intenção seria de tornar o conteúdo inicial do aglutinante pouco significativo na ativação do processo fotocatalítico.

A influência da concentração de resina foi também objeto de investigação por Tryba et

al. (2014), os autores chegaram à conclusão de que, as tintas orgânicas não fotocatalíticas apresentaram quantidade muito menor de  $\text{TiO}_2$  pigmentar do que as outras pinturas fotocatalíticas, e por consequência as tintas não fotocatalíticas apresentaram uma quantidade bastante elevada de carbono, que nesse caso seria da composição do aglutinante (resina).

### Conclusão

O uso de tinta poliuretana composta de  $\text{TiO}_2$  em sua formulação permitiu constatar que esse produto não é passível de aproveitamento fotocatalítico, pois as investigações e ensaios experimentais mostraram que a resina provavelmente interfere no fenômeno superficial.

Observou-se ausência de atividade fotocatalítica por meio dos testes de degradação do  $\text{H}_2\text{S}$ , o que sugere o  $\text{TiO}_2$  é afetado pelas características dos componentes da tinta PU. Dentro desta observação o estudo conclui que, a proporção de resina na utilização na composição da tinta pode influenciar as reações fotocatalíticas de maneira a inibir em função da resina se constituir num elemento que bloqueia o  $\text{TiO}_2$  da interface sólido-gás.

### Referências

- ÁGUIA, C.; ÂNGELO, J.; MADEIRA, L.M.; MENDES, A. Influence of photocatalytic paint components on the photoactivity of P25 towards NO abatement. *Catalysis Today*, v.151, p.77–83, 2010.
- AHMAD, R.; AHMAD, Z.; KHAN, A. U.; MASTOI, N. R.; ASLAM, M.; KIM, J. Photocatalytic systems as an advanced environmental remediation: Recent developments, limitations and new avenues for applications. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v.4, p.4143–4164, 2016.
- ALBERICI, R. M.; JARDIM, W. F. Photocatalytic destruction of VOCs in the gas-phase using titanium dioxide. *Applied Catalysis B: Environmental*, v.14, p.55-68, 1997.
- ALFANO, O. M.; BAHNEMANN, D.; CASSANO, A. E.; DILLERT, R.; GOSLICH, R. Photocatalysis in water environments using artificial and solar light. *Catalysis Today*, v.58, p.199–230, 2000.
- ALLEN, N. S.; EDGE, M.; VERRAN, J.; STRATTON, J.; MALTBY, J.; BYGOTT, C. Photocatalytic titania based surfaces: Environmental benefits. *Polymer Degradation and Stability*, v.93, p.1632–1646, 2008.
- ALONSO-TELLEZ, A.; ROBERT, D.; KELLER, N.; KELLER, V. A parametric study of the UV-A photocatalytic oxidation of  $\text{H}_2\text{S}$  over  $\text{TiO}_2$ . *Applied Catalysis B: Environmental*, v.115-116, p.209-218, 2012.
- ÂNGELO, J.; ANDRADE, L.; MENDES, A. Highly active photocatalytic paint for  $\text{NO}_x$  abatement under real-outdoor conditions. *Applied Catalysis A: General*, v.484, p.17–25, 2014.
- AUVINEN, J.; WIRTANEN, L. The influence of photocatalytic interior paints on indoor air quality. *Atmospheric Environment*, v.42, p.4101-4112, 2008.
- BALLARI, M.M.; HUNGER, M.; HÜSKEN, G.; BROUWERS, H. J. H.  $\text{NO}_x$  photocatalytic degradation employing concrete pavement containing titanium dioxide. *Applied Catalysis B: Environmental*, v.95, p.245-254, 2010.
- BINAS, V.; PAPADAKI, D.; MAGGOS, T.; KATSANAKI, A.; KIRIAKIDIS, G. Study of innovative photocatalytic cement-based coatings: The effect of supporting materials. *Construction and Building Materials*, v.168, p.923–930, 2018.
- BOYJOO, Y.; SUN, H.; LIU, J.; PAREEK, V.K.; WANG, S. A review on photocatalysis for air treatment: From catalyst development to reactor design. *Chemical Engineering Journal*, v.310, p.537-559, 2017.
- BRANCHER, M.; FRANCO, D.; LISBOA, H.M. Photocatalytic oxidation of  $\text{H}_2\text{S}$  in the gas phase over  $\text{TiO}_2$ -coated glass fiber filter. *Environmental Technology*, v.37, p.2852-2864, 2016.
- CANELA, M. C.; ALBERICI, R. M.; JARDIM, W. F. Gas-phase destruction of  $\text{H}_2\text{S}$  using  $\text{TiO}_2$ /UV-VIS. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, v.112, p.73-80, 1998.
- CANTAU, C.; LARRIBAU, S.; PIGOT, T.; SIMON, M.; MAURETTE, M.T.; LACOMBE, S. Oxidation of nauseous sulfur compounds by photocatalysis or photosensitization. *Catalysis Today*, v.122, p.27-38, 2007.
- CHEN, J.; POON, C. Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications. *Building and Environment*, v.44, p.1899-1906, 2009.
- COSTA, A.; CHIARELLO, G. L.; SELLI, E.; GUARINO, M. Effects of  $\text{TiO}_2$  based photocatalytic paint on concentrations and emissions of pollutants and on animal performance in a swine weaning unit. *Journal of Environmental Management*, v.96, p.86-90, 2012.
- DOUCET, N.; BOCQUILLON, F.; ZAHRAA, O.; BOUCHY, M. Kinetics of photocatalytic VOCs

- abatement in a standardized reactor. *Chemosphere*, v.65, p.1188–1196, 2006.
- FAN, W.; CHAN, K. Y.; ZHANG, C.; ZHANG, K.; NING, Z.; LEUNG, M. K. H. Solar photocatalytic asphalt for removal of vehicular NO<sub>x</sub>: A feasibility study. *Applied Energy*, v.225, p.535–541, 2018.
- FUJISHIMA, A.; ZHANG, X. Titanium dioxide photocatalysis: present situation and future approaches. *Comptes Rendus Chimie*, v.9, p.750-760, 2006.
- FUJISHIMA, A.; ZHANG, X.; TRYK, D. A. TiO<sub>2</sub> photocatalysis and related surface phenomena. *Surface Science Reports*, v. 63, p.515–582, 2008.
- GUILLARD, C.; BALDASSARE, D.; DUCHAMP, C.; GHAZZAL, M. N.; DANIELE, S. Photocatalytic degradation and mineralization of a malodorous compound (dimethyldisulfide) using a continuous flow reactor. *Catalysis Today*, v.122, p.160-167, 2007.
- KAKO, T.; NAKAJIMA, A.; WATANABE, T.; HASHIMOTO, K. Comparison of photocatalytic properties of a batch reactor with those of a flow reactor in a nearly controlled mass transport region. *Research on Chemical Intermediates*, v.31, p.371-378, 2005.
- KATAOKA, S.; LEE, E.; TEJEDOR-TEJEDOR, M. I.; ANDERSON, M. A. Photocatalytic degradation of hydrogen sulfide and in situ FT-IR analysis of reaction products on surface of TiO<sub>2</sub>. *Applied Catalysis B: Environmental*, v.61, p.159-163, 2005.
- LANGENHOVE, H. V.; DEMEESTERE, K.; DEWULF, J.; WITTE, B. Titanium dioxide mediated heterogeneous photocatalytic degradation of gaseous dimethyl sulfide: Parameter study and reaction pathways. *Applied Catalysis B: Environmental*, v.60, p.93-106, 2005.
- LAUFS, S.; BURGETH, G.; DUTTLINGER, W.; KURTENBACH, R.; MABAN, M.; THOMAS, C.; WIESEN, P.; KLEFFMANN, J. Conversion of nitrogen oxides on commercial photocatalytic dispersion paints. *Atmospheric Environment*, v.44, p.2341-2349, 2010.
- LI, X.; ZHANG, G.; PAN, H. Experimental study on ozone photolytic and photocatalytic degradation of H<sub>2</sub>S using continuous flow mode. *Journal of Hazardous Materials*, v.199–200, p.55–261, 2012.
- LORENCIK, S.; YU, Q. L.; BROUWERS, H. J. H. Photocatalytic coating for indoor air purification: Synergetic effect of photocatalyst dosage and silica modification. *Chemical Engineering Journal*, v.306, p.942–952, 2016.
- MAGGOS, T.; BARTZIS, J. G.; LIAKOU, M.; GOBIN, C. Photocatalytic degradation of NO<sub>x</sub> gases using TiO<sub>2</sub>-containing paint: A real scale study. *Journal of Hazardous Materials*, v.146, p.668-673, 2007.
- MAROLT, T.; ŠKAPIN, A. S.; BERNARD, J.; ŽIVEC, P.; GABERŠČEK, M. Photocatalytic activity of anatase-containing facade coatings. *Surface & Coatings Technology*, v.206, p.1355–1361, 2011.
- MARTINEZ, T.; BERTRON, A.; RINGOT, E.; ESCADEILLAS, G. Degradation of NO using photocatalytic coatings applied to different substrates. *Building and Environment*, v.46, p.1808-1816, 2011.
- MONTEIRO, R. A. R.; LOPES, F. V. S.; SILVA, A. M. T.; ÂNGELO, J.; SILVA, G. V.; MENDES, A. M.; BOAVENTURA, R. A. R.; VILAR, V. J. P. Are TiO<sub>2</sub>-based exterior paints useful catalysts for gas-phase photooxidation processes? A case study on n-decane abatement for air detoxification. *Applied Catalysis B: Environmental*, v.147, p.988-999, 2014.
- NAKATA, K.; FUJISHIMA, A. TiO<sub>2</sub> photocatalysis: Design and applications. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, v.13, p.169–189, 2012.
- NISHIKAWA, H.; TAKAHARA, Y. Adsorption and photocatalytic decomposition of odor compounds containing sulfur using TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> bead. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, v.172, p.247-251, 2001.
- NODA, L. K.; ALMEIDA, R. M.; GONÇALVES, N. S.; PROBST, L. F. D.; SALA, O. TiO<sub>2</sub> with a high sulfate content—thermogravimetric analysis, determination of acid sites by infrared spectroscopy and catalytic activity. *Catalysis Today*, v.85, p.69-74, 2003.
- NODA, L. K.; ALMEIDA, R. M.; PROBST, L. F. D.; GONÇALVES, N. S. Characterization of sulfated TiO<sub>2</sub> prepared by the sol-gel method and its catalytic activity in the n-hexane isomerization reaction. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, v.225, p.39-46, 2005.
- OCHIAI, T.; FUJISHIMA, A. Photoelectrochemical properties of TiO<sub>2</sub> photocatalyst and its applications for environmental purification. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, v.13, p.247-262, 2012.
- PAZ, Y. Application of TiO<sub>2</sub> photocatalysis for air treatment: Patents' overview. *Applied Catalysis B: Environmental*, v.99, p.448–460, 2010.

PORTELA, R.; SUÁREZ, S.; RASMUSSEN, S. B.; ARCONADA, N.; CASTRO, Y.; DURÁN, A.; ÁVILA, P.; CORONADO, J. M.; SÁNCHEZ, B. Photocatalytic-based strategies for H<sub>2</sub>S elimination. *Catalysis Today*, v.151, p.64-70, 2010.

SILVA, A. L.; MUCHE, D. N. F.; DEY, S.; HOTZA, D.; CASTRO, R. H. R. Photocatalytic Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-doped TiO<sub>2</sub> nanoparticles for glazed ceramic tiles. *Ceramics International*, v.42, p.5113-5122, 2016.

SOPYAN, I. Kinetic analysis on photocatalytic degradation of gaseous acetaldehyde, ammonia and hydrogen sulfide on nanosized porous TiO<sub>2</sub>

films. *Science and Technology of Advanced Materials*, v.8, p.33-39, 2007.

SOUSA, V. M.; MANAIA, C. M.; MENDES, A.; NUNES, O. C. Photoinactivation of various antibiotic resistant strains of *Escherichia coli* using a paint coat. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, v.251, p.148-153, 2013.

TRYBA, B.; HOMA, P.; WRÓBEL, R. J.; MORAWSKI, A. W. Photocatalytic decomposition of benzo-[a]-pyrene on the surface of acrylic, latex and mineral paints. Influence of paint composition. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, v.286, p.10-15, 2014.



*Capítulo 3*

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE E AÇÃO QUELANTE DE PECTINA OBTIDA DE CASCA DE MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora Edulis Flavicarpa*)**

**Diego Santos<sup>1</sup>**  
**Ícaro Almeida Pereira<sup>2</sup>**  
**Victor Hugo dos Santos Ramos<sup>3</sup>**  
**Danilo Conceição Silva<sup>4</sup>**  
**Antônio Santos Silva<sup>5</sup>**  
**Edilson de Jesus Santos<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Química, UFS/CCET/DEQ Campus São Cristóvão, diego.santos0708@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduando em Química Industrial, UFS/CCET/DEQ Campus São Cristóvão, icaroalmeida27@hotmail.com

<sup>3</sup>Mestrando em Engenharia Química, UFS/CCET/PEQ Campus São Cristóvão, vituqi@gmail.com

<sup>4</sup>Técnico em Química Adjunto, UFS/CCET/DEQ/Campus São Cristóvão, danilo-c-silva@hotmail.com

<sup>5</sup>Professor Associado, UFS/CCET/DM/PEQ /Campus São Cristóvão, ass@infonet.com.br

<sup>6</sup>Professor Associado, UFS/CCET/DEQ/PEQ/Campus São Cristóvão, edilsonjs@hotmail.com

### **Introdução**

A pectina é um carboidrato reconhecido por suas cadeias básicas de ácidos galacturônico interligadas por ligações covalentes do tipo  $\alpha$  1-4, consiste de monossacarídeos, incluindo ramnose, l-arabinose, d-galactose e d-xilose. Os ácidos galacturônico podem ser parcialmente metil-esterificado ou ainda etil-esterificado, todas as pectinas possuem parte dos grupos carboxilas da cadeia principal de ácido galacturônico esterificada, sendo os substituintes mais comuns os grupos metila (CANTERI et al., 2012; RAJI et al., 2017).

A pectina também é uma fibra, sendo um dos principais constituintes estruturais da parede celular de vários vegetais, podendo ser extraída de casca de frutas. A pectina é um dos polissacarídeos mais importantes e amplamente utilizados na indústria alimentícia na preparação de geleias, doces de frutas, sucos de frutas e produtos de confeitaria, principalmente devido suas propriedades de agente espessante e geleificante (OLIVEIRA et al., 2016; PETKOWICZ et al., 2017).

Uma característica importante da pectina é o grau de esterificação (GE) que está diretamente relacionado com a qualidade da pectina, pois identifica a capacidade de geleificação na preparação de produtos. As pectinas são comercialmente classificadas como de alto ou baixo grau de esterificação. Pectinas com mais de 50% é considerada de alto grau de esterificação, e com 50% ou menos diz-se que de baixo grau de esterificação. As pectinas de alto grau de esterificação possuem maiores interesses industriais, fortemente devido a sua maior facilidade de geleificar alimentos (CANTERI et al., 2012).

Além disso, também existe uma demanda grande pela indústria química, alimentícia e farmacêutica por compostos que tenham ação antioxidante. Devido, o antioxidante ter característica de prevenir a oxidação, eliminando a ação dos radicais livres presentes no meio. Esses radicais livres são espécies bastante reativas que quando em excesso, ocorre a degradação celular devido à ausência de células suficiente para retardar a oxidação celular. O seu excesso no corpo humano é associado a doenças cardiovasculares, câncer, diabetes e envelhecimento de pele (ZOU et al., 2015).

Estudos recentes sugere-se que a pectina também tenha várias atividades farmacêuticas e medicinais, caracterizando um alto teor de antioxidante, incluindo cicatrização de feridas, remoção de metais pesados do corpo, inibição de lipase, reestabelecimento de funções intestinais, redução de peso, estabilização da pressão do sangue, indução de apoptose de células cancerígenas humanas, bem como efeitos de imunidade à estimulantes, funcionalidade anti metastáticas, anti úlcera e de diminuição do colesterol (OLIVEIRA et al., 2016; RAJI et al., 2017; SCHOLS, 1996). Esta ampla variedade de aplicações e funcionalidades que explica a importância da pectina e justifica seu consumo substancial em todo mundo, chegando em um consumo anual no mundo de aproximadamente 45.000 toneladas (METHACANON et al., 2014).

Várias tecnologias de extração são utilizadas na produção de pectina, tais como, extração assistida por enzima (MARIC et al., 2018), extração com CO<sub>2</sub> supercrítico (BARRALES et al., 2015), extração assistida por

micro-ondas (HOSSEINI et al., 2016), extração assistida por aquecimento eletromagnético (ZOUAMBIA et al., 2014), extração assistida por ultrassom (OLIVEIRA et al., 2016) e extração sob refluxo em sistema de condensação (PINHEIRO et al., 2008). Dentre esses métodos, a extração sob refluxo em sistema de condensação é um dos mais semelhantes ao método de extração ácida em aquecimento que é utilizada nas indústrias, mesmo com o aparecimento de novas técnicas para extração de pectina, continua sendo utilizada, devido também seu custo econômico comparada às novas técnicas (CANTERI et al., 2012).

Portanto, é de fundamental importância a produção de antioxidantes naturais, devido à vasta opção de resíduos agroindustriais gerado mundialmente que pode ser aproveitado para produção de compostos bioativos. Alguns resíduos que podem ser processados para extração de pectina são as cascas de banana (OLIVEIRA et al., 2016; SWAMY & MUTHUKUMARAPPAN, 2016), cascas de laranja (HOSSEINI et al., 2016; VENZON et al., 2014; YANG et al., 2016; ZANELLA & TARANTO, 2015), bagaço de maçã (WANG et al., 2013; WIKIERA et al., 2015; WIKIERA et al., 2016), casca de melancia (PETKOWICZ et al., 2017), casca de melão (MUTHUKUMARAN et al., 2017; SOUZA et al., 2017), casca de limão (WILLEMSSEN et al., 2017), e casca de maracujá (OLIVEIRA et al., 2016; PINHEIRO et al., 2008).

Devido os dados do IBGE (2016), em que no ano de 2015 a produção de maracujá anual brasileira ultrapassou as 694 mil toneladas em área de cultivo em aproximadamente 50 mil hectares, sendo considerado o maior produtor de maracujá do mundo. A região nordeste é o principal centro produtor do país com mais de 64% da produção, sendo o estado de Bahia o responsável por cerca de 42,81% da produção total do país, seguida por Ceará, Espírito Santo, Minas Gerais e Pará, sendo o estado de Sergipe o sexto em produção de maracujá, responsável por mais de 30 mil toneladas.

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo analisar o rendimento e o grau de esterificação da pectina extraída da casca de maracujá amarelo (*passiflora edulis flavicarpa*) sob refluxo em sistema de condensação utilizando o ácido cítrico como o solvente extrator e avaliar o potencial antioxidante da pectina gerada de resíduos agroindustriais através dos métodos DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) e habilidade quelante.

## Material e Métodos

### *Obtenção da farinha da casca de maracujá amarelo*

As cascas de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) utilizadas neste trabalho foram adquiridas em feiras livres na cidade de Barra dos Coqueiros – SE em julho de 2017. O material coletado foi lavado com água corrente para remoção da polpa e de sementes, sendo as cascas cortadas em pequenos pedaços e submetidas a tratamento por imersão em água a 95°C durante 3 minutos para inativação enzimática, seguido de resfriamento em banho de gelo durante 15 minutos. Em seguida, o substrato (cascas) foi aquecido em estufa Sterilifer modelo Sx 1.0 a 50°C, sendo triturado posteriormente. A farinha obtida a partir do albedo de maracujá foi embalada à vácuo e armazenada em freezer marca Electrolux® modelo FE 18/127 V à -18 ± 2°C.

### *Planejamento experimental*

A metodologia de superfície de resposta e a análise de variância foram utilizadas para determinar a condição ótima para a extração de pectina de alto grau de esterificação da farinha da casca de maracujá. Um planejamento 2<sup>2</sup> com réplica no ponto central foi desenvolvido utilizando o software STATISTICA 10 com duas variáveis independentes. Foi fixado o tempo em 30 minutos e teve como variáveis independentes a temperatura e a concentração do ácido cítrico, com temperatura de 70°C; 85°C e 100°C e concentração de ácido cítrico de 25, 50 e 75 mmol L<sup>-1</sup>.

### *Processo de extração e isolamento da pectina*

A pectina foi extraída utilizando uma adaptação do método descrito por Pinheiro et al. (2008). Foi dissolvido 5 g de amostra da farinha em 250 mL de ácido cítrico PA (Vetec) de concentração de 100 mmol L<sup>-1</sup>. Esta solução foi colocada em um sistema de condensação e aquecida através de um banho-maria (AmericanLab modelo AL 155/22) até a temperatura de 85°C, durante 1 hora. Após a etapa da reação, a solução resultante contendo a pectina foi filtrada à vácuo, para retirada do particulado sólido e impurezas.

O filtrado foi resfriado em banho de gelo até 4°C. Depois, a solução foi levada ao centrífugador (Janetzki modelo T 23) à 4000 rpm durante 30 minutos e o sobrenadante separado. Mediu-se o volume proveniente da centrifugação e em seguida foi adicionado o dobro de etanol Anidrol 99,5% PA deste valor,

resultando em proporção de (1:2 v/v). A solução foi agitada durante 10 minutos e colocada em repouso durante 1 hora para precipitação da pectina, nesta fase a pectina tornou-se um gel visível. Em seguida, o material foi filtrado a vácuo, utilizando tecido sintético, lavado com o mesmo etanol PA e seco em estufa (Biopar modelo S80BD) à temperatura de 45°C até peso constante. Após secagem, o material foi macerado e guardado em dessecador. A porcentagem de rendimento de pectina foi determinada a partir da Equação 1.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{massa da farinha}}{\text{massa da pectina}} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

#### *Determinação do grau esterificação*

O grau de esterificação das amostras de pectinas foi determinado pelo método de titulação potenciométrica de acordo com Bocek et al. (2001). A pectina seca (0,2 g) foi colocada em um copo de Becker e umedecida com etanol (Anidrol 99,5% P.A.) Água destilada aquecida à 40°C (20 mL) foi adicionada e o polímero dissolvido com agitação por 2 horas. A solução resultante foi titulada com NaOH 0,1 M (Vetec) na presença de fenolftaleína e o resultado anotado como titulação inicial ( $T_i$ ). Depois, adicionado 10 mL da solução de NaOH 0,1 M à amostra neutralizada de ácido galacturônico e agitado a solução por mais 2 horas para saponificação dos grupos carboxílicos esterificados do polímero. 10 mL de HCl 0,1 M (Neon 37% P.A./ACS) foi adicionado. O excesso de HCl foi titulado com NaOH 0,1 M. O número de grupos carboxílicos esterificados foi calculado a partir do volume de NaOH 0,1 M gasto na titulação final ( $T_f$ ). O percentual de GE foi calculado através da Equação 2.

$$\%GE = \frac{T_f}{T_i + T_f} \times 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

#### *Determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH*

Foi preparada uma solução de concentração de 2 mg mL<sup>-1</sup> em 10 mL de água destilada. Em seguida, foi preparada uma solução metanólica de DPPH 0,1192 mmol L<sup>-1</sup> (47 µg mL<sup>-1</sup>). Depois foram pipetados volumes da solução de 0,1 mg L<sup>-1</sup> que variaram entre 500

a 2500 µL em tubos de ensaio e adicionado 2 mL de solução metanólica de DPPH, obtendo soluções diluídas com concentrações diferentes. As amostras foram encubadas por 30 minutos em ambiente escuro e temperatura ambiente. O percentual de redução das absorvâncias e a capacidade de sequestrar radicais livres foram analisados através da leitura das absorvâncias em espectrofotômetro em comprimento de onda de 517 nm e expressa utilizando a Equação 3.

$$\% \text{Inibição} = \frac{\text{Abs}_{\text{DPPH}} - \text{Abs}_{\text{Amostra}}}{\text{Abs}_{\text{DPPH}}} \times 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

A partir dos valores de percentual de redução, a atividade antioxidante da pectina foi determinada através do valor de IC<sub>50</sub> que consiste no valor da concentração da amostra necessária para reduzir 50% do radical livre, este valor é obtido através de um ajuste linear da curva obtida a partir dos valores de concentração da amostra e o percentual de inibição do radical.

#### *Habilidade quelante*

Foi preparada solução de concentração de 0,5 mg mL<sup>-1</sup> em água destilada. Depois foram preparadas duas soluções aquosas, uma de FeCl<sub>2</sub> com concentração de 2 mmol L<sup>-1</sup> e a outra de ferrozina com concentração de 5 mmol L<sup>-1</sup>. Em seguida, iniciou-se a análise pela adição de 3,7 mL de solução contendo a amostra em um tubo de ensaio, seguida da adição de 0,1 mL de FeCl<sub>2</sub> e faz-se a leitura da absorvância em 562 nm, que representa a absorvância da solução da amostra ( $A_0$ ). Após a primeira leitura, a reação foi iniciada pela adição de 0,2 mL de ferrozina, seguida de agitação vigorosa por 1 minuto e nova leitura de absorvância em 562 nm ( $A_1$ ) após 10 minutos de repouso. A habilidade quelante (HQ) da amostra foi determinada utilizando a Equação 4.

$$\%HQ = \frac{[A_{\text{Branco}} - (A_1 - A_0)]}{A_{\text{Branco}}} \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

### **Resultados e Discussão**

Os resultados adquiridos pelo planejamento experimental com triplicata do ponto central estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Variáveis resposta para o planejamento de variáveis independentes Temperatura de extração e concentração de ácido cítrico

Experimento	T(°C)	Concentração (mmol L <sup>-1</sup> )	GE(%)	R(%)
1	70 (-1)	25 (-1)	51,90	11,78
2	70 (-1)	75 (1)	33,54	23,96
3	100 (1)	25 (-1)	50,50	31,32
4	100 (1)	75 (1)	29,90	45,87
5	85 (0)	50 (0)	32,12	28,24
6	85 (0)	50 (0)	40,00	27,33
7	85 (0)	50 (0)	36,02	27,79

Analisando a Tabela 2 verifica-se que, a pectina extraída no experimento 4 com ácido cítrico de 75 mmol L<sup>-1</sup>, temperatura de extração de 100°C e tempo de 30 minutos apresenta o maior rendimento de 45,87%. O resultado obtido é muito maior que os valores encontrados por Liew et al. (2014) que também utilizou o maracujá amarelo e por Hosseini et al. (2016) que utilizou o albedo da laranja, tais trabalhos obtiveram rendimentos máximos de pectina de 14,60 e 17,95%, respectivamente. No experimento 1, a pectina extraída apresenta o maior valor de grau de esterificação, 51,90% nas condições de temperatura de 70°C, concentração de ácido cítrico de 25 mmol L<sup>-1</sup>, verificando-se que a pectina extraída nessa condição é classificada como de alto GE, visto que as pectinas para serem classificadas em alto grau de esterificação e ter viabilidade comercial devem apresentar teor superior a 50%. Porém, o experimento 1 apresenta-se um baixo rendimento de pectina.

Sabendo-se que segundo Liew et al. (2014), o rendimento cresce com o aumento da acidez e que segundo Pinheiro et al. (2008), o grau de esterificação diminui com o aumento da acidez, observando-se assim, a maior problemática existente na área de pesquisas em extração de pectina que é obtenção de um produto considerado de alto rendimento e ao mesmo tempo, de alto grau de esterificação. Portanto, o experimento 3 pode ser destacado, pois apresenta resultados de uma extração de pectina em que obteve ambos resultados desejados, elaborado nas condições de temperatura de 100°C e concentração de ácido cítrico de 25 mmol L<sup>-1</sup>, o experimento 3 teve 50,50% de GE e 31,32% de rendimento, valores que caracterizam a pectina extraída como de alto grau de esterificação, e rendimento expressivo.

As superfícies de respostas, que descrevem os efeitos dos parâmetros estudados nas funções de respostas, rendimento e grau de

esterificação, podem ser observadas nas Figuras 1 e 2.

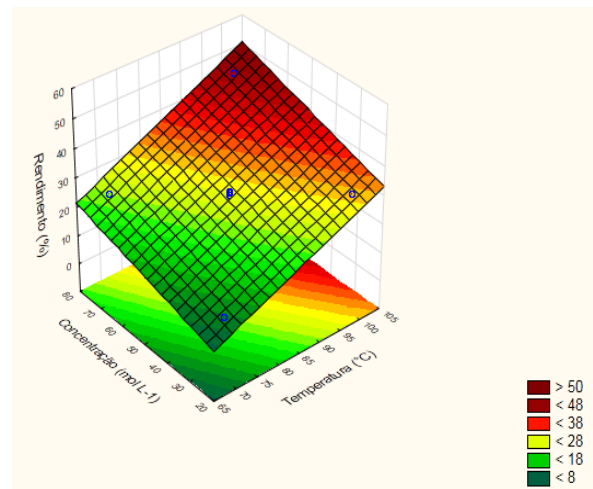


Figura 1. Superfície de resposta dos efeitos da temperatura e concentração sobre o rendimento da pectina extraída.

A Figura 1, apresenta os efeitos da temperatura e concentração de ácido cítrico no rendimento da pectina, utilizando um tempo fixado de 30 minutos. Verifica-se que, ambos os parâmetros apresentam uma contribuição significativa para obtenção de maiores rendimentos. As regiões de maiores rendimentos estão condicionadas às regiões de concentração superior a 60 mmol L<sup>-1</sup> e temperatura superior a 90°C, regiões que apresentam rendimentos acima de 38%.

Os resultados obtidos no planejamento experimental, referente a temperatura está de acordo com os encontrados por Kliemann et al. (2009) que também utilizaram casca de maracujá amarelo. Os resultados referentes a concentração de ácido cítrico, estão semelhantes aos encontrados por Liew et al. (2014), que mostraram que, a concentração de ácido cítrico se apresenta como a variável de maior importância no processo, no qual os experimentos também mostraram que em condições com maiores concentrações de ácido,

ou seja, em pH menores, o rendimento obtido aumenta.

A Figura 2, apresenta os efeitos da temperatura e da concentração de ácido cítrico nos valores do grau de esterificação obtidos nas extrações de pectina com o tempo fixado de 30 minutos. Observa-se que, a concentração de ácido cítrico apresenta uma contribuição mais significativa do que a temperatura, na obtenção de pectinas de maiores teores de grau de esterificação. As regiões que representam de maior GE, são as regiões de concentração de ácido cítrico inferior a 30 mmol L<sup>-1</sup>, em que os resultados de GE são acima de 50%. Os resultados obtidos neste trabalho, estão de acordo com os resultados obtidos por Pinheiro et al. (2008), que mostram o alto grau de esterificação obtido com baixas concentrações de ácido cítrico, comprovando que, para obter uma pectina de alto GE é preciso o uso de ácido mais diluídos.

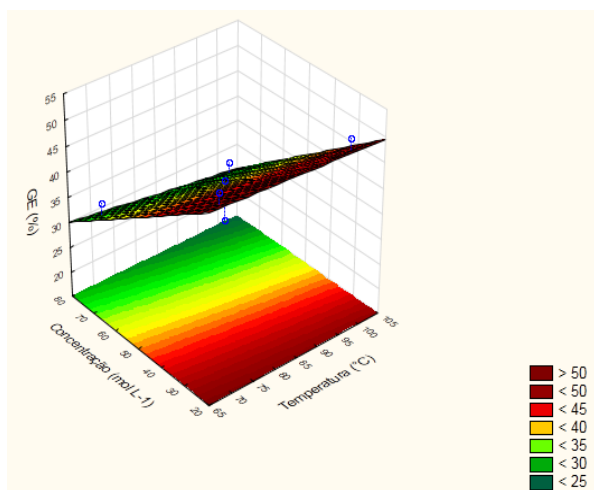


Figura 2. Superfície de resposta dos efeitos da temperatura e concentração sobre o grau de esterificação pectina extraída.

A atividade antioxidante da pectina foi avaliada utilizando o método de medição da habilidade quelante e o método DPPH descritos na metodologia. A pectina apresenta 39,02% de habilidade quelante, o que indica que a solução de pectina inibe em quase 40% a formação do íon complexo  $[Fe^{2+}(ferrozina)^3]^{2+}$ , formando complexos estáveis com  $Fe^{2+}$ , impedindo a oxidação dos íons metálicos através da formação de quelatos, atuando, desta forma, como antioxidantes.

Os resultados obtidos de habilidade quelante, mostram bons indícios de antioxidantes na pectina extraída, com isso utilizando o método DPPH é possível verificar a atividade de inibição do radical DPPH, através

do gráfico que possui valores de concentração em função da porcentagem de inibição do radical (Figura 3). O resultado de IC<sub>50</sub> foi obtido através de um ajuste linear.

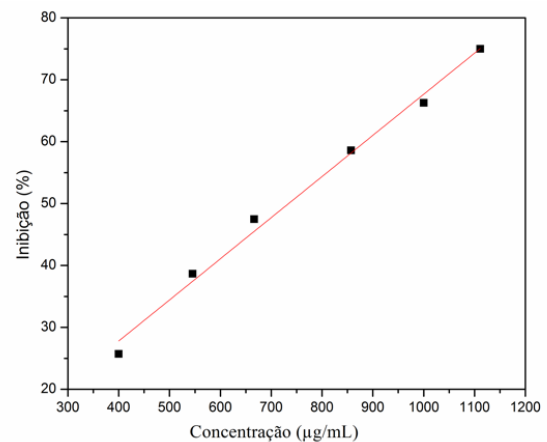


Figura 3. Valores percentuais de inibição do DPPH em função de concentração da amostra de pectina.

O valor obtido de IC<sub>50</sub> pelo presente trabalho é de 734,26 µg mL<sup>-1</sup>. Estes resultados demonstram que, a casca de maracujá pode ser considerada como uma fonte promissora de pectina, assim como o processo e o estudo realizado, em que se determina as condições operacionais no processo de extração de pectina. O trabalho desenvolvido mostra que a pectina obtida da casca do maracujá amarelo tem propriedades antioxidantes, podendo ser utilizada em indústrias farmacêuticas.

## Conclusão

Os resultados indicaram que a concentração de ácido cítrico e a temperatura de extração tiveram influência significativa na quantidade e qualidade da pectina. Rendimentos elevados de 45,87% foram obtidos em condições de 30 minutos, 100°C e 75 mmol L<sup>-1</sup>, também foi apresentada pectina de alto GE, com maior valor de 51,90%, obtido nas condições de 30 minutos, 70°C e 25 mmol L<sup>-1</sup>.

Além disso, a melhor condição observada neste trabalho, 30 minutos, 100°C e 25 mmol L<sup>-1</sup>, apresentou, simultaneamente, uma pectina de rendimento elevado, 31,32%, e um alto grau de esterificação, 50,50%. A pectina avaliada na melhor condição de grau de esterificação, apresentou percentual de habilidade quelante de 39,02% e IC<sub>50</sub> de 734,26 µg mL<sup>-1</sup>.

Portanto, os resultados do trabalho mostraram a eficiência do método inovador de extração, evidenciando que a casca de maracujá amarelo é uma promissora fonte para a

produção de pectina industrial, além de demonstrar que a pectina extraída também contém quantidades de substâncias antioxidantes.

### Referências

- BARRALES, F. M.; REZENDE, C. A.; MARTÍNEZ, J. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of passion fruit (*Passiflora edulis* sp.) seed oil assisted by ultrasound. *The Journal of Supercritical Fluids*, v.104, p.183-192, 2015.
- BOCHEK, A. M.; ZABIVALOVA, N. M.; PETROPAVLOVSKII, G. A. Determination of the esterification degree of polygalacturonic acid. *Russian Journal of Applied Chemistry*, v.75, p.796-799, 2001.
- CANTERI, M. H. G.; MORENO, L.; WOSIACKI, G.; SCHEER, A. P. Pectina: da matéria-prima ao produto final. *Polímeros*, v.22, 2012.
- HOSSEINI, S. S.; KHODAIYAN, F.; YARMAND, M. S. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from sour orange peel and its physicochemical properties. *Carbohydrate Polymers*, v.140, p.59-65, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Produção Agrícola Municipal*, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/cultivos/maracuja>. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.
- KLIEMANN, E.; SIMAS, K. N.; AMANTE, E. R.; PRUDÊNCIO, E. S.; TEÓFILO, R. F.; FERREIRA, M. M. C.; AMBONI, R. D. M. C. Optimisation of pectin acid extraction from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) using response surface methodology. *International Journal of Food Science and Technology*, v.44, p.476-483, 2009.
- LIEW, S. Q.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Extraction and characterization of pectin from passion fruit peels. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, v.2, p.231-236, 2014.
- MARIC, M.; GRASSINO, A. N.; ZHU, Z.; BARBA, F. B.; BRNCIC, M.; BRNCIC, S. R. An overview of the traditional and innovative approaches for pectin extraction from plant food wastes and by-products: Ultrasound, microwaves, and enzyme-assisted extraction. *Trends in Food Science & Technology*, v.76, p.28-37, 2018.
- METHACANON, P.; KRONGSIN, J.; GAMONPILAS, C. Pomelo (*Citrus maxima*) pectin: effects of extraction parameters and its properties. *Food Hydrocolloids*, v.35, p.383-391, 2014.
- MUTHUKUMARAN, C.; BANUPRIYA, L.; HARINEE, S.; SIVARANJANI, S.; SHARMILA, G.; RAJASEKAR, V.; KUMAR, N. M. Pectin from muskmelon (*Cucumis melo var. reticulatus*) peels: extraction optimization and physicochemical properties. *3 Biotech*, v.7, p.66, 2017.
- OLIVEIRA, C. F.; C. F.; GIORDANI, D.; LUTCKEMIER, R.; GURAK, P. D.; CLADERA-OLIVEIRA, F.; MARCZAK, L. D. F. Extraction of pectin from passion fruit peel assisted by ultrasound. *LWT - Food Science and Technology*, v.71, p.110-115, 2016.
- OLIVEIRA, T. I. S.; ROSA, M. F.; CALVACANTE, F. L.; PEREIRA, P. H. F.; MOATES, G. K.; WELINER, N.; MAZZETTO, S. E.; AZEREDO, K. W. W. H. M. C. Optimization of pectin extraction from banana peels with citric acid by using response surface methodology. *Food Chemistry*, v.198, p.113-118, 2016.
- PETROWICZ, C. L. O.; VRIESMANN L. C.; WILLIAMS P. A. Pectins from food waste: Extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin. *Food Hydrocolloids*, v.65, p.57-67, 2017.
- PINHEIRO, E. R.; SILVA, I. M. D. A.; GONZAGA, L. V.; AMANTE, E. R.; TEÓFILO, R. F.; FERREIRA, M. M. C.; AMBONI, R. D. M. C. Optimization of extraction of high ester pectin from passion fruit peel (*Passiflora edulis flavicarpa*) with citric acid by using response surface methodology. *Bioresource Technology*, v.99, p.5561-5566, 2008.
- RAJI, Z.; KHODAIYAN F.; REZAEI, K.; KIANI, H.; HOSSEINI, S. S. Extraction optimization and physicochemical properties of pectin from melon peel. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.98, p.709-716, 2017.
- SCHOLS, H. A.; VORAGEN, A. G. J. Complex pectins: structure elucidation using enzymes. *Progr. Biotechnol*, v.14, p.3-19, 1996.
- SOUZA, A. L. N.; RIBEIRO, A. C. B.; SANTOS, D. G.; RICARDO, N. M. P. S.; RIBEIRO, M. E. N. P.; CAVALCANTI, E. S. B.; CUNHA, A. P.; RICARDO, N. M. P. S. Modificação química da pectina do melão caipira (*Cucumis melo* VAR. ACIDULUS). *Química Nova*, v.40, n.5, p.554-560, 2017.
- SWAMY, G. J.; MUTHUKUMARAPPAN, K. Optimization of continuous and intermittent microwave extraction of pectin from banana peels. *Food Chemistry*, v.220, p.108-114, 2016.
- VENZON, S. S.; CANTERI, M. H. G.; GRANATO, D.; JUNIOR, B. D.; MACIEL, G. M.; STAFUSSA, A. P.; HAMINIUK, C. W. I. Physicochemical properties of modified citrus pectins extracted from orange pomace. *J. Food Sci. Technol*, v.52, p.4102-4012, 2014.
- WANG, X.; CHEN, Q.; LÜ, X. Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical

water. *Food Hydrocolloids*, v.38, p.129-137, 2013.

WIKIERA, A.; MIKA, M.; STARZYNSKA-JANISZEWSKA, S.; STODOLAK, B. Development of complete hydrolysis of pectins from apple pomace. *Food Chemistry*, v.172, p.675-680, 2015.

WIKIERA, A.; MIKA, M.; STARZYNSKA-JANISZEWSKA, S.; STODOLAK, B. Endo-xylanase and endo-cellulase-assisted extraction of pectin from apple pomace. *Carbohydrate Polymers*, v.142, p.199-205, 2016.

WILLEMSSEN, K. L. D. D.; PANOZZO, A.; MOELANTS, K.; DEBON, S. J. J.; DESMET, C.; CARDINAELS, R.; MOLDENAERS, P.; WALLECAN, J.; HENDRICKX, M. E. G. Physico-chemical and viscoelastic properties of high pressure homogenized lemon peel fiber fraction suspensions obtained after sequential pectin extraction. *Food Hydrocolloids*, v.72, p.358-371, 2017.

YANG, N.; JIM, Y.; TIAN, Y.; JIM, Z.; XU, X. An experimental system for extraction of pectin from orange peel waste based on the o-core transformer structure. *Biosystems Engineering*, v.148, p.48-54, 2016.

ZANELLA, K.; TARANTO, O.P. Influence of the drying operating conditions on the chemical characteristics of the citric acid extracted pectins from 'pera' sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck) albedo and flavedo. *Journal of Food Engineering*, v.166, p.111-118, 2015.

ZOUAMBIA, Y.; ETTOUMI, K, Y.; KREA, M.; MOSTEFA, N. M. A new approach for pectin extraction: Electromagnetic induction heating. *Arabian Journal of Chemistry*, v.10, p.480-487, 2017.

ZOU, Z.; XI, W.; HU, Y.; NIE, C.; ZHOU, Z. Atividade antioxidante de frutas cítricas. *Química Alimentar*, v.196, p.885-896, 2016.

*Capítulo 4*

**GERÊNCIA DE RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO E PRINCÍPIO DE INCÊNDIO POR MEIO DE MAPAS COGNITIVOS FUZZY EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE FAVELAS**

**Márcio Mendonça<sup>1</sup>**  
**Marco Antônio Ferreira Finocchio<sup>2</sup>**  
**Carlos Alberto Paschoalino<sup>3</sup>**  
**Thiago Rossato Francisco<sup>4</sup>**  
**Lucas Botoni de Souza<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Professores UTFPR-CP, mendonca@utfpr.edu.br; mafinocchio@utfpr.edu.br; paschoalino@hotmail.com

<sup>4</sup>Acadêmico em Eng. Mecânica, UTFPR-CP, thiagof@alunos.utfpr.edu.br

<sup>5</sup>Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Eng. Mecânica, UTFPR-CP, lucsou@alunos.utfpr.edu.br

**Introdução**

O Brasil é um país no qual os contrastes no campo da moradia se dão de maneira expressiva ao segregar os indivíduos de baixa renda nas periferias das cidades, com infraestrutura ineficiente e escassez de serviços públicos. O engenheiro, independentemente da área em que atua, pode ser visto como um dos principais pilares da evolução tecnológica. Dessa maneira, seu trabalho gera consequências em qualquer população que venha a ser atingida por suas ações (CANNEY & BIELEFELDT, 2015).

Pode-se definir responsabilidade como um valor de orientação para as ações. No contexto profissional, é o dever de melhorar a qualidade de vida de populações desfavorecidas (CANNEY & BIELEFELDT, 2015), como a atenuação de risco em instalações elétricas impróprias ou fora das normas. Neste contexto, o engenheiro deve conhecer sua capacidade e o que ele pode agregar de valor para a sociedade através da busca por uma visão mais integral de suas ações. É de extrema importância que um engenheiro desenvolva uma visão sistemática do mundo para reconhecer que ele é o agente de transformação social. Assim, não basta saber dos conhecimentos empíricos, técnicos e científicos; deve-se, também, saber aplicá-los e forma ética e humana (FILHO et al., 2011).

Dessa forma, a participação de estudantes de engenharia em projetos de melhoria de qualidade de vida para famílias de baixa renda, por meio da detecção e atenuação de riscos de choques elétricos, até mesmo de incêndios sugere ser uma aprendizagem técnica, por meio da visualização do problema em uma situação real, o desenvolvimento dos mesmos para problemas sociais, destacando a atuação dos engenheiros na atenuação de problemas que

envolvem o mau uso da eletricidade (FILHO et al., 2011).

A eletricidade tornou-se indispensável à sociedade. Por isso, percebe-se o crescente investimento para otimização, segurança e ampliação das instalações elétricas, de modo específico, pode-se atenuar problemas em instalações existentes com atualização dos projetos e instalações existentes. Muitas vezes, pessoas ficam submetidas a situações que expõem sua integridade física, como os choques elétricos e a consequente ocorrência de incêndios. O acesso à energia nem sempre se dá de maneira organizada e segura para toda população, principalmente em regiões carentes. Entre o grupo citado, boa parte das instalações são executadas pelos próprios cidadãos de maneira não organizada e pautada em normas de segurança, submetendo-se, assim, às situações de risco de acidentes (KINDERMANN, 2013).

O choque elétrico é a perturbação de natureza e efeitos diversos que se manifestam em um organismo quando este é percorrido por uma corrente elétrica (KINDERMANN, 2013). Essa situação, além de poder causar sustos, também pode causar queimaduras, parada cardíaca ou a morte em casos mais graves (MTE, 2016). De acordo com a norma NBR 5410 (ABNT, 2008), é o efeito patofisiológico resultante da passagem de uma corrente elétrica, a chamada corrente de choque, através do corpo de uma pessoa ou de um animal.

Nesse contexto, noções de segurança são importantes para que pessoas em condições de vulnerabilidade social não sejam expostas ao acesso precário à energia elétrica. Assim, para evitar riscos de incêndio e choques elétricos, um ambiente seguro deve obedecer às regulamentações de circuitos elétricos, nesse



caso às normas NBR-5410, e de modo específico a NR-10 quando se trata de mão de obra (ABNT, 2008; MTE, 2016).

Durante o período de 2007 a 2011, a National Fire Protection Association (NFPA) estimou que um corpo de bombeiros nos Estados Unidos respondeu, em média, 3,34 incêndios em escritórios comerciais por ano. Além disso, distribuição elétrica e equipamentos de iluminação foram o segundo maior causador de incêndios (12%), acarretando em 15% de danos às propriedades analisadas (CAMPBELL, 2013). Diversos fatores podem contribuir para a utilização de instalações elétricas precárias, como escassez de recursos, desconhecimento de normas técnicas e construção de casas improvisadas em terras expropriadas ou invadidas, sem saneamento básico. Assim, a necessidade de energia elétrica para iluminação e tarefas de uso diário induzem a prática de instalações que proporcionam risco de vida.

Neste contexto, pode-se citar o incêndio do edifício Joelma (São Paulo), ocorrido em 1974, que fora causado por um curto circuito elétrico, devido à má instalação de um ar condicionado, um exemplo de riscos de instalações não padronizadas e supervisionadas (SHARRY, 1974). Recentemente, o edifício Wilton Paes de Almeida, também na cidade de São Paulo, alvo de invasões desde a década de 2000, sofreu um incêndio devido à má instalação elétrica, o que causou o colapso do prédio, com mortes e prejuízos para a União (DARLINGTON, 2018). As favelas são outro exemplo de local com instalações elétricas precárias, por vezes obtidas ilegalmente em discordância com as normas.

De modo geral, os riscos podem ter definições com enfoques na possibilidade e na probabilidade de sua ocorrência. Uma definição para o risco empresarial é a possibilidade de um evento adverso que possa afetar negativamente a capacidade de uma organização ou de pessoas para alcançar seus objetivos (GUAGLIARD et al., 2016). Na epidemiologia, são abordados como a probabilidade de obtenção de danos, resultados ou fenômenos desfavoráveis. No contexto da segurança do trabalho, os riscos podem ser entendidos como a possibilidade de ocorrência de situações que comprometam a integridade física e mental dos trabalhadores dentro do ambiente laboral (SOUZA et al., 2017). Assim, os riscos são considerados eventos indesejáveis tanto para os empregadores quanto para os funcionários.

A partir da identificação dos riscos, deve-se procurar medidas ou ferramentas capazes de tratar ou prevenir acidentes de trabalho. Nesse sentido, fatores como tempo de exposição ao risco e severidade esperada em caso de acidente são capazes de fornecer o grau de risco de determinado posto de trabalho ou atividade (SOUZA et al., 2017).

No trabalho de Alves (2014), é apresentada uma análise sobre o sucesso de programas de prevenção contra incêndios na cidade de São Paulo. Importante ressaltar que, fatores de risco e a sua prevenção por meio de planejamento adequado e conscientização dos indivíduos são fundamentais e devem ser de responsabilidade das empresas, do cidadão e do poder público. Um trabalho semelhante de Pereira e González (2013), fora realizado em conjuntos habitacionais, objetivando analisar as condições de segurança e prevenção de incêndios, no município de São Paulo. Entre os fatores estavam a manutenção dos equipamentos de combate a incêndios, participação de órgãos públicos, análise de infraestrutura, instalações elétricas e o nível de conscientização da população local.

Outra contribuição de Bruno (2010), que contextualizou a problemática dos incêndios em favelas por meio de seus fatores de risco. A proposta apresentada foi a criação de modelo analítico aplicável aos fatores de risco próprios das favelas da cidade de São Paulo no contexto institucional local.

A Aprendizagem Ativa (AA), introduzido por R. W. Revans (WELTMAN, 2007) é um método de aprendizagem na qual os alunos estão ativamente envolvidos no processo de aprendizagem. Consequentemente, o conhecimento adquirido depende do envolvimento do aluno (BONWELL & EISON, 1991).

Assim, pode-se afirmar que a AA é definida por um conjunto de práticas pedagógicas que abordam a questão da aprendizagem do aluno a partir de uma perspectiva diferente das técnicas clássicas de aprendizagem, como aulas expositivas, nas quais o aluno é visto como ser passivo no processo de aprendizagem. Nesse trabalho a inspiração principal é a ABP. Nela, a proposta de atividade pedagógica é direcionada pela apresentação de projetos aos alunos, que devem buscar ativamente métodos para sua resolução. Seu uso é particularmente interessante em disciplinas de engenharia e ciências.

Em Oleagordia et al. (2014), foram descritos os aspectos de um conjunto de ABP e aprendizagem cooperativa de ensino superior na Europa. O uso de metodologias ativas é apresentado em Fonseca e Gómez (2017) para o ensino de engenharia de software em engenharia da computação no Chile. Nesse caso, os autores procuraram melhorar as notas dos alunos com a integração dos conteúdos aprendidos com o desenvolvimento de projetos dentro de um contexto industrial.

No Brasil, o uso de metodologias ativas pode ser observado em Gazzoni et al. (2017), com o ensino de Cálculo em cursos de engenharia. O objetivo do trabalho foi inserir conteúdo técnico na rotina dos alunos, facilitando a associação de conceitos com as matérias, permitindo que os alunos façam suas próprias contribuições e alcancem níveis mais altos de compreensão.

Também se pode mencionar Prasad et al. (2018) onde o projeto interdisciplinar utilizou um grupo de estudantes e professores de Ciência da Computação e Biologia para resolver um problema de social. Em Oleagordia et al. (2014); Fonseca e Gómez (2017); Gazzoni et al. (2017); Prasad et al. (2018), os objetivos foram alcançados, com os alunos obtendo melhores notas e apresentando uma ampliação de sua consciência crítica.

Ressalta-se que, o envolvimento de estudantes em problemas do cotidiano deve ser uma premissa no tocante à formação de técnicos e engenheiros com um olhar mais atento e humanizado para com os problemas da sociedade. Nesse contexto, Saviani (2016) afirma que, o conteúdo deve estar vinculado à explicação da realidade social concreta e oferecer subsídios para a compreensão dos determinantes sócio históricos do aluno, particularmente a sua condição de classe social.

Pode-se afirmar que a probabilidade de falha de um componente relativamente novo e com insuficiência de dados históricos de falhas poderia, em teoria, ser estimada com base no conhecimento de especialistas (KABIR & PAPADOPOULOS, 2018). Consequentemente, a segurança e a confiabilidade de um sistema podem ser avaliadas com base em dados estatísticos genéricos, que podem ser obtidos em bancos de dados de confiabilidade existentes (MAZZUTO et al., 2018). Entretanto, o uso desses dados genéricos adiciona mais parâmetros incertos e imprecisão aos resultados da análise. É nesse contexto que a

utilização da lógica *Fuzzy*, e em especial os FCMs, permite incorporar incertezas na análise.

A teoria dos conjuntos *Fuzzy* foi desenvolvida por Zadeh (1965), objetivando a criação de um método para lidar informações imprecisas de sistemas. Assim, um sistema ou variável *Fuzzy* difere da teoria clássica de conjuntos, pois nela as associações não são binárias, ou seja, cada elementos possui um nível de pertinência entre [0 1] a cada um dos conjuntos analisados. A partir da criação dessa teoria, podem ser encontradas aproximadamente 20 subdivisões da lógica *Fuzzy* (PAPAGEORGIU, 2014).

Em 1948, Tolman (1948) utilizou mapas cognitivos na descrição do comportamento de memorização de ratos. Posteriormente, a técnica foi empregada por Axelrod (1976) como ferramenta binária na teoria da decisão aplicada a problemas político-econômicos. Posteriormente, Kosko (1986) englobaria a lógica *Fuzzy* a esses grafos, criando os Mapas Cognitivos *Fuzzy* (FCMs) em 1986. As variáveis de um FCM simbolizam os conceitos linguísticos ligados aos outros por meio de conexões *Fuzzy*, que modelam esses relacionamentos por meio de um nível de causalidade (pesos) (KOSKO, 1986).

Assim, os FCMs são considerados como uma técnica computacional capaz de modelar sistemas complexos de engenharia, medicina, etc. (PAPAGEORGIU, 2012). No entanto, como mostrado em Papageorgiou e Salmeron (2013) e Felix et al. (2017) onde existem cerca de quinze extensões de FCM. Os FCMs foram divididos em extensões que melhoram ou contornam suas desvantagens, como a representação de conhecimento baseado em regras (PAPAGEORGIU, 2014). Elas estão dentro dos campos da vida artificial, agricultura, assistência médica, controle, jogos e robótica.

Um modelo de D-FCM é visto em Mendonça et al. (2013) para a supervisão de um processo químico. Essa extensão é baseada nos *Timed Automata-Based Fuzzy Cognitive Maps* (TAFCM), propostos por Acampora e Loia (2011). O desenvolvimento de um D-FCM começa com a construção de um FCM clássico. Assim, através da configuração dinâmica da força das relações causais é possível modelar sistemas dinâmicos, similar à abordagem dos TAFCM (MENDONÇA, 2011; MENDONÇA et al., 2013). Um exemplo de aplicação pode ser observado no trabalho de Mendonça et al. (2015). Nele, um FCM foi modelado para

quantificar o nível de satisfação da UTFPR – Cornélio Procópio.

Com base na problemática apresentada, o objetivo do presente trabalho é analisar a segurança e a situação das instalações elétricas em famílias de baixa renda e verificar as condições das instalações elétricas em baixa tensão em Habitações de Baixa Renda na cidade de Cornélio Procópio-PR, e executar ações de melhorias e correções e atenuar riscos de choque aos moradores baseando-se no uso de Mapas Cognitivos Fuzzy (FCMs) para quantificar os riscos de choque e incêndio.

### Material e Métodos

Neste trabalho, as situações analisadas foram baseadas no projeto de extensão realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio. Sua documentação pode ser encontrada no trabalho de Mendonça et al. (2018). De forma sucinta, o projeto visou contribuir para com a segurança e bem-estar da sociedade, em especial comunidades de baixa renda que de um modo geral necessitam de orientações e/ou melhorias nas instalações elétricas de suas residências. Além disso, o projeto iniciado em 2018, almeja identificar as condições de moradia de populações de baixa renda, no que tange especificamente às instalações elétricas. Tal investigação visa, além de identificar e executar ações de melhoria, ser um campo de formação de futuros profissionais.

Nele, um grupo de quatro estudantes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-CP), sob a orientação de um professor supervisor, realizou visitas em média a cada duas semanas em quatro moradias de baixa renda, durante dois semestres letivos, com aproximadamente dez meses de duração total. Ressalta-se que não foi escopo do projeto de extensão qualquer análise relacionada aos aspectos construtivos das residências, as quais apresentam precariedade, e grande quantidade de material combustível, como papelão por exemplo.

Devido à dificuldade de quantificar os riscos de choques elétricos e incêndios, as atividades inicialmente foram analisadas qualitativamente. O estudo pautou-se na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP),

inspirada em técnicas de aprendizado, como em Fonseca e Gómez (2017) e García-Holgado et al. (2018), inserindo os alunos em um ambiente real.

Por meio do ensino dos conceitos da AA e ABP, realizou-se visitas técnicas periódicas, em média a cada duas semanas, em quatro habitações na periferia do município de Cornélio Procópio (PR), investigando a situação dos circuitos elétricos das habitações com o intuito de identificar possíveis riscos em instalações elétricas. Nos casos considerados mais severos, procurou-se atenuar a precariedade segundo os padrões de segurança da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Forma documentadas as habitações por fotos e anotou-se os problemas mais visíveis, realizando as medições elétricas adequadas. Assim, selecionou-se os casos mais graves para beneficiamento com o projeto. Após, foram coletados dados dos moradores através de um formulário e analisou-se os principais pontos de risco das habitações. Os chefes das famílias responderam ao formulário, composto por sete questões sobre escolaridade dos familiares, renda total e dada sobre acidentes domésticos envolvendo eletricidade.

*A priori*, as ações foram conduzidas de forma corretiva, visando atenuar a segurança dos moradores, objetivando diminuir o risco de choques elétricos e incêndios.

Depois de coletar os dados essenciais e analisá-los, buscou-se recursos para a aquisição de materiais para a adequação das instalações. A captação dos recursos ocorreu por meio de ações da iniciativa privada e incentivos da UTFPR-CP.

Após, foi elaborado um formulário online para ser respondido pelos alunos a fim de verificar o impacto do trabalho em suas habilidades práticas e de aprendizagem. A ontologia completa das vistas e reparos é composta de quatro etapas, observadas na Tabela 1. Elas resumem os principais conceitos abordados. Como metodologia de avaliação e validação do projeto, um formulário foi suficiente de fornecer os dados necessários para a interpretação do impacto do projeto nos alunos.

Tabela 1. Ontologia do projeto de extensão

Etapa	Ação
1	Visita a habitação para verificar os problemas elétricos
2	Verificação das possíveis soluções de acordo com os regulamentos da ABNT e ANEEL
3	Definição das ações de reparação total ou parcial dos problemas encontrados
4	Execução das ações em pares, explorando os conceitos de AA e ABP

A análise de dados acompanhou a dinâmica e a construção de indicadores qualitativos e quantitativos, que objetivou em auxiliarem na tomada de decisão e no planejamento estratégico das etapas futuras deste trabalho. Utilizou-se um método baseado nos tópicos abordados em visitas técnicas.

As correções foram realizadas de acordo com uma árvore de decisão proposta (Figura 2). Uma árvore de decisão consiste em nós (atributos) e folhas (decisões ou ações) ligadas através dos resultados possíveis dos ramos (WANG et al., 2018).

Nesse trabalho, abordaram-se os atributos da precariedade das fiações e equipamentos de iluminação, risco de incêndio (1) e choque elétrico (2), composto pela qualidade do isolamento e quantidade de remendos de fiação. O último atributo é a falta de iluminação adequada (3). Ressalta-se que o atributo 1 corresponde automaticamente à substituição completa das instalações elétricas.

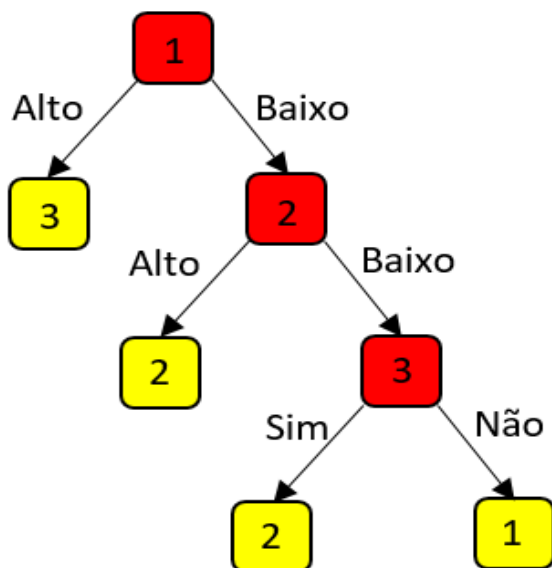


Figura 1. Árvore de decisão utilizada nas visitas.

Os riscos de incêndio e choque elétrico foram divididos em “baixo” e “alto”, e a falta de iluminação adequada foi composta de “sim” ou “não”. Assim, as folhas da árvore de decisão são as ações de correção do grupo, assim descritas: Aconselhamento - condições encontradas sem

riscos alarmantes para os moradores. Pequenos reparos - Condições encontradas com risco iminente de choques elétricos. Substituição Total - condições graves, quando as instalações elétricas podem imediatamente prejudicar várias vidas humanas e causar incêndios.

A representação formal adotada neste trabalho foi baseada em Pedrycz et al. (2005) para um FCM no formato da tupla  $(C, W, A, f)$ , para intervalos de  $K = [-1, 1]$  e  $L = [0, 1]$  (NÁPOLES et al., 2013).

$C = \{C1, C2, \dots, Cn\}$ : conjunto de  $n$  conceitos do FCM;

$W: (C_i, C_{jf}) \rightarrow w_{ij}$  é o peso que liga os conceitos de entrada e saída.  $W_{ij}$  representa uma relação causal.

Respectivamente,  $W_{ij} < 0$  e  $W_{ij} > 0$  indicam uma relação causal negativa e positiva.  $\|W_{ij}\|$  é a intensidade da relação causal. Com isso,  $W(C \times C) = (w_{i,j}) \in K^{n \times n}$  é a matriz de conexão;

$A: C_i \rightarrow A_i$  (Eq. 1) é o grau de ativação de um conceito, onde  $A(0)$  é o vetor inicial que especifica valores de todos os nós de conceitos;  $A(t) \in L^n$  é um vetor de estado na iteração  $t$ ;

$f(x): R \rightarrow L_i$  (Eq. 2) é uma função de decisão, que inclui relacionamento recorrente em  $t \geq 0$  entre  $A^{(t+1)}$  e  $A^t$ . A função de tomada de decisão ou inferência do FCM por nó é definida por  $f(x)$  como a função sigmoide. Enquanto  $\lambda$  é a taxa de aprendizado (definida 1).

$$A^{(t+1)} = f\left(\sum_{j=1}^n W_{ij} \cdot A_j^t\right) \quad (\text{Eq. 1})$$

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\lambda x}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Neste trabalho, foram usados como base para o desenvolvimento da ferramenta proposta os *Dynamic Fuzzy Cognitive Maps* (D-FCM) (PAPAGEORGIU & SALMERON, 2013; FELIX et al., 2017)

Para este trabalho, um FCM de 9 conceitos foi desenvolvido para trabalhar como

uma ferramenta cognitiva de quantificação de riscos de choques elétricos e princípios de incêndio. As relações causais, conceitos, pesos e as influências (positiva ou negativa) foram

definidos de acordo com os aspectos observados com a visita realizada às moradias. Ressalta-se que o valor inicial para todos os conceitos foi zero.

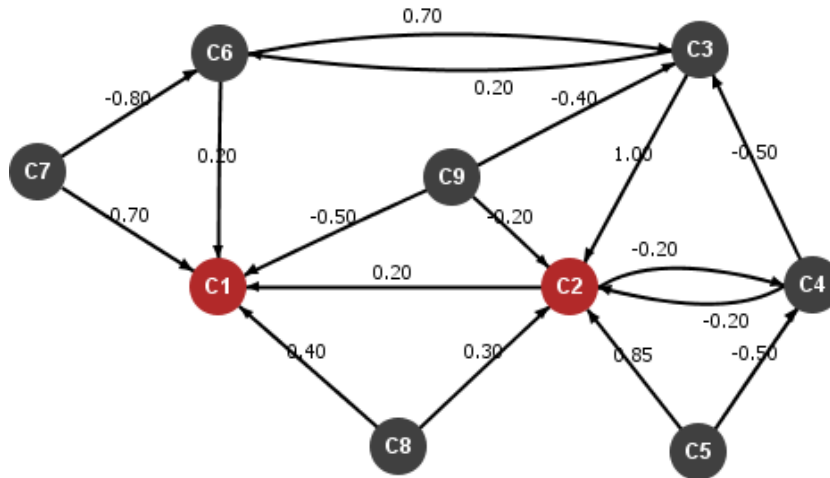


Figura 2. FCM clássico.

Nesse contexto, foram dados níveis (notas) entre zero a dez para cada uma das relações, normalizados em [0 1] para sua inserção no FCM. Assim, pode-se observar a descrição dos conceitos na Tabela 2, a versão inicial que corresponde ao FCM clássico na

Figura 3, e o sRBD-FCM proposto na Figura 4. As auto relações causais são de seleção (representadas por um losango), as quais ocorrem quando um evento ocorre ou não dentro do período pré-definido de seis meses, de por exemplo.

Tabela 2. Conceitos do FCM proposto

Conceito	Descrição
C1	Risco de incêndio - ocorrência auto relação causal
C2	Risco de choque elétrico - ocorrência auto relação causal
C3	Precariedade das instalações elétricas
C4	Dimensionamento correto dos circuitos de proteção
C5	Falta de aterramento
C6	Precariedade estrutural da moradia
C7	Presença de material combustível incêndio
C8	Iluminação inadequada na moradia
C9	Dimensionamento correto da fiação elétrica

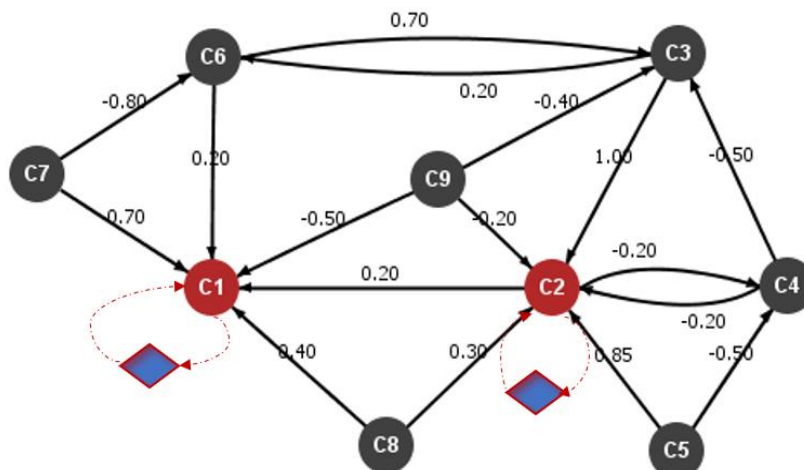


Figura 3. sRBD-FCM proposto.

Desse modo, é possível incluir os dados históricos como uma possível alteração do modelo cognitivo, inicialmente proposto pelo conhecimento empírico de especialistas. Os níveis de causalidade entre os conceitos podem ser observados na Figura 4 pelos arcos do sRBD-FCM, inicialmente atribuídos para o FCM clássico ou convencional, para a posteriori evoluir para o sRBD-FCM. As relações causais foram desenvolvidas por meio da observação de possíveis ocorrências devido a precariedade das instalações. Como exemplos, a necessidade de acender velas é relacionada ao risco de incêndio, e a presença de fios desencapados ou extensão malfeita na possível ocorrência de choques elétricos.

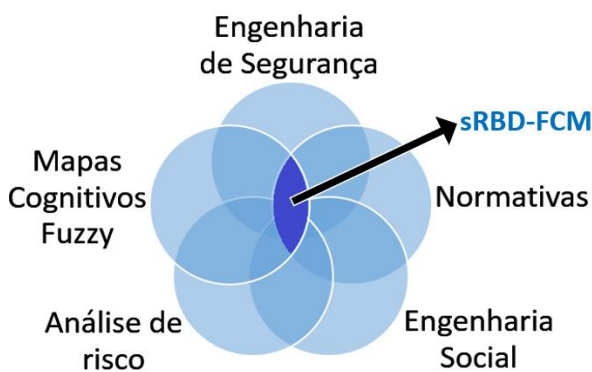


Figura 4. Abordagens utilizadas para a construção do sRBD-FCM.

Analisando os conceitos propostos para o FCM, pode-se encontrar a relação entre eles e algumas normativas vigentes no país. As normas brasileiras que balizam a atuação de prevenção são a NBR 5410 para instalações elétricas e a NBR 15219 para prevenção de incêndios. Nessas normativas, foram identificados aspectos relevantes para o desenvolvimento do FCM, mostrados como segue: risco de incêndio (CCB, 2010; 2014a); precariedade das instalações elétricas (CCB, 2010); falta de iluminação, conforme a NBR 15219 (ABNT, 2005); presença de circuitos de proteção (ABNT, 2005); precariedade estrutural da casa (CCB, 2012; 2014b); falta de aterramento (ABNT, 2005); dimensionamento incorreto dos fios (PEREIRA & GONZÁLEZ, 2013).

O conceito de seleção foi baseado em Mendonça (2011), na qual uma proposta de extensão de FCM denominada Redes Cognitivas Dinâmicas (DCN). Mendonça e Arruda (2015) empregaram novos conceitos e relações no modelo clássico de Kosko, como a relação de seleção utilizada nesse trabalho. Outra versão

da DCN é observada no trabalho de Miao et al. (2001).

Nesse trabalho, o sRBD-FCM foi baseado em conhecimento empírico e de especialistas, acrescido de dados históricos obtidos por meio de perguntas aos moradores das residências em possível risco. Assim, a relação de seleção muda o valor da auto influência dos conceitos  $C_1$  e  $C_2$  de acordo com as regras e com a ocorrência ou não dos eventos citados, como choques elétricos e princípios de incêndio. As regras utilizadas foram: se ocorrer choque elétrico dispara a ocorrência de uma auto relação causal positiva entre o conceito  $C_1$  com  $W_{11}$ ; se ocorrer princípio de incêndio dispara a ocorrência de uma auto relação causal positiva entre o conceito  $C_2$  com  $W_{22}$ ; se não ocorrer choque elétrico dispara a ocorrência de uma auto relação causal negativa entre o conceito  $C_1$  com  $W_{11}$ . Por fim, se não ocorrer princípio de incêndio dispara a ocorrência de uma auto relação causal negativa entre o conceito  $C_2$  com  $W_{22}$ .

*A priori*, o valor dos pesos das auto relações causais tiveram seus valores 0,5 podendo ajustar a intensidade da influência da auto relação causal de acordo com a experiência adquirida com o histórico das ocorrências. Entretanto, poderão ser uma variável de ajuste ou refinamento do modelo causal.

## Resultados e Discussão

Na Figura 5 são apresentados os resultados do formulário socioeconômico. Como pode ser observado, o número de moradores por habitação excede o número médio de pessoas por domicílio, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2011), que é de 3,3 pessoas por domicílio. Em 75% das habitações, a soma da renda de todos os residentes é menor ou igual a um salário mínimo (R\$ 954,00), demonstrando a situação de dificuldade das famílias.

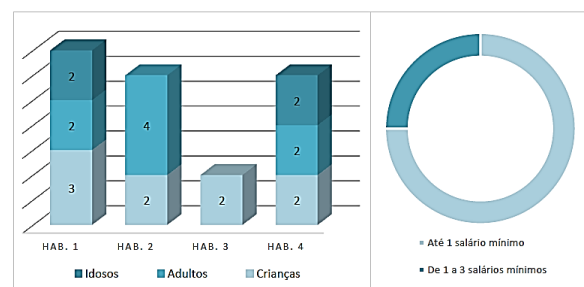


Figura 5. Moradores por habitação e renda familiar.

De acordo com os dados coletados das habitações, verifica-se que nenhuma delas está dentro dos padrões das normativas utilizadas, NBR-5410 e NR-10. As habitações não possuem instalação elétrica adequada, tampouco algum dispositivo de proteção contra descargas elétricas, devido à falta de condições financeiras e/ou técnicas dos moradores. As diretrizes para instalações, cálculo da bitola dos fios, disjuntores, demanda, aterramento, entre outros, foram feitas de acordo com os padrões da ABNT e ANEEL.

A partir do formulário socioeconômico, todas as famílias abordadas relataram acidentes

com eletricidade nas habitações, a maioria dos casos sem assistência médica. Acidentes graves foram causados por fios desencapados, plugues de alimentação, interruptores e chuveiros sem fixação, além de falta de aterramento. Um exemplo pode ser observado nas Figuras 6 (a) e (b), e 7 (a) e (b). Nela, observa-se um caso recorrente encontrado pelos alunos onde os fios estão afixados no encanamento (a), proporcionando perigo devido à fuga de corrente elétrica, e em (b) observa-se os terminais de fiação expostos, causando um risco elevado de choques elétricos, especialmente para crianças.



Figura 6. (a) Chuveiro instalado irregularmente, (b) Interruptor de luz não afixado corretamente.



Figura 7. (a) Fios diferentes e sem isolamento, (b) Fios sem isolamento.

A Figura 8 (a) e (b) demonstra uma investigação prévia da situação similar observada. Em todas as casas contempladas com a reforma dos pontos críticos das instalações elétricas, pode-se constatar que ocorrem acidentes elétricos, mas em nenhum dos casos foi fatal ou gravíssimo, por este motivo também nenhum acidente foi registrado. As práticas de correção foram bem-sucedidas, só não sendo mais completas devido à escassez de recursos financeiros e ao pouco

tempo de existência do projeto. Constatou-se emendas de péssima qualidade com nenhum dimensionamento de cabos, cabos flexíveis e rígidos conectados, sem nenhum dispositivo de aterramento e/ou proteção, como disjuntores.

As condições estruturais das habitações analisadas são precárias, com paredes frágeis que dificultam a reparação dos componentes elétricos. Conseqüentemente, foi presenciada grande quantidade de situações de risco iminente de choques elétricos e incêndios.

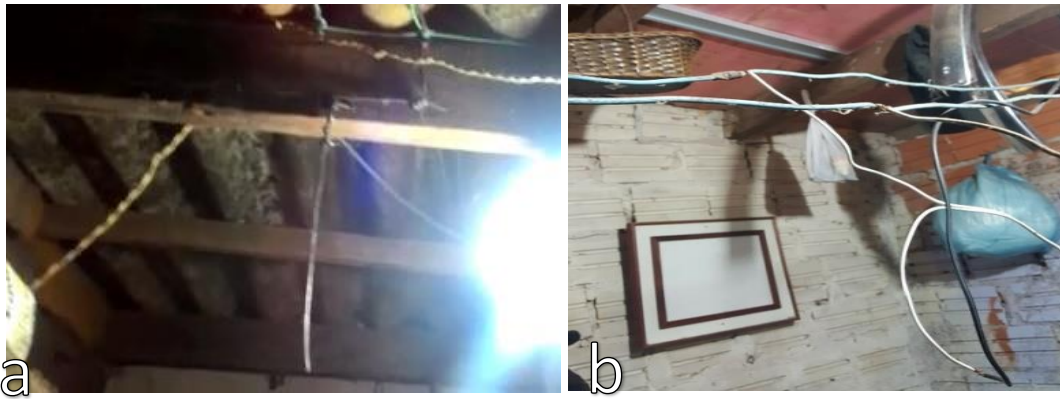


Figura 8. (a) Fiações expostas e (b) com muitas emendas.

A Figura 9 (a) e (b) demonstra outras situações de risco. Nesses casos, dedicou-se a melhorar os pontos de risco isolando adequadamente os condutores desencapados, fixando-os sempre que possível em tomadas, interruptores e pontos de iluminação. A fiação solta e/ou excedente foi removida ou realocada para minimizar o risco de choque elétrico ou curtos-circuitos.

Observa-se que uma das habitações possuem uma lâmpada instalada incorretamente com suas conexões expostas em um canto da cozinha. Nesse caso, o respectivo interruptor de luz estava na sala de estar e, para acionar a lâmpada, era necessário que o residente se movesse para outro cômodo.

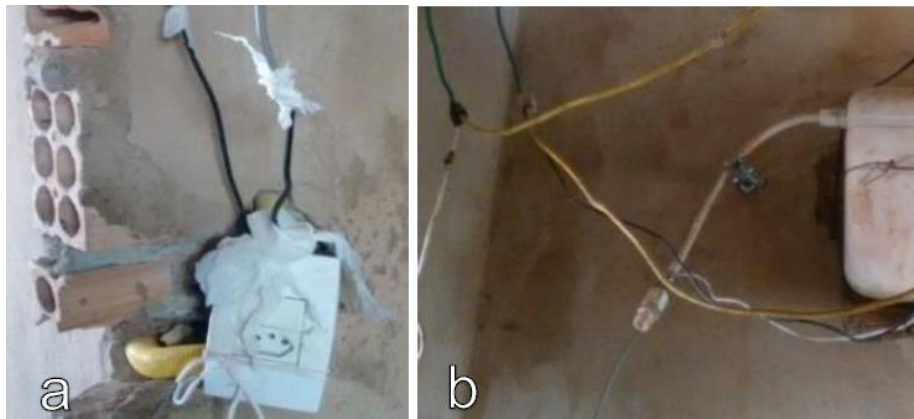


Figura 9. (a) Fiação exposta, (b) alto número de emendas no banheiro.

Como observa-se na Figura 10 (a) e (b), foi instalado um novo conjunto de interruptor de luz no banheiro. No entanto, as paredes estavam em más condições, impossibilitando a reparação correta e efetiva. A fiação que

conectava o interruptor à lâmpada foi substituída, enquanto a fiação derretida do chuveiro foi reparada, removendo as partes danificadas.

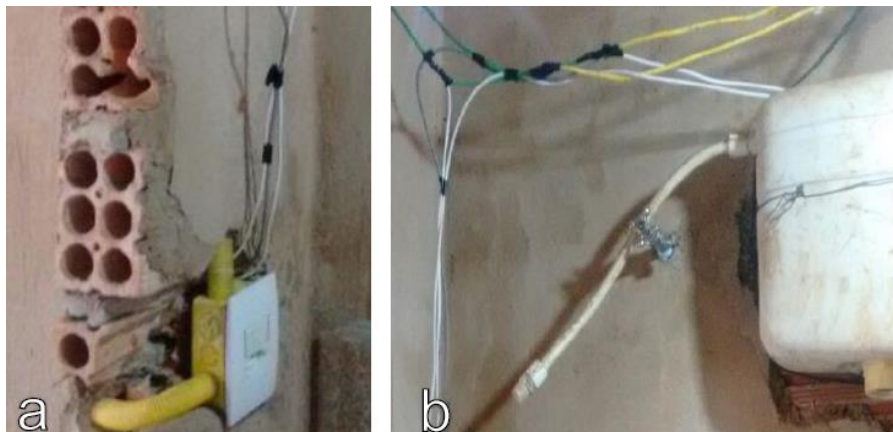


Figura 10. Reparos feitos no banheiro: (a) interruptor, (b) fios.



Após foram realizadas adequações para a situação da Figura 10. Nesse caso, pode-se observar o isolamento e fixação dos componentes. Anteriormente, o soquete estava fixado por fios inadequados e isolado por uma sacola plástica. Como visto nas figuras acima, um caso recorrente foi a presença de fiação exposta em locais com circulação de pessoas e em alturas ao alcance de crianças. Os casos demonstram a precariedade encontrada e o risco para os moradores.

A falta de disjuntores e de separação dos circuitos foi observada nas habitações. Foram encontrados disjuntores em apenas duas, quando os padrões indicam um disjuntor por circuito. Além disso, todas as habitações visitadas tinham algum tipo de conserto de fiação inadequada e nenhuma possuía aterramento. Esses fatos sugerem a necessidade de reforçar o aprendizado dos conceitos de segurança e instalações elétricas, abordados teoricamente e em laboratórios. Devido à baixa luminosidade, cuidados adicionais de segurança foram tomados durante as visitas, feitos principalmente ao entardecer, de acordo com a disponibilidade dos alunos.

Nas respostas dos integrantes observou-se um *feedback* positivo das mesmas. Pode-se dizer que, sentiram melhora de sua capacidade de resolução de problemas, interação social e consciência crítica. Comentários para uma possível evolução do projeto foram um aspecto importante considerado no formulário. Nessa questão, sugeriram parcerias com líderes do município para melhorar a qualidade das habitações, visando reparar suas estruturas nos casos mais graves.

Outro ponto sugerido é o aumento do número de participantes, caso a universidade ofereça outro do projeto de extensão similar. Um fator a ser melhorado é o processo de documentação, principalmente por meio de fotos com melhor qualidade e formulários mais detalhados. Em um dos *feedbacks* propôs-se a sugestão de instruir os moradores no momento dos reparos, a fim de aumentar a aceitação geral e cautela nas próximas instalações.

É importante apontar que a população, de maneira geral, não possui conhecimentos técnicos a respeito das instalações e seus riscos. A ausência de tais conhecimentos é normalmente associada às formas inadequadas de instalação e manutenção. Por isso, essa ausência requer medidas preventivas para controlar os riscos. Neste contexto, a

conscientização e a aquisição de conhecimentos básicos pelos moradores podem ser armas efetivas na minimização de acidentes.

Especificamente, apresentar em um ambiente real a necessidade de utilizar padrões técnicos e de segurança, a ABP foi utilizada para sugerir e aplicar soluções práticas baseadas em conceitos científicos para atenuar os problemas diagnosticados. Desse modo, as experiências de ensino e aprendizagem que levam em conta a realidade multifacetada possuem potencial para contribuir de maneira efetiva na aprendizagem em diversos níveis e modalidades de ensino. O grande diferencial de tal prática em relação às metodologias de ensino mais tradicionais, refere-se principalmente ao contato direto com o contexto e à forma de abordagem do conteúdo técnico/científico problematizando, levantando hipóteses e soluções colocando o estudante como sujeito de sua própria aprendizagem (FELDER & SILVERMAN, 1988).

Outro aspecto a ser destacado é o caráter social da aprendizagem. Ao adentrar na realidade a fim de diagnosticar e interferir na mesma, permite-se ao aprendiz uma ação transformadora que mobiliza consciência e compromisso para com a sociedade e a futura profissão. A aprendizagem nesta perspectiva estimula o desenvolvimento do pensamento crítico tendo como ponto de partida a realidade. Nos últimos anos, os cursos de engenharia no Brasil adotaram com sucesso a ABP. Nesse contexto, as limitações da proposta tradicional de ensino, além das crescentes inovações que têm incentivado a pesquisa de alternativas para novos processos de ensino e aprendizagem, são capazes de formar futuros engenheiros com visão holística (FELDER & SILVERMAN, 1988).

De acordo com os dados da Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade, no país foram registrados 1222 acidentes envolvendo eletricidade em 2015, 8,1% a mais que em 2014 (ABRACOPEL, 2018). Do total de acidentes, 822 são casos envolvendo choques elétricos, com 627 fatalidades. Ocorreram 311 acidentes decorrentes de curto-circuito, com alguns casos evoluindo para incêndios, causando 20 mortes. Os acidentes causados por descargas atmosféricas foram 89, com 46 vítimas fatais. De acordo com a ABRACOPEL (2018), a maioria dos acidentes envolvendo óbitos ocorreu em instalações residenciais devido à imprudência, imperícia ou desconhecimento das normas.

Pode-se definir a área de atuação desse trabalho como parte de um sistema global de segurança contra incêndios. Assim, o FCM proposto auxilia principalmente na precaução contra o início do incêndio, quantificando os possíveis riscos de choque elétrico e incêndio de acordo com as relações estabelecidas pelos envolvidos.

Em relação aos resultados da ferramenta cognitiva de quantificação de riscos

de choques elétricos e princípios de incêndio, eles são ainda iniciais. Porém foi possível identificar os níveis de risco de incêndio e de choque elétrico em diferentes situações e/ou residências analisadas. A Figura 11 demonstra a evolução do sRBD-FCM sem registro de ocorrência de nenhum choque elétrico ou princípio de incêndio.

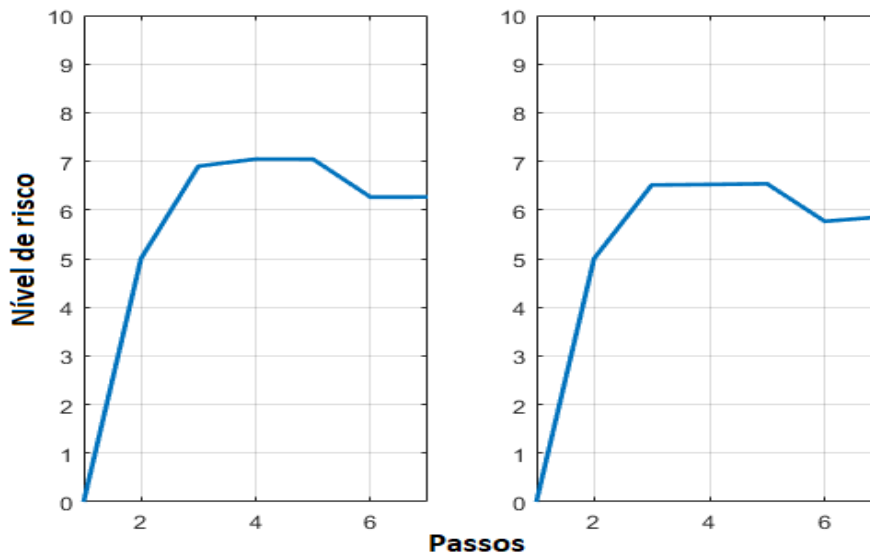


Figura 11. Sem ocorrência de registros.

A entrada dos registros é feita por meio de perguntas binárias no *software* de desenvolvimento. Confere-se nível de risco de choque e de ocorrência de incêndios, respectivamente 6,25 e 5,86. Observa-se que os resultados consideram as residências nas mesmas condições, diferenciando-as a princípio somente pelo registro de ocorrências.

Assim, a Figura 12 demonstra os resultados dos níveis de incêndios com a ocorrência de princípio de incêndio e sem a presença do risco do choque. Um registro de ocorrência no período observado impacta em um aumento no nível de risco.

A Figura 13 apresenta a análise para a ocorrência de choque elétrico sem registros de possíveis princípios ou ocorrências de incêndios.

Ressalta-se que cinco passos foram suficientes para atingir o ciclo limite do FCM. Um cálculo inicial empírico consiste na identificação no número de laços internos. Assim, esse utiliza-se esse valor como um chute inicial de número passos no algoritmo. Graficamente é possível verificar que os resultados atingem ciclo limite com cinco passos. Por fim, o sexto e sétimo disparam de acordo com a ocorrência ou não dos registros de incêndio e/ou choques elétricos.

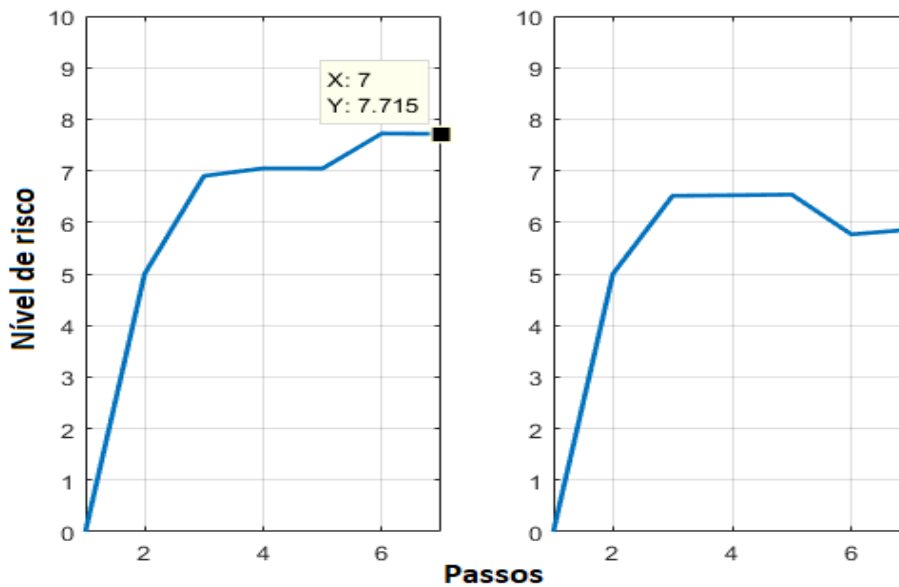


Figura 12. Ocorrência de princípio de incêndio; sem ocorrência de choque elétrico.

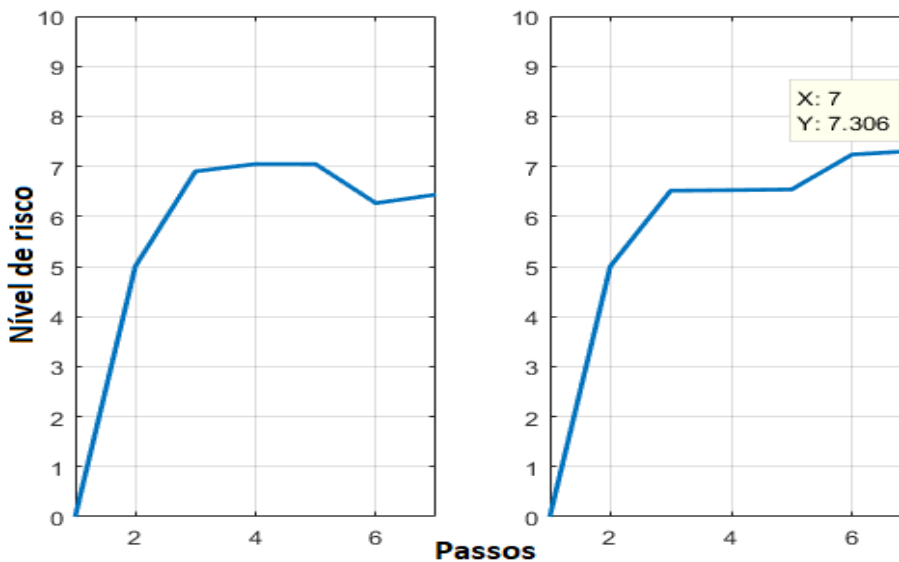


Figura 13. Ocorrência choque elétrico; sem ocorrências de choque elétrico ou princípio de incêndio.

Os resultados obtidos evidenciam que, um registro de ocorrência aumenta o nível do risco em uma próxima análise para, em especial, poder comparar os riscos de forma individual nas residências.

### Conclusão

O trabalho desenvolvido alcançou os objetivos desejados, que consistiam na atenuação de riscos de choques e incêndios por meio de melhorias nas instalações elétricas, além de propor um método para quantificar o risco de choques elétricos e incêndios. Além disso, possibilitar aos alunos uma aplicação dos conceitos técnico e científicos na realidade cotidiana. Apesar dos resultados de analisados ainda serem conclusivos, espera-se ter contribuído com a área de análise de risco da engenharia de segurança.

Em relação aos resultados, tem-se que consistiu em grande valia na formação de futuros profissionais, pois ao vivenciarem uma experiência de ensino e aprendizagem de cunho técnico, possibilita também uma tomada de consciência acerca do contexto da sociedade. A experiência possibilitou aos participantes conhecimentos acerca da importância da segurança e dos padrões que possibilitam atenuar riscos de acidentes.

Outros aspectos a serem considerados são aqueles ligados à uma formação mais humanizada de engenheiros, que devem possuir um compromisso com o bem-estar da população. Os ganhos visíveis a partir da experiência vão além da apropriação de conteúdos científicos, ao permitirem uma análise da realidade em suas diferentes dimensões. Os estudantes tomaram consciência

de que os problemas diagnosticados não se restringem somente aos aspectos técnicos, mas são imbricados na cultura, nas condições materiais e históricas do grupo analisado. Após as orientações do grupo, observou-se que as famílias se mostraram cientes acerca dos riscos de acidentes causados pelo uso de energia elétrica.

Por fim, em relação à proposta dos RBD-FCM, além das contribuições para área de análise de riscos, espera-se também ter contribuído com uma versão inicial de uma possível extensão da teoria dos FCMs com um modelo cognitivo que permite inferir por meios de histórico de ocorrências. De modo reduzido, foi possível incluir fatores históricos nos resultados dos riscos de incêndio e choques elétricos.

Futuros estudos deverão incluir a validação de uma proposta da inclusão de histórico de ocorrências por meio de visitas periódicas nos locais abordados e similares. E, finalmente, utilizar como ferramenta para treinamentos e conscientização de habitantes de áreas de risco e profissionais da área, como por exemplo, brigadas de incêndio.

## Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR-5410: Instalações elétricas de baixa tensão. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/curs.aspx?ID=22>>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- ABRACOPEL. Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade. Anuário completo de dados de acidentes de origem elétrica de 2013 a 2017. Disponível em: <<http://abracopel.org/estatisticas/>>. Acesso em: 1 out. 2018.
- ACAMPORA, G.; LOIA, V. On the temporal granularity in fuzzy cognitive maps. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, v.19, n.6, p.1040–1057, 2011.
- ALVES, L. A. Análise dos programas de segurança contra incêndio em favelas na cidade de São Paulo. 94f. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2014.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15219 - Plano de emergência contra incêndio, p.1–13, 2005.
- AXELROD, R. *Structure of decision: The cognitive maps of political elites*. Princeton, NJ, USA: Princeton Univ. Press, 1976. 422p.
- BONWELL, C. C.; EISON, J. A. *Active learning: Creating excitement in the classroom*. 1. ed. Washington, USA: School of Education and Human Development. George Washington University, 1991. 121p.
- BRUNO, A. P. Método de análise de risco de incêndios em favelas: uma abordagem. *Territorium*, v.17, p.119–126, 2010.
- CAMPBELL, R. U. S. *Structure fires in office properties national fire protection association*. Fire Analysis and Research Division, 2013. 47p.
- CANNEY, N.; BIELEFELDT, A. A Framework for the development of social responsibility in engineers. *International Journal of Engineering Education*, v.31, n.1(B), p.414–424, 2015.
- CCB. Comando do Corpo de Bombeiros. Código de segurança contra incêndio e pânico (CSCIP), 2010. 60p. Disponível em: <[http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos\\_restritos/files/documento/2018-12/cscip\\_-\\_codigo\\_de\\_seguranca\\_contra\\_incendio\\_e\\_panic\\_o\\_-\\_dez\\_2018.pdf](http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/cscip_-_codigo_de_seguranca_contra_incendio_e_panic_o_-_dez_2018.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- CCB. Comando do Corpo de Bombeiros. NPT 007 - Separação entre edificações (Isolamento de riscos), v.2, p.1–15, 2012. Disponível em: <[http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos\\_restritos/files/documento/2018-12/NPT\\_007.pdf](http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/NPT_007.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- CCB. Comando do Corpo de Bombeiros. NPT 014 - Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco, v.3, p. 1–15, 2014a. Disponível em: <[http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos\\_restritos/files/documento/201812/NPT014CargadeincendionasedificacoeseareasderiscoverSao24outubro2018.pdf](http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/201812/NPT014CargadeincendionasedificacoeseareasderiscoverSao24outubro2018.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- CCB. Comando do Corpo de Bombeiros. NPT 010 - Controle de materiais de acabamento e de revestimento, v. 3, 2014b. Disponível em: <[http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos\\_restritos/files/documento/2018-12/NPT\\_010.pdf](http://www.bombeiros.pr.gov.br/sites/bombeiros/arquivos_restritos/files/documento/2018-12/NPT_010.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- DARLINGTON, S. Fire in São Paulo, Brazil, brings down a high-rise building. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2018/05/01/world/americas/sao-paulo-brazil-fire-collapse.html>>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- FELDER, R. M.; SILVERMAN, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, v.78, n.7, p.674–681, 1988.
- FELIX, G.; NÁPOLES, G.; FALCON, R.; FROELICH, W.; VANHOOF, K; BELLO, R. A review on methods and software for fuzzy cognitive maps.

- Artificial Intelligence Review, n.1, p.1–31, 2017.
- FILHO, N. G. da S.; SANTANA, J. G. L. de; SILVA, L. R. B. da. A Responsabilidade Social na Vida de um Engenheiro. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 39, 2011, Blumenau. Anais... Blumenau, SC, Brasil: ABENGE, 2011.
- FONSECA, V. M. F.; GÓMEZ, J. Applying active methodologies for teaching software engineering in computer engineering. Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, v.12, n.3, p.147–155, 2017.
- GARCÍA-HOLGADO, A.; GARCÍA-PENÁLVO, F. J.; RODRÍGUEZ-CONDE, M. J. Pilot experience applying an active learning methodology in a software engineering classroom. In: IEEE Global Engineering Education Conference, 2018, Santa Cruz de Tenerife. Anais... Santa Cruz de Tenerife, Spain, 2018.
- GAZZONI, W. C.; MIYOSHI, J.; DE LIMA, V. D. P. Active methodologies for calculus in engineering courses (December 2016). Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, v.12, n.4, p.193–198, 2017.
- GUAGLIARD, J. et al. Análise de risco parametrizada: Manual prático de gestão de riscos e seguros. 1. ed. São Paulo. All Print, 2016. 184p.
- KABIR, S.; PAPADOPOULOS, Y. A review of applications of fuzzy sets to safety and reliability engineering. International Journal of Approximate Reasoning, v.100, p.29–55, 2018.
- KINDERMANN, G. Choque elétrico. 4a edição modificada e ampliada. Florianópolis, SC. FPOLIS, 2013. 204p.
- KOSKO, B. Fuzzy cognitive maps. International Journal of Man-Machine Studies, v.24, n.1, p.65–75, 1986.
- MAZZUTO, G.; CIARAPICA, F. E.; STYLIOU, C.; GEORGOPOULOS, V. C. Fuzzy cognitive maps designing through large dataset and expert's knowledge balancing. In: IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 2018, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: IEEE, 2018.
- MENDONÇA, M. A Contribution to intelligent system modeling based on dynamic cognitive networks. 189f. Tese (Doutorado em Engenharia de Automação e Sistemas). Universidade Federal de Tecnologia - Paraná. Curitiba, 2011.
- MENDONÇA, M. ; ANGELICO, B.; ARRUDA, L. V. R.; NEVES-JR, F. A dynamic fuzzy cognitive map applied to chemical process supervision. Engineering Applications of Artificial Intelligence, v.26, n.4, p.1199–1210, 2013.
- MENDONÇA, M.; CHRUN, I. R.; FINOCCHIO, M. A. F.; MELLO, D. E. Fuzzy cognitive maps applied to student satisfaction level in a university. IEEE Latin America Transactions, v.13, n.12, p.3922–3927, 2015.
- MENDONÇA, M. et al. Análise e atenuação de riscos em instalações elétricas em moradias de baixa renda na cidade de Cornélio Procópio. In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 46, e Simpósio Internacional de Educação em Engenharia, 1, 2018, Salvador. Anais...Salvador: ABENGE, 2018.
- MENDONÇA, M.; ARRUDA, L. V. R. de. A Contribution to the intelligent systems development using DCN. 1. ed. Riga, Latvia: Scholars Press, 2015. 180p.
- MIAO, Y.; LIU, Z.; SIEW, CHEE K.; MIAO, C. Y. Dynamical cognitive network - An extension of fuzzy cognitive map. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, v.9, n.5, p.760–770, 2001.
- MNT. Ministério do Trabalho. NR-10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Disponível em: <[https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos\\_SST/SST\\_NR/NR-10.pdf](https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf)>. Acesso em: 31 jul. 2019.
- NÁPOLES, G.; BELLO, R.; VANHOOF, K. Learning stability features on sigmoid fuzzy cognitive maps through a swarm intelligence approach. J. Ruiz-Shulcloper, G. Sanniti di Baja, (Eds.) In: CIARP 2013: Progress in pattern recognition, image analysis, computer vision, and applications. Lecture Notes in Computer Science, v. 8258, Berlin. Anais... Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- OLEAGORDIA, I. J.; BARRÓN, M.; SAN MARTÍN, J. I.; ASENSIO, F. J. Active methodology applied in engineering by PBL. In: Tecnologías Aplicadas a la Enseñanza de la Electronica, 9, 2014, Bilbao, Espanha. Anais..., Bilbao, Espanha, 2014.
- PAPAGEORGIU, E. I. Learning algorithms for fuzzy cognitive maps—A review study. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews), v.42, n.2, p.150–163, 2012.
- PAPAGEORGIU, E. I. (ed.). Fuzzy cognitive maps for applied sciences and engineering. Berlin Heidelberg, 2014. 395p.
- PAPAGEORGIU, E. I.; SALMERON, J. L. A review of fuzzy cognitive maps research during the last decade. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, v.21, n.1, p.66–79, 2013.
- PEDRYCZ, W.; STACH, W.; KURGAN, L.; REFORMAT, M. Genetic learning of fuzzy cognitive maps. Fuzzy Sets and Systems, v.153, n.3, p.371–401, 2005.
- PEREIRA, A. G.; GONZÁLEZ, M. L. Segurança contra incêndios em edificações de interesse

social: Estudo de caso. *Revista Brasileira de Estudos de Segurança Pública*, v.5, n.1, p.43–46, 2013.

PRASAD, R.; WICKLOW, B.; TRAYNOR, C. practical problem-based learning: an interdisciplinary approach. In: *Integrated STEM Education Conference (ISEC)*, 2018, Princeton. Anais... Princeton, NJ, USA: IEEE, 2018.

SAVIANI, D. Educação escolar, currículo e sociedade: O problema da base nacional comum curricular. *Movimento: Revista de Educação*, v.3, n.4, p.54–84, 2016.

SHARRY, J. A. South America burning. *Fire Journal*, v.68, n.4, p.23–33, 1974.

SOUZA, I. F. de; BARROS, L. de A.; FILGUEIRAS, V. A. (ed.). *Saúde e segurança do trabalho: Curso*

prático. 1. ed. Brasília, Brasil: ESMPU, 2017. 358p.

TOLMAN, E. C. Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, v.55, n.4, p.189–208, 1948.

WANG, L.; LI, Q.; YU, Y.; LIU, J. Region compatibility-based stability assessment for decision trees. *Expert Systems with Applications*, v.105, n.1, p.112–128, 2018.

WELTMAN, D. A Comparison of traditional and active learning methods: An empirical investigation utilizing a linear mixed model. 122f. Tese (Doutorado em Filosofia). The University of Texas. Arlington, 2007.

ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. *Information and Control*, v.353, n.1, p.338–353, 1965.

*Capítulo 5*

**REMOÇÃO DE ESPÉCIES FENÓLICAS UTILIZANDO CARVÃO ATIVADO PRODUZIDO A PARTIR DE CASCA DO MARACUJÁ AMARELO (*Passiflora edulis*)**

**Tiago Ferreira Souza<sup>1</sup>**  
**Victor Hugo dos Santos Ramos<sup>2</sup>**  
**Jéssica Cristian Teles de Rezende<sup>2</sup>**  
**Ícaro Almeida Pereira<sup>3</sup>**  
**Antônio Santos Silva<sup>4</sup>**  
**Edilson de Jesus<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Mestrando em Engenharia Química, UNICAMP/FEQ/DESQ/Campus Barão Geraldo, tiagofs799@gmail.com

<sup>2</sup>Mestrando em Engenharia Química, UFS/CCET/PEQ/Campus São Cristóvão, vituqi@gmail.com

<sup>3</sup>Graduando em Química Industrial, UFS/CCET/DEQ/Campus São Cristóvão, icaroalmeida27@hotmail.com

<sup>4</sup>Professor Associado, UFS/CCET/DMA/PEQ Campus São Cristóvão, ass@infonet.com

<sup>5</sup>Professor Associado, UFS/CCET/DEQ/PEQ Campus São Cristóvão, edilsonjs@ufs.br

**Introdução**

As atividades industriais além de fabricar os bens de consumo demandados pela sociedade são também responsáveis por produzir resíduos que afetam negativamente a atmosfera, o solo e as águas naturais. A conscientização de que tais ações antrópicas vêm afetando o meio ambiente tem estimulado a comunidade científica a propor alternativas que visam diminuir o impacto desses resíduos na natureza (CHENG et al., 2016).

Os efluentes líquidos industriais são formados por compostos orgânicos, inorgânicos e gases dissolvidos (MOHAMMED et al., 2016). Os compostos orgânicos tóxicos estão presentes nos efluentes de diversas indústrias, podendo destacar as indústrias de produção de celulose, corantes, fármacos, plásticos, pesticidas e petroquímicas (MOHAMMED et al., 2016; CARMONA et al., 2006; VÉLEZ-LEE et al., 2016).

Dentre esses compostos orgânicos tóxicos destacam-se o fenol e seus derivados. O fenol (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH) é um composto aromático, sólido claro cristalino a temperatura e pressão ambiente, higroscópico e altamente solúvel em água. É uma substância tóxica, podendo ser letal por inalação, contato com a pele e ingestão, e extremamente corrosiva em altas concentrações causando queimaduras severas. Outro fator negativo associado ao fenol é o forte odor e mau gosto característicos das águas residuais contendo essa substância até em baixas concentrações (QUIAN et al., 2009).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de acordo com a portaria Nº 430 de 2011, o nível máximo de fenóis totais a ser lançado por qualquer tipo de efluente industrial é de 0,5 mg L<sup>-1</sup>. A concentração de fenol nos efluentes das indústrias é variável, no

caso das indústrias farmacêuticas, de corantes e petroquímicas a concentração residual desse composto está entre 0,1 e 1600 mg L<sup>-1</sup> (MOHAMMED et al., 2016). Assim sendo, é fundamental o estudo e desenvolvimento de tecnologias que sejam eficientes na remoção desse poluente dos efluentes industriais a fim de diminuir o impacto ambiental através do atendimento da legislação vigente.

Diversas tecnologias são utilizadas no tratamento de efluentes contendo espécies fenólicas, como por exemplo a coagulação, biodegradação aeróbica ou anaeróbica, extração por solvente, troca iônica, precipitação e adsorção (BEKER et al., 2010; KUMAR et al., 2011). Dentre esses métodos, adsorção é o mais eficiente e comumente empregado no tratamento de efluentes líquidos industriais contendo fenol devido a sua eficiência na remoção desse composto.

No processo de adsorção a definição do adsorvente é uma etapa importantíssima, pois além de apresentar características favoráveis ao processo o mesmo deve ser economicamente viável. O carvão ativado é o adsorvente mais efetivamente utilizado, pois possui uma estrutura porosa consistente e elevada área superficial, favorecendo o processo de adsorção. O precursor do carvão ativado deve ser um material carbonáceo e de baixo custo (TANCREDI et al., 2004).

A utilização de resíduos agroindustriais na obtenção de carvão ativado é uma alternativa ambientalmente sustentável e favoravelmente econômica. A casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) é um material carbonáceo, altamente disponível no Brasil, em especial na região nordeste nos estados da Bahia, Sergipe e Ceará. Portanto, esse resíduo agroindustrial

apresenta potencial para ser utilizado como matéria-prima no processo de sintetização de carvão ativado (ALTUN & PEHLIVAN, 2012).

Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade de remoção de espécies fenólicas usando carvão sintetizado a partir de resíduo de casca de maracujá amarelo.

## Material e Métodos

### Obtenção do carvão ativado

O carvão ativado utilizado neste trabalho foi produzido no Laboratório de Química Industrial (LQI), localizado no Departamento de Engenharia Química da Universidade Federal de Sergipe, tendo como matéria precursora a casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*), resíduo agroindustrial. A casca de maracujá amarelo foi obtida na feira livre do mercado Albano Franco, localizado no centro de Aracaju/SE.

### Processo de carbonização e ativação

A casca de maracujá após a lavagem com água destilada foi triturada e seca a 105°C em estufa (Sterilifer), sendo pré-tratada antes da carbonização com uma solução do agente ativante  $H_3PO_4$  (P.A. 85% NEON) a 85°C durante uma hora. Foi utilizado 150 mL de  $H_3PO_4$  para cada 15 g do material precursor. Nesta etapa o material permaneceu sob agitação constante para se garantir uniformidade na mistura e a plena ação do agente químico sobre a matéria-prima. Após isto, o resíduo sólido impregnado com o agente ativante, foi colocado em cadinhos e seco em estufa por um período de 24 hora a 85°C.

Após a secagem o material foi carbonizado em um reator tubular, acoplado a um forno elétrico EDGCON 10P, a temperatura máxima de 700°C, empregando-se uma razão de aquecimento de 15°C min<sup>-1</sup> por 2 horas sob taxa de nitrogênio de 1 L min<sup>-1</sup> para tornar o ambiente inerte. Após a carbonização e ativação, o carvão ativado obtido foi lavado a quente com água destilada até o pH da água de lavagem não apresentar variação significativa. A finalidade da lavagem foi a retirada do excesso do reagente utilizado no pré-tratamento, bem como a remoção das impurezas provenientes do processo carbonização e ativação.

### Determinação da concentração de fenol em soluções aquosas

A concentração de fenol em soluções aquosas foi determinada por espectrometria de absorção atômica. As absorvâncias das amostras contendo fenol foram medidas em

espectrofotômetro UV-Visível Biospectro SP-220. O comprimento de onda utilizado foi 270 nm segundo metodologia de Balchir et al. (2014). A curva de calibração foi obtida utilizando soluções padrão de fenol na faixa de 5 a 150 mg L<sup>-1</sup>. Os valores de concentração das amostras contendo fenol foram estimados através da curva de calibração.

### Testes em batelada de remoção de fenol

A solução padrão de fenol foi preparada a partir de Fenol P.A (SIGMA), dissolvendo 1,0 g desse material em 1000 mL de água destilada, produzindo assim, uma solução padrão de 1000 mg L<sup>-1</sup>. As soluções de fenol utilizadas nos testes de remoção foram obtidas a partir da diluição da solução padrão. O carvão ativado foi utilizado nos testes de adsorção sob a forma de pó, com diâmetro inferior ou igual a 0,250 mm. A porcentagem de remoção de fenol de soluções aquosas foi determinada pela Equação 1, segundo Cheng et al. (2016).

$$\text{Remoção de fenol (\%)} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que:  $C_i$  (mg L<sup>-1</sup>) é a concentração inicial da amostra contendo fenol; e  $C_f$  (mg L<sup>-1</sup>) a concentração da amostra após o processo de adsorção.

A capacidade de adsorção do carvão em relação a remoção de fenol foi determinada pela Equação 2.

$$Q = \frac{(C_i - C_f) V}{M} \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo: V é o volume da amostra de solução (L); e M a massa de adsorvente utilizada.

### Determinação do pH do ponto de carga zero

O ponto de carga zero é definido como o pH em que a superfície do adsorvente possui carga neutra (GUILARDUCE et al., 2006). O pH do ponto de carga zero (pH<sub>pcz</sub>) do carvão ativado foi determinado segundo metodologia de Ltifi et al. (2018) através de medidas do pH da água destilada antes e após o contato com o adsorvente. Foram adicionados 0,05 g do adsorvente em 50 mL de água com pH inicial da água destilada variando de 2 a 10. O pH inicial da água destilada foi ajustado com soluções de ácido clorídrico (0,1 mol L<sup>-1</sup>) e hidróxido de sódio (0,1 mol L<sup>-1</sup>). Estas soluções ficaram sob



agitação de 150 rpm em agitador Nova Ética, Modelo 109, por 12 horas. O  $pH_{pcz}$  foi obtido pelo gráfico  $(pH_{final} - pH_{inicial})$  em função do  $pH_{inicial}$ , na interseção da curva com o eixo  $pH_{inicial}$ .

#### *Efeito do pH na remoção de fenol de soluções aquosas*

Foram realizados testes em triplicata variando o pH inicial da solução aquosa contendo fenol a fim de analisar a influência desse parâmetro no processo de adsorção segundo adaptação do método de Cheng et al. (2016). Os valores de pH utilizados foram 2, 4, 6, 8 e 10. A massa de adsorvente utilizada foi 0,05 g e o volume de solução aquosa contendo fenol foi 50 mL. A concentração inicial de fenol utilizada foi de 20 ppm. As soluções ficaram sob agitação constante de 150 rpm por um período de 3 horas, sendo a temperatura de processo de 25°C.

#### *Efeito do tempo de contato na remoção de fenol de soluções aquosas*

O estudo do efeito do tempo de contato em um processo de adsorção é fundamental, pois dessa forma pode-se determinar o tempo de equilíbrio, tempo necessário para que taxa de adsorção e dessorção se igualem e conseqüentemente mantenha-se constante a quantidade de material impregnado no adsorvente, e a partir de modelos matemáticos embasados empiricamente, teoricamente ou semi-empiricamente, propor quais são as etapas controladoras da cinética de adsorção.

Os modelos cinéticos normalmente assumem que a taxa global de adsorção é controlada exclusivamente pela taxa de adsorção do soluto nos sítios ativos do adsorvente, sendo a difusão intrapartícula e transferência externa de massa negligenciáveis (PEREZ et al., 2011). Dentre esses modelos cinéticos, os de pseudoprimera e pseudosegunda ordem são os mais utilizados, pois são capazes de descrever de maneira satisfatória a cinética de adsorção de diversos processos de adsorção. Do ponto de vista físico, esses dois modelos não possuem um embasamento teórico bem definido. O modelo de difusão intrapartícula, proposto por Weber e Morris (1963), é também amplamente utilizado e assume que a etapa limitante na taxa global de adsorção é a difusão intrapartícula.

O modelo de pseudoprimera ordem é representado pela Equação 3, em que  $K_1$  é o parâmetro de adsorção de pseudoprimera

ordem ( $\text{min}^{-1}$ ),  $Q_e$  e  $Q_t$  são as quantidades adsorvidas por grama de adsorvente no equilíbrio e no tempo  $t$ , respectivamente ( $\text{mg g}^{-1}$ ).

$$\frac{dQ_t}{dt} = K_1(Q_e - Q_t) \quad (\text{Eq. 3})$$

Integrando a Equação 4 de  $Q_t = 0$  em  $t = 0$  a  $Q_t = Q_e$  em  $t = t$  obtém-se a Equação 4.

$$Q_t = Q_e(1 - e^{-K_1 t}) \quad (\text{Eq. 4})$$

O modelo de pseudosegunda ordem é representado matematicamente pela Equação 5, em que  $K_2$  é o parâmetro relacionado com a taxa de adsorção de pseudosegunda ordem ( $\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$ ).

$$\frac{dQ_t}{dt} = K_2(Q_e - Q_t)^2 \quad (\text{Eq. 5})$$

Integrando a Equação 5 nos moldes da Equação 2 obtém-se a Equação 6.

$$Q_t = \frac{Q_e^2 K_2 t}{1 + Q_e K_2 t} \quad (\text{Eq. 6})$$

O modelo de difusão intrapartícula sugere que a difusão intrapartícula é o mecanismo controlador da taxa global de adsorção. A Equação 7 representa matematicamente este modelo, em que  $K_{Dif}$  é o parâmetro de difusão intrapartícula ( $\text{mg g}^{-1} \text{min}^{-1/2}$ ),  $C$  o parâmetro de espessura da camada limite ( $\text{mg g}^{-1}$ ), que está relacionada com a resistência à difusão intrapartícula,  $Q_t$  a quantidade de adsorvato adsorvida ( $\text{mg g}^{-1}$ ) e  $t$  o tempo do processo de adsorção (min).

$$Q_t = K_{Dif} t^{1/2} + C \quad (\text{Eq. 7})$$

Caso a curva com os valores experimentais de  $Q_t$  em função de  $t^{1/2}$  apresentar formato linear e a Equação 7 representar satisfatoriamente os dados experimentais, sugere-se que o processo de adsorção é controlado exclusivamente pelo mecanismo de difusão intrapartícula. No entanto, se os dados experimentais de  $Q_t$  em função de  $t^{1/2}$  apresentarem um formato não linear, há fortes indícios de que outros mecanismos além da difusão intrapartícula

controlam o processo de adsorção (LORENC-GRABOWSKA et al., 2013).

Foram realizados testes em triplicata possibilitando determinar o tempo necessário para que o equilíbrio de adsorção de fenol de soluções aquosas em carvão ativado fosse alcançado. As condições experimentais foram o pH da solução igual a 2, 0,05 g de material adsorvente, velocidade de agitação de 150 rpm e temperatura de processo igual a 25°C. A faixa de tempo em que o adsorvente esteve em contato com a solução de fenol variou de 5 a 150 min.

#### *Equilíbrio de adsorção de fenol de soluções aquosas*

O estudo do equilíbrio de adsorção é fundamental para o entendimento do processo e desenvolvimento do sistema de adsorção. A descrição do equilíbrio de separação entre as duas fases no processo adsorptivo é realizada através das isotermas de adsorção. Os modelos de Langmuir e Freundlich foram utilizados neste trabalho para descrever os dados experimentais de equilíbrio. O modelo de Langmuir, representado matematicamente pela Equação 8, assume que a adsorção de determinado adsorvato ocorre em um número limitado de sítios do adsorvente, que são idênticos e equivalentes, sem nenhuma interação lateral entre as moléculas do adsorvato, mesmo em locais adjacentes (VIJAYARAGHAVAN, 2006).

$$Q_e = \frac{Q_m K_L C_e}{1 + K_L C_e} \quad (\text{Eq. 8})$$

Na equação 8,  $Q_e$  representa a quantidade de adsorvato por quantidade de adsorvente no equilíbrio ( $\text{mg g}^{-1}$ ),  $C_e$  a concentração de equilíbrio do adsorvato na fase líquida ( $\text{mg L}^{-1}$ ),  $Q_m$  a capacidade máxima de adsorção ( $\text{mg g}^{-1}$ ), que corresponde à concentração superficial máxima em uma única camada de recobrimento e  $K_L$  o parâmetro do modelo de Langmuir ( $\text{L mg}^{-1}$ ), que está relacionado com a energia de adsorção do processo, quanto mais fortes as ligações da adsorção maior o valor desse parâmetro. A partir do valor estimado de  $K_L$  e do valor de  $C_0$  ( $\text{mg L}^{-1}$ ), concentração inicial máxima de adsorvato utilizada nos experimentos, é possível determinar o parâmetro denominado fator de separação de Langmuir, Equação 9.

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (\text{Eq. 9})$$

A isoterma de Foo, representada matematicamente pela Equação 10, descreve o processo de adsorção reversível e não ideal, não restrita a formação de monocamada (FOO et al., 2010).

$$Q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (\text{Eq. 10})$$

Na Equação 10  $Q_e$  representa a quantidade de adsorvato por quantidade de adsorvente no equilíbrio ( $\text{mg g}^{-1}$ ) e  $C_e$  a concentração do adsorvato no equilíbrio ( $\text{mg L}^{-1}$ ). O parâmetro  $K_f$  [ $(\text{mg g}^{-1})(\text{L mg}^{-1})^{1/n}$ ] está relacionada com a capacidade de adsorção do adsorvente, quanto maior o valor desse parâmetro maior a capacidade de adsorção do material. O parâmetro  $n$  (adimensional) depende das características da adsorção, quanto maior o valor de  $n$ , conseqüentemente, menor o valor de  $1/n$ , mais forte será a ligação entre o adsorvato e o adsorvente, tornando mais difícil a dissociação entre eles (ALTUN & PEHLIVAN, 2012). Valores de  $n$  entre 1 e 10 indicam um processo de adsorção favorável.

A curva de equilíbrio de adsorção de fenol de soluções aquosas em carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo foi determinada a partir de testes experimentais variando a concentração inicial das soluções aquosas contendo fenol e mantendo todas as outras variáveis de processo constantes. As concentrações iniciais utilizadas variaram de 10 a 200  $\text{mg L}^{-1}$ . As condições experimentais utilizadas foram o pH da solução igual a 2, 0,05 g de material adsorvente, velocidade de agitação de 150 rpm e temperatura de processo igual a 25°C. Os testes aqui descritos foram realizados em triplicata.

#### *Estimação dos parâmetros cinéticos e de equilíbrio*

A função objetivo MPSD, Equação 11, foi utilizada na estimação dos parâmetros cinéticos, de equilíbrio e termodinâmicos. Esta função avalia a distribuição do erro entre os dados experimentais e os preditos pelos modelos. A validade dos modelos em relação a descrição dos dados experimentais foi estimada a partir do coeficiente de determinação, Equação 12. As funções objetivo foram otimizadas no software GAMS (General

Algebraic Modelling System) e Solver CONOPT via programação matemática não linear (NLP).

$$MPSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [(Y_{exp} - Y_{mod}) / Y_{exp}]^2}{N - P}} \times 100$$

(Eq. 11)

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{mod} - \bar{Y}_{exp})_i^2}{\sum_{i=1}^N (Y_{mod} - \bar{Y}_{exp})_i^2 + \sum_{i=1}^N (Y_{mod} - Y_{exp})_i^2}$$

(Eq. 12)

Em que:  $Y_{mod}$  e  $Y_{exp}$  correspondem, respectivamente, aos valores da variável dependente predito pelo modelo e obtido experimentalmente;  $\bar{Y}_{exp}$  representa a média dos valores da variável dependente obtidos experimentalmente; N corresponde ao número de dados experimentais; e P a quantidade de parâmetros existentes no modelo utilizado para descrever os dados experimentais.

#### Caracterização do material

A caracterização do carvão ativado utilizado nos testes de remoção de fenol de soluções aquosas foi realizada a partir das análises de determinação da área superficial específica e volume de poros, MEV e a análise química FRX.

#### Determinação da área superficial e volume dos poros

A determinação da área superficial e volume dos poros do carvão ativado foi realizada em um analisador de área superficial, volume e distribuição de poros Micromeritics, modelo ASAP 2020 usando a adsorção  $N_{2(g)}$  a 77 K. Foi utilizado o princípio de Brunauer-Emmett-Teller (BET), segundo Jaguaribe et al. (2005), na determinação das características texturais do adsorvente.

#### Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Foram obtidas as micrografias de varredura eletrônica do carvão ativado antes do processo de adsorção. As análises foram feitas em microscópio eletrônico de varredura LEO 1430 VP, sob vácuo, com aceleração de feixe de 5 kV. Todas as amostras foram previamente metalizadas com ouro (espessura média de 11 nm). Esta análise se justifica para verificar visualmente a forma e estrutura do adsorvente.

#### Fluorescência de Raios X (FRX)

A composição química do adsorvente antes da adsorção foi determinada através da análise química de Fluorescência de Raios X. A amostra de adsorvente foi previamente misturada com ácido bórico e em seguida prensada, obtendo-se uma pastilha consistente. Em seguida a amostra foi colocada em uma cubeta e inserida no espectrofotômetro FRX Bruker S8 Tiger para que a análise química fosse realizada.

#### Resultados e Discussão

##### Determinação do pH do ponto de carga zero (pH<sub>pcz</sub>)

A Figura 1 ilustra o gráfico de  $(pH_{final} - pH_{inicial})$  em função do  $pH_{inicial}$  para o carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo. Pode-se afirmar que, o adsorvente possui uma superfície ácida, pois o  $pH_{pcz}$  obtido experimentalmente é de, aproximadamente, igual a 2. Este resultado sugere que, a superfície do carvão ativado seja caracterizada por uma elevada quantidade de grupos funcionais ácidos em detrimento dos grupos básicos.

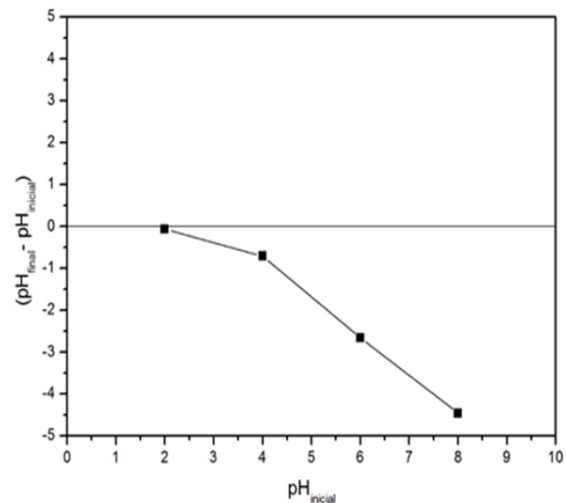


Figura 1. Ponto de carga zero (pH<sub>pcz</sub>) do carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo.

Em soluções com pH inferior a 2, a superfície do carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo está carregada positivamente, favorecendo a sorção de espécies aniônicas a fim de balancear as cargas positivas presentes em sua superfície. Por outro lado, em soluções cujo pH é superior a 2, a superfície do adsorvente está carregada negativamente, sorvendo preferencialmente espécies catiônicas como também observado por Dabrowski et al. (2005).

### Influência do pH na remoção de fenol

A Figura 2 ilustra os resultados obtidos para a remoção de fenol de soluções aquosas em função da variação de pH.

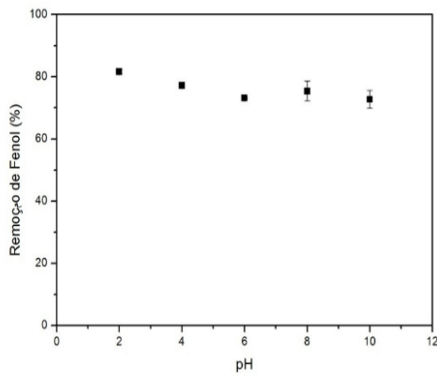


Figura 2. Efeito do pH na remoção de fenol de soluções aquosas.

De acordo com os resultados ilustrados na Figura 2, o aumento do pH não leva a um aumento na remoção de fenol de soluções aquosas, sendo a máxima remoção obtida em pH igual a 2, cujo valor é de aproximadamente 81,6%, indicando que o carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá amarelo é eficiente na remoção de fenol de soluções aquosas. É válido ressaltar que, a diferença entre a máxima e a mínima remoção de fenol obtida em função do pH é de 10,88%.

O fenol estará completamente dissociado em soluções aquosas quando o pH da mesma for próximo de 10, pois seu  $pK_a$  a 25°C é aproximadamente 9,89, logo, à medida em que o pH diminui o grau de ionização do fenol também decresce (DABROWSKI et al., 2005). O carvão ativado utilizado nos testes de remoção de fenol apresenta  $pH_{pzc}$  igual a 2, neste pH a superfície do adsorvente possui carga nula. De acordo com o que foi explicitado anteriormente e que a maior remoção de fenol foi obtida em pH igual a 2, pode-se afirmar que, a adsorção de fenol de soluções aquosas em carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá não é significativamente influenciada pela carga superficial do adsorvente.

### Efeito do tempo de contato na remoção de espécies fenólicas – cinética de adsorção

Os resultados obtidos para a remoção de fenol de soluções aquosas em carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá amarelo como uma função do tempo estão representados na Figura 3. O tempo de equilíbrio para esse processo é de 120 min, indicando que o equilíbrio de adsorção é atingido rapidamente.

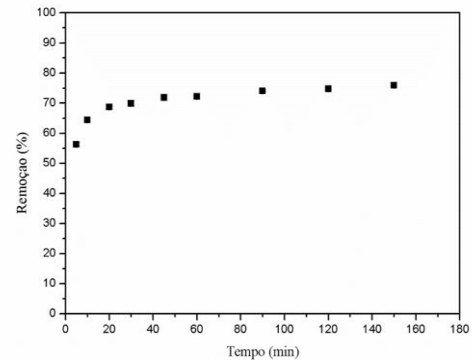


Figura 3. Efeito do tempo de contato na remoção de fenol de solução aquosa utilizando como adsorvente carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*).

A Figura 4 ilustra os valores experimentais da cinética de adsorção do processo de adsorção estudado neste trabalho.

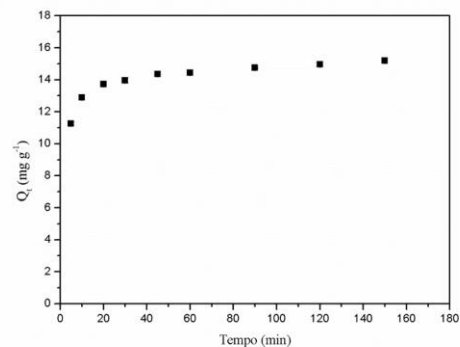


Figura 4. Cinética de adsorção de fenol de soluções aquosas em carvão ativado.

Os dados presentes na Tabela 1 ilustram os valores dos parâmetros dos modelos de pseudoprimeira e pseudosegunda ordem na modelagem da cinética de adsorção de fenol em carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá.

Tabela 1. Parâmetros dos modelos cinéticos de pseudoprimeira e pseudosegunda ordem ajustados aos dados cinéticos experimentais de adsorção de fenol de soluções aquosas

Parâmetro	Pseudoprimeira ordem	Pseudosegunda ordem
$K_1$ ( $\text{min}^{-1}$ )	0,280	-
$K_2$ ( $\text{g mg}^{-1} \text{min}^{-1}$ )	-	0,039
$Q_{e,\text{teórico}}$ ( $\text{mg g}^{-1}$ )	14,435	14,999
$r^2$	0,8372	0,9792

A capacidade de adsorção no tempo de equilíbrio ( $Q_{e,\text{exp}}$ ) obtida experimentalmente para a cinética de adsorção de fenol é de 14,96  $\text{mg g}^{-1}$ , comparando esse valor com os valores teóricos obtidos a partir dos modelos de pseudoprimeira e pseudosegunda ordem (Tabela 1). Observa-se que ambos os modelos fornecem valores concordantes para esse parâmetro, pois a diferença percentual entre o valor experimental e os valores obtidos a partir dos modelos matemáticos é inferior a 3,5%, sendo o modelo de pseudosegunda ordem aquele que forneceu um valor de capacidade de adsorção no tempo de equilíbrio com menor diferença percentual, aproximadamente 0,3%.

Todos os modelos utilizados apresentam coeficientes de determinação maior que 0,8, podendo ser classificados como representativos aos dados experimentais. O modelo de pseudosegunda ordem apresenta coeficiente de determinação mais próximo de 1, sendo mais representativo aos dados experimentais em detrimento do modelo de pseudoprimeira ordem.

A Figura 5 ilustra os dados cinéticos experimentais e a descrição desses dados a partir dos modelos de pseudoprimeira e pseudosegunda ordem.

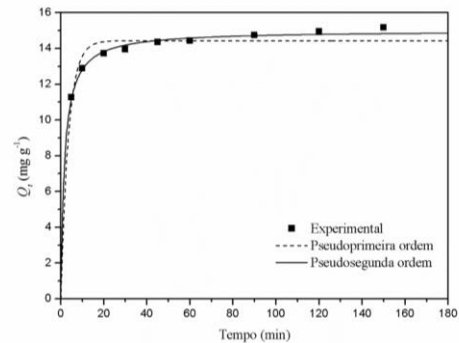


Figura 5. Modelos de pseudoprimeira e pseudosegunda ordem ajustados aos dados cinéticos experimentais.

A Tabela 2 fornece os valores dos parâmetros do modelo de difusão intrapartícula referentes ao ajuste deste modelo aos dados cinéticos do processo de adsorção de fenol em carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá amarelo.

Tabela 2. Parâmetros dos modelos cinéticos de pseudoprimeira e pseudosegunda ordem ajustados aos dados cinéticos experimentais de adsorção de fenol de soluções aquosas

Parâmetro	Modelo de difusão intrapartícula
$K_{\text{Dif}}$ ( $\text{mg g}^{-1} \text{min}^{-1/2}$ )	0,344
$C$ ( $\text{mg g}^{-1}$ )	11,508
$r^2$	0,8104

A Figura 6 expõe os dados cinéticos experimentais para o processo de adsorção de fenol e a descrição desses dados pelo modelo de difusão intrapartícula.

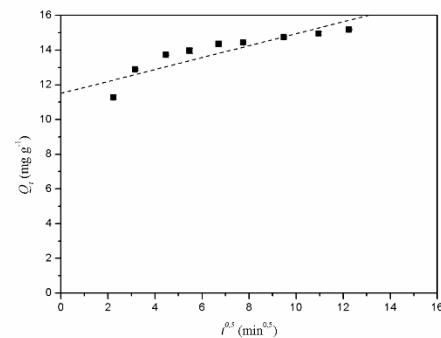


Figura 6. Modelo de difusão intrapartícula ajustado aos dados cinéticos experimentais de adsorção de fenol de soluções aquosas.

Analisando a Figura 6, pode-se afirmar que os dados experimentais de  $Q_t$  em função de  $t^{0,5}$  não apresentam um formato linear. Dessa forma, segundo reportado por Lorenc-Grabowska et al. (2013), pode-se considerar que a difusão intrapartícula não controla de maneira exclusiva a cinética de adsorção, logo outros possíveis fatores que controlam a taxa global de adsorção devem ser considerados.

Diante do exposto é plausível afirmar que, dentre os modelos utilizados neste trabalho o de pseudosegunda ordem é o que melhor descreve os dados experimentais. Cheng et al. (2016), Lorenc-Grabowska et al. (2013), Qian et al. (2009), e Mohanty et al. (2006), explicitaram em seus respectivos trabalhos que, a adsorção de fenol de soluções aquosas foi melhor descrita pelo modelo de pseudosegunda ordem, corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

Como o modelo de pseudosegunda ordem não possui um embasamento físico bem definido, e foi explicitado que a difusão intrapartícula não controla de maneira exclusiva a taxa global de adsorção, sugere-se que a cinética de adsorção de fenol em carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo não é controlada exclusivamente por apenas um mecanismo, e sim pela contribuição significativa da taxa de adsorção nos sítios ativos do adsorvente e da difusão intrapartícula da taxa global de adsorção.

#### Equilíbrio de adsorção

Os dados experimentais de equilíbrio para a adsorção de fenol de soluções aquosas em carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá amarelo (*Passiflora edulis*) estão apresentados na Figura 7.

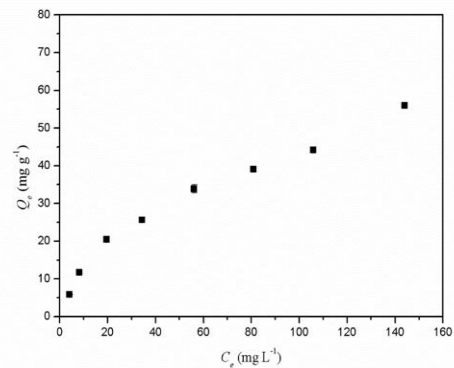


Figura 7. Dados experimentais do equilíbrio de adsorção de fenol em carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá amarelo.

A forma da isoterma de adsorção pode fornecer informações importantes sobre as interações entre o adsorvato e a superfície do adsorvente (DABROWSKI et al., 2005). De acordo com Giles et al. (1960), as isotermas de adsorção de solutos orgânicos são divididas em quatro classes principais, baseada na configuração da parte inicial da isoterma (classes S, L, H e C). Os subgrupos pertencentes a cada classe estão relacionados com o comportamento da isoterma em altas concentrações.

A Tabela 3 ilustra os valores desses parâmetros para o equilíbrio de adsorção de fenol. Os modelos de Langmuir e Freundlich apresentam coeficiente de determinação superior a 0,9, e dessa forma podem ser considerados representativos aos dados experimentais de equilíbrio. A Figura 8 ilustra o ajuste desses modelos aos dados experimentais de equilíbrio.

Tabela 3. Parâmetros referentes ao ajuste das isotermas de Langmuir e Freundlich aos dados experimentais de equilíbrio de adsorção de fenol em carvão ativado

Parâmetro	Langmuir		Freundlich	
	Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
$Q_m$ (mg g <sup>-1</sup> )		59,973	$K_f$ (mg g <sup>-1</sup> )(L mg <sup>-1</sup> ) <sup>1/n</sup>	2,878
$K_L$ (L mg <sup>-1</sup> )		0,026	n	1,661
$R_L$		0,161	$r^2$	0,9858
$r^2$		0,9500	FO*	11,302
FO*		8,999		

\*FO: Valor referente a minimização da função objetivo.

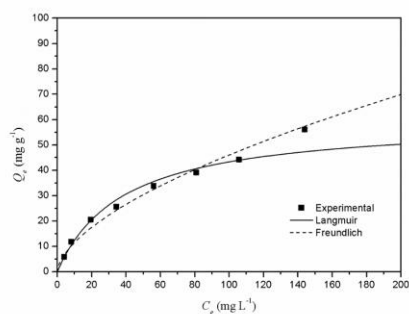


Figura 8. Modelos de Langmuir e Freundlich ajustados aos dados experimentais de equilíbrio de adsorção de fenol de soluções aquosas.

O parâmetro  $R_L$  de Langmuir fornece informações sobre a espontaneidade do processo, assim como o parâmetro  $n$  de Freundlich. O valor obtido para  $R_L$  está entre 0 e 1, indicando uma tendência espontânea na adsorção de fenol. O mesmo pode-se afirmar sobre  $n$ , seu valor está entre 1 e 10, o que atesta também para um processo favorável. Então, é

coerente afirmar que, o processo de adsorção estudado neste trabalho tende a ser espontâneo. A confirmação de que o processo de adsorção de fenol é espontâneo, como indica os parâmetros de Freundlich e Langmuir, deve ser realizada a partir de estudos termodinâmicos do processo.

O parâmetro  $K_f$  está relacionado com a capacidade de adsorção, porém não fornece seu valor exato, quanto maior o valor do  $K_f$  maior será a capacidade de adsorção do material. Segundo o modelo de Langmuir, é possível formar apenas uma camada de adsorvato sobre superfície do adsorvente, ou seja, há uma quantidade máxima que pode ser adsorvida. O valor obtido para a capacidade máxima de adsorção de Langmuir foi 59,973 mg de fenol por grama de carvão ativado.

A Tabela 4 traz a capacidade máxima de adsorção de outros materiais utilizados na remoção de fenol de soluções aquosas, e faz uma comparação com os valores de  $Q_m$  obtidos para o carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo.

Tabela 4. Comparação entre as capacidades máximas de adsorção de alguns adsorventes para o processo de adsorção de fenol de soluções aquosas

Adsorvente	$Q_m$ (mg g <sup>-1</sup> )	T (°C)	Referência
Carvão natural	18,8	25	Ahmaruzzaman e Sharma (2005)
Coque de petróleo	6,0	25	Ahmaruzzaman e Sharma (2005)
Casca de arroz	4,5	25	Ahmaruzzaman e Sharma (2005)
Casca de arroz carbonizada	7,9	25	Ahmaruzzaman e Sharma (2005)
Amberlyst A26	23	25	Ortega et al. (2016)
Amberlite IRA-67	8,3	25	Ortega et al. (2016)
Zeolita Natural	32,63	25	Rushdi et al. (2011)
Argila Natural	11,09	25	Djebbar et al. (2012)
Carvão ativado produzido a partir de madeira de eucalipto	60,0	25	Tancredi et al. (2004)
Carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo	59,973	25	Presente estudo

O elevado valor de capacidade máxima de adsorção apresentado pelo carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo em relação aos adsorventes ilustrados na Tabela 4, está relacionado com sua área superficial específica e estrutura porosa. Logo, sugere-se que esse adsorvente possua valores elevados de área superficial e volume de poros.

#### Determinação da área superficial e volume dos poros

A Tabela 5 ilustra as propriedades físicas do carvão ativado a partir da casca de maracujá amarelo.

Tabela 5. Propriedades físicas do carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo (*Passiflora edulis*)

Propriedades	Valores
Área superficial específica ( $S_{BET}$ ) ( $m^2 g^{-1}$ )	464,4830
Volume total de poros ( $cm^3 g^{-1}$ )	0,2880
Tamanho médio das partículas (nm)	12,918
Diâmetro médio dos poros (nm)	3,173

O carvão ativado apresenta uma área superficial específica ( $S_{BET}$ ) de  $464,4830 m^2 g^{-1}$ , (Tabela 5). Segundo Inglezakis e Pouloupoulos (2006), os carvões ativados comerciais apresentam, geralmente, área superficial entre  $300$  e  $1500 m^2 g^{-1}$ , logo o carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo apresenta área superficial específica dentro dessa faixa, indicando que a obtenção do carvão se enquadra nos processos convencionais de produção. O material apresenta volume total de poros igual a  $0,2880 cm^3 g^{-1}$ .

O tamanho médio das partículas e o diâmetro médio dos poros para o carvão são, respectivamente,  $12,918$  e  $3,173 nm$ . De acordo com Inglezakis e Pouloupoulos (2006), o material

poroso pode ser dividido em três classes de acordo com o diâmetro ( $d$ ) dos poros: macroporoso ( $d > 50 nm$ ), mesoporoso ( $2 < d < 50 nm$ ) e microporos ( $d < 2 nm$ ). De acordo com essa classificação, o carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo é predominantemente mesoporoso.

#### Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As características morfológicas do carvão ativado produzido a partir da casca de maracujá amarelo antes do processo de adsorção de fenol de soluções aquosas são ilustradas na Figura 9, que correspondem às micrografias de varredura eletrônica do material.

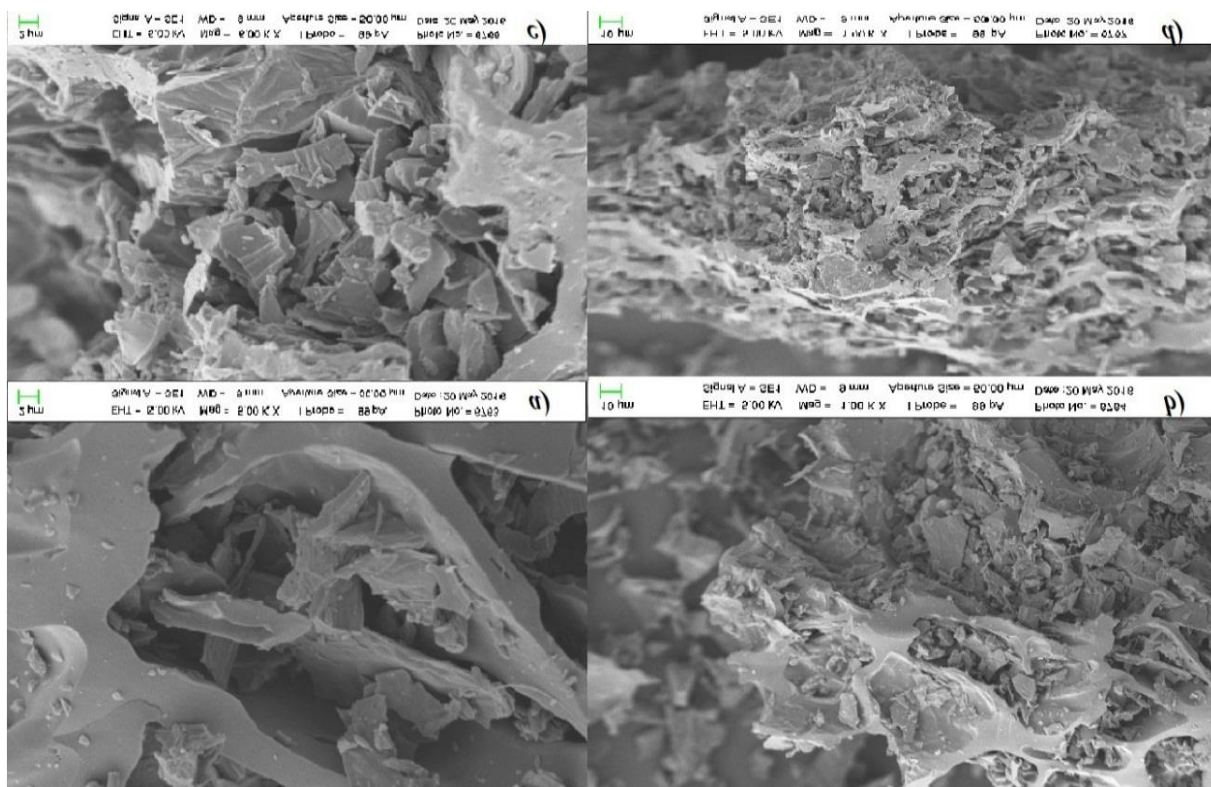


Figura 9. Micrografias de varredura eletrônica do carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo antes do processo de adsorção ampliada  $5000\times$  (a),  $1000\times$  (b),  $5000\times$  (c) e  $1000\times$  (d).



Ao analisar a Figura 9, nota-se que o material possui uma superfície extremamente irregular e porosa, indicando a presença de uma área superficial específica razoavelmente elevada e como consequência um potencial adsorptivo satisfatório. Observa-se que, o carvão ativado apresenta uma área superficial específica ( $S_{BET}$ ) de 464,4830 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>,

corroborando assim com a análise discutida sobre as características morfológicas deste material.

#### *Fluorescência de Raios X (FRX)*

A Tabela 6 ilustra as porcentagens em massa dos principais óxidos constituintes da amostra de carvão.

Tabela 6. Composição química do carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo obtida através da técnica de Fluorescência de Raio X (FRX)

Elementos	Composição dos óxidos do CA-2 (%)
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	92,58
CaO	3,20
SO <sub>3</sub>	1,89
MgO	1,07
SiO <sub>2</sub>	0,74
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,38
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15

A análise dos resultados presentes na Tabela 6 indicam a presença do fósforo como principal constituinte inorgânico do carvão ativado produzido a partir da casca do maracujá amarelo. Tal elemento foi utilizado como agente ativante durante o processo de produção do carvão, e, segundo Gondim et al. (2005), o fósforo é o principal micronutriente presentes na casca do maracujá amarelo, logo a composição majoritária deste elemento no carvão ativado é justificável. Os elementos ferro, cálcio e magnésio são micronutrientes absorvidos pelo material precursor (maracujá amarelo) durante sua formação e se mantiveram no carvão ativado após seu processo de produção.

#### **Conclusão**

Foi possível concluir que, o comportamento adsorptivo de fenol em carvão ativado sintetizado a partir da casca do maracujá amarelo foi satisfatório. A maior remoção de fenol obtida foi 81,6%, em pH igual a 2. O aumento do pH da solução não levou à um aumento na remoção de fenol de soluções aquosas.

O tempo de equilíbrio para a adsorção de fenol de soluções aquosas foi de 120 min, indicando uma rápida saturação do adsorvente. A cinética do processo de adsorção de fenol foi melhor descrita pelo modelo de pseudosegunda ordem. Os dados do equilíbrio de adsorção foram descritos satisfatoriamente pelos modelos de Langmuir e Freundlich, ambos apresentando coeficiente de determinação superior a 0,9. A capacidade máxima de

adsorção, segundo o modelo de Langmuir, foi de aproximadamente 59,97 mg de fenol por grama de carvão ativado.

#### **Referências**

- AHMARUZZAMAN, M.; SHARMA, D. K. Adsorption of phenols from wastewater. *Journal of Colloid Interface Science*, v.287, n.1, p.14- 24, 2005.
- ALTUN, T.; PEHLIVAN, E. Removal of Cr(VI) from aqueous solutions by modified walnuts shells. *Food Chemistry*, v.132, n.5, p.693-700, 2012.
- BALCHIR, M; SALAH, M. M.; EL-FALA, B. Z.; SOULDARD, M. Possibility of adsorption of phenols on one natural bentonite. In: *Conférence International des Sciences des Matériaux (CSM 8)*, 2014, Beyrouth (Liban). *Physics Procedia*, v.55, n.1, p.356-366, 2014.
- BEKER, U.; GANBOLD, B.; DERTLI, H.; GULBAYIR, D. D. Adsorption of phenol by active carbon: Influence of active methods and solution pH. *Energy Conversion and Management*, v.51, n.1, p.235-240, 2010.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução nº 430 do CONAMA, Brasília, DF, 2011. 8p.
- CARMONA, M.; LUCAS, A.; VALVERDE, J. L.; VELASCO, B.; RODRÍGUES, J. F. Combined adsorption and ion Exchange equilibrium of phenol on Amberlite IRA-420. *Chemical Engineering Journal*, v.117, n.2, p.115-160, 2006.
- CHENG, W. P.; GAO, W.; CUI, X.; MA, J. H.; LI, R. F. Phenol adsorption equilibrium and kinetics on zeolite X/activated carbon composite. *Journal of*

- the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v.62, n.1, p.192-198, 2016.
- DABROWSKI, A.; PODKOSCIENLNY, P.; HUBICKI, Z.; BARCZAK, M. Adsorption of phenolic compounds by activated carbon: a critical review. *Chemosphere*, v.58, n.8, p.1049-1070, 2005.
- DJEBBAR, M.; DJAFRI, F.; BOUCHEKARA, M.; DJAFRI, A. Adsorption of phenol on natural clay. *Afr. J. Pure Appl. Chem.*, v.6, n.2, p.15-25, 2012.
- FOO, K. Y.; HAMEED, B. H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems. *Chemical Engineering Journal*, v.156, n.1, p.2-10, 2010.
- GILES, C. H.; MACEWAN, T. H.; NAKHWA, S. N.; SMITH, D. Studies in adsorption. Part XI. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis mechanisms and in measurement of specific surface area of solids. *Journal of the Chemical Society*, v.14, n.1, p.3973-3993, 1960.
- GILES, C. H.; SMITH, D.; HUITSON, A. A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm: I, Theoretical. *Journal of Colloid Interface Science*, v.47, n.3, p.755-765, 1974.
- GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L. S.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. *Ciência e Tecnologia Alimentos*, v.25, n.4, p.825-827, 2005.
- GUILARDUCE, V. V. S.; MESQUITA, J. P.; MARTELLI, P. B.; GORGULHO, H. F. Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. *Química Nova*, v.29, n.6, p.1226-1232, 2006.
- INGLEZAKIS, V. J.; POULOPOULOS, S. G. Adsorption, ion Exchange and catalysis: Design of operations and environmental applications. Elsevier, 6ª edição, 2006.
- JAGUARIBE, E. F.; MEDEIROS, L. L.; BARRETO, M. C. S.; ARAUJO, L. P. The performance of activated carbons from sugarcane bagasse, babassu, and coconut shells in removing residual chlorine. *Brazilian Journal of Chemical Society*, v.22, n.1, p.41-47, 2005.
- KUMAR, S.; ZAFAR, M.; PRAJAPATI, J. K.; KUMAR, S.; KANNEPALLI, S. Modeling studies on simultaneous adsorption of phenol and resorcinol onto granular active carbon from simulated aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, v.185, n.1, p.287-294, 2011.
- LORENC-GRABOWSKA, E.; GRYGLEWICZ, G.; DIEZ, M. A. Kinetics and equilibrium study of phenol adsorption on nitrogen-enriched active carbons. *Fuel*, v.114, n.1, p.235-243, 2013.
- LTIFI, I.; AYARI, F.; CHEHIMI, D. B. H.; AYADI, M. T. Physicochemical characteristics of organophilic clays prepared using two organo-modifiers: alkylammonium cation arrangement models. *Applied Water Science*, v.8, n.1, p.91, 2018.
- MOHAMMED, A. E.; JARULLAH, A. T.; GHENI, S.A.; MUJTABA, I. M. Optimal design and operation of an industrial three phase reactor for the oxidation of phenol. *Computers and Chemical Engineering*, v.94, n.1, p.257-271, 2016.
- MOHANTY, K.; DAS, D.; BISWAS, M. N. Preparation and characterization of activated carbons from *Sterculia alata* nutshell by chemical activation with zinc chloride to remove phenol from wastewater. *Adsorption*, v.12, n.1, p.119-132, 2006.
- ORTEGA, M. D. V.; PULIDO, J. M. O.; FÉREZ, A. M. Phenols removal from industrial effluents through novel polymeric resins: Kinetics and equilibrium studies. *Separation and Purification Technology*, v.160, n.1, p. 136-144, 2016.
- PEREZ, R. O.; RAMOS, R. L.; BARRON, J. M.; CORONADO, R. M. G. Adsorption rate of phenol from aqueous solution onto organobennite: Surface diffusion and kinetic models. *Journal of Colloid and Interface Science*, v.364, n.1, p.195-204, 2011.
- QIAN, Q.; CHEN, Q.; MACHIDA, M.; TATSUMOTO, H.; MOCHIDZUKI, K.; SAKODA, A. Removal of organic contaminants from aqueous solution by cattle manure compost (CMC) derived activated carbons. *Applied Surface Science*, v.255, n.12, p.6107-6114, 2009.
- RUSHDI, R. I.; EL-ESWEDB, B.; AL-MUHTASEB. Adsorption characteristics of natural zeolites as solid adsorbents for phenol removal from aqueous solutions: kinetics mechanism, and thermodynamic studies. *Chemical Engineering Journal*, v.171, n.3, p.1143-1149, 2011.
- TANCREDI, N.; MEDERO, N.; MOLLER, F.; PÍRIZ, J.; PILADA, C.; CORDERO, T. Phenol adsorption onto powdered and granular activated carbon, prepared from Eucalyptus wood. *Journal of Colloid and Interface Science*, v.279, n.2, p.357-363, 2004.
- VÉLEZ-LEE, A. E.; CORDOVA-LOZANO, F.; BANDALA, R. E. Cloning and expression of *vgb* gene in *Bacillus cereus*, improve phenol and p-nitrophenol biodegradation. *Physics and Chemistry of the Earth*, v.91, n.1, p.38-45, 2016.
- VIJAYARAGHAVAN, K.; PADMESH, T.V.N.; PALANIVELU, K.; VELAN, M. Biosorption of nickel (II) ions onto *Sargassum wightii*: application of two-parameter and three

parameter isotherm models. Journal of Hazardous Materials, v.133(B), n.1-3, p.304-308, 2006.

WEBER, W. J.; MORRIS, J. C. Kinetics of adsorption on carbon from solutions. Journal of Sanitary Engineering, Division ASCE, v.89, n.2, p.31-60, 1963.

*Capítulo 6*

**ESTUDO REOLÓGICO E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA DE CENOURA**

**Virgínia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>**

**Newton Carlos Santos<sup>2</sup>**

**Sâmela Leal Barros<sup>3</sup>**

**Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>4</sup>**

**Márcia Ramos Luiz<sup>5</sup>**

**Eliélson Rafael Barros<sup>6</sup>**

**Neyliane Costa de Souza<sup>7</sup>**

<sup>1,4</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande - PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor\_herbert@hotmail.com

<sup>2,3</sup>Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande - PB, newtonquimicoindustrial@gmail.com; samelaleal7@gmail.com

<sup>5,7</sup>Dra. Professora Titular do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba, UEPB/CCT/DESA/Campus Campina Grande - PB, maricarluiz@yahoo.com.br; neylianecs@gmail.com

<sup>6</sup>Aluno de graduação em Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CDSA/Campus Sumé - PB, elielsonrafael@gmail.com

**Introdução**

A tecnologia alimentícia tinha como objetivo apenas desenvolver alimentos para o consumo humano, porém atualmente há também a necessidade de buscar constantemente a produção de alimentos com qualidade elevada, garantindo a segurança dos consumidores. Esta mudança ocorreu, pois além de serem utilizados como veículo de promoção do bem estar e saúde, os alimentos passaram a ser vistos como redutores dos riscos de algumas doenças, o que tem incentivado as pesquisas de componentes naturais e o desenvolvimento de novos ingredientes que possibilitam a inovação no setor alimentício. No entanto, o consumo de hortaliças no Brasil representa menos da metade das recomendações diárias para este tipo de alimento, e este fato se agrava ainda mais em famílias de baixa renda. Outro fator que também diminui o consumo de hortaliças é que, tais alimentos não são apreciados sensorialmente, principalmente pelo público infantil, e tendem a ser ingeridos em quantidades insuficientes (CRUZ et al., 2015).

As frutas e os vegetais de maneira geral, apresentam alto valor nutricional e são considerados como importantes fontes minerais, fibras e outras substâncias bioativas, como compostos fenólicos, glicosinatos e carotenoides. Além de apresentarem baixa densidade energética, o que torna o seu consumo em níveis adequados, um importante fator protetor para a morbidade (doenças cardiovasculares, hipertensão, diabetes e

alguns tipos de câncer) e mortalidade (SILVA et al., 2016; CANELLA et al., 2018).

Atualmente, observa-se uma crescente demanda por produtos prontos para consumo, porém há também, uma tendência relacionada a busca por alimentos mais naturais e nutritivos. Conhecendo estes fatos, a agroindústria visa desenvolver novos produtos que atendam a demanda existente, razão pela qual observa-se o crescimento produtivo de vegetais minimamente processados, que apresentam como vantagem a facilidade de preparo e/ou consumo, menor espaço para armazenamento, disponibilidade de venda em porções menores e conseqüente redução do desperdício. Porém, os vegetais submetidos ao processamento mínimo sofrem injúrias teciduais que podem resultar em perdas nutricionais. Podem-se elucidar diversos exemplos de modificações físico-químicas após o processamento mínimo, tais como a produção de etileno, perda de água e escurecimento enzimático (FAI et al., 2015; SILVA et al., 2016).

Por possuir um alto rendimento, versatilidade e ampla adaptabilidade à diferentes condições de cultivo, a cenoura é dos vegetais mais relevantes no mundo. Com uma produção anual de aproximadamente 30 milhões toneladas, e uma área total de crescimento de cerca de 1,5 milhão de hectares no mundo, as cenouras estão entre as dez principais culturas de hortaliças, e os principais produtores são os Estados Unidos, a China e a Rússia que são responsáveis por 34% da produção global. No Brasil, durante a colheita de

cenoura, ocorre perda em torno de 15% da produção devido, principalmente, as características de má formação das raízes, o que dificulta a venda in natura do produto. Pode ser consumido como produto fresco ou processado, apresentando-se em suas variadas formas como cubos, fios, palito, ralada, fatiada, mini cenoura, ou como matéria-prima no processamento de outros produtos alimentícios como sucos, massas, bolos e molhos (FERNANDES et al., 2014; DAWID et al., 2015; SILVA et al., 2016).

A cenoura (*Daucuscarota L.*) é a principal hortaliça que pertence ao grupo das raízes tuberosas da família Apiaceae, que inclui outras hortaliças, como mandioquinha-salsa, aipo, funcho, salsa, coentro, entre outras plantas medicinais ou especiarias. Possui elevado valor nutricional, apresentando em sua composição carboidratos, fibras alimentares, proteínas, lipídios, minerais (cálcio, magnésio, potássio, sódio, fósforo, manganês, ferro, cobre e zinco), vitamina C e carotenoides, dentre eles o  $\beta$ -caroteno que é encontrado em abundância e é considerado como precursor da vitamina A. O consumo desta hortaliça apresenta portanto diversos benefícios para a saúde humana, contribuindo por exemplo para o melhor funcionamento do intestino, controle do colesterol, bom desenvolvimento fetal, aumento da imunidade do organismo e prevenção de doenças como o carcinogênese cervical por indução da apoptose de células malignas, cegueira noturna, e diminuição no risco de desenvolvimento do diabetes mellitus (CRUZ et al., 2015; IORIZZO et al., 2016; SILVA et al., 2016; SILVA et al., 2017).

No processo produtivo de polpas, é imprescindível que haja o conhecimento das propriedades físicas e químicas do produto, sendo o comportamento reológico uma das principais propriedades pois é uma ferramenta importante no controle de qualidade e aceitabilidade do produto. O estudo do comportamento reológico consiste em aplicar uma força na amostra a ser investigada e medir sua deformação, ou aplicar uma deformação e medir sua resistência ao escoamento. Pode ser utilizado também para a execução de projetos, através da avaliação e operação dos equipamentos da linha de processos dos alimentos, modelagem de processos produtivos, determinação do comportamento do fluxo, tendo o escoamento fator determinante na concepção e no desenvolvimento de equipamentos, tais como bombas, sistemas de agitação e tubulações. O desconhecimento de

dados pode acarretar em erros no desenvolvimento dos produtos e dos processos (SILVA et al., 2015; FEITOSA et al., 2018).

A descrição do comportamento reológico é efetuada por meio da aplicação de modelos empíricos e semiempíricos à dados experimentais, e são usados com o objetivo de relacionar a tensão de cisalhamento com a taxa de deformação para um determinado fluido, e assim permitir o tratamento analítico do escoamento desses materiais. Existem inúmeras equações que descrevem o comportamento não newtoniano de fluidos e, entre as mais utilizadas, encontram-se os modelos de Ostwald-de-Waelle, Herschell-Buckley e Mizrahi Berk. Através destes conhecimentos, torna-se possível a adequação do controle do processo nas linhas de produção, projeto e o dimensionamento dos processos (SOUZA et al., 2017).

Fluidos newtonianos são caracterizados por não apresentarem alteração de viscosidade devido a variação da taxa de cisalhamento, enquanto os fluidos não newtonianos podem ser classificados conforme a variação de sua viscosidade aparente em função da taxa de deformação: pseudoplásticos que tendem a diminuir a viscosidade aparente conforme aumenta a taxa de deformação e os dilatantes tendem a aumentar a viscosidade aparente conforme se aumenta a taxa de deformação (MOURA et al., 2016).

Diante deste contexto, o presente estudo tem como objetivo caracterizar físico-quimicamente a polpa de cenoura e avaliar as suas propriedades reológicas testadas em 3 diferentes temperaturas, e ajustar os dados experimentais aos modelos reológicos verificando qual melhor se ajusta.

## Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), localizado no Centro de Recursos Naturais e Tecnologia (CTRN) na Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – Paraíba.

### Matéria-prima

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizadas cenouras (*Daucuscarota L.*) adquiridas na feira central da cidade de Campina Grande. As cenouras inicialmente foram selecionadas, lavadas em água corrente, sanitizadas em água clorada a 2,5%, e em seguida enxaguadas com água corrente da rede de abastecimento. As cenouras foram

descascadas e trituradas para obtenção de um polpa homogênea.

#### Comportamento reológico

Para determinação do estudo reológico da polpa de cenoura *in natura*, utilizou-se um viscosímetro Brookfield modelo DV II + Pro, para efetuar as leituras dos valores de viscosidade aparente e porcentagem de torque e temperaturas de 5, 10 e 20°C, medidas com o auxílio de um termostato, à pressão atmosférica ambiente, em diferentes velocidades de rotações. Para transformar as leituras dos torques em medidas reológicas, utilizou-se a metodologia proposta por Mitschka (1982).

Com os dados de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação, foram traçados os reogramas e ajustados os modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley e Bingham, utilizando-se o programa Statistica versão 8.0 juntamente com as Equações 1, 2 e 3 de Ostwald-de-Waelle, Herschel-Bulkley e Bingham, respectivamente.

$$\tau = k \gamma^n \quad (\text{Eq.1})$$

$$\tau - \tau_{0H} = K_H \gamma^{nH} \quad (\text{Eq.2})$$

$$\tau = \tau_0 + \mu_p \gamma \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:  $\tau$  é a tensão de cisalhamento (Pa);  $\tau_{0H}$  é tensão de cisalhamento inicial do modelo de Herschel Bulkley (Pa);  $\gamma$  é a taxa de deformação ( $s^{-1}$ );  $K$ ,  $K_H$  são os índices de consistência ( $Pa \cdot s^n$ );  $\mu_p$  é a viscosidade;  $n$  é o índice de comportamento do fluido (adimensional).

Para avaliar o ajuste dos modelos reológicos aos dados experimentais, foram calculados os valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio médio percentual (P%) (Equação 4).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{n=1}^n \left| \frac{X_{obs} - X_{pre}}{X_{obs}} \right| \quad (\text{Eq.4})$$

Em que:  $P$  é o desvio percentual médio (%);  $X_{obs}$  é o valor experimental;  $X_{pre}$  é o valor previsto pelo modelo;  $n$  é o número de dados experimentais.

#### Caracterização físico-química

A polpa de cenoura *in natura* foi caracterizada físico-quimicamente em triplicata quanto aos parâmetros de umidade, atividade

de água, pH, acidez, sólidos solúveis totais, *ratio* (SST/ATT), proteínas e cinzas. A determinação de ácido ascórbico (Vitamina C) foi realizada através do método de Tillmans (BRASIL, 2008).

#### Métodos analíticos

O Teor de umidade foi realizado em estufa pela técnica de secagem gravimétrica a 105°C, por 24 horas.

A Atividade de Água ( $A_w$ ) foi determinada através de leitura direta da amostra na temperatura de 25°C, em higrômetro Aqua-Lab.

A medida do pH foi conduzida introduzindo-se o eletrodo do pHmetro de bancada, previamente calibrado, diretamente na amostra homogênea.

A acidez titulável foi determinada por titulometria e a Equação (5) foi usada para expressar os resultados em % de ácido cítrico.

$$\text{Acidez titulável} = \frac{v \times f \times M \times PM}{10 \times P \times n} \quad (\text{Eq.5})$$

Onde:  $v$  - volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação;  $f$  - fator de correção da solução de hidróxido de sódio;  $M$  - molaridade da solução de hidróxido de sódio;  $M$  - peso molecular do ácido correspondente em gramas;  $P$  - massa da amostra em gramas ou volume pipetado em mL;  $N$  - número de hidrogênio ionizáveis.

O Teor de sólidos solúveis totais (SST) foi determinado por refratometria, utilizando-se refratômetro digital de bancada, à temperatura ambiente, e os resultados foram expressos em °Brix.

O parâmetro *Ratio* (SST/ATT) foi calculado através da relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez titulável (SST/ATT), representando equilíbrio entre o sabor doce-ácido do produto.

O Teor de proteínas foi verificado através da quantidade de nitrogênio presente na amostra, por digestão *Kjeldahl*. As três etapas para a determinação de proteínas foram a digestão, onde a amostra foi submetida a altas temperaturas juntamente com a mistura catalítica em um digestor (marca TECNAL, modelo TE 007A); destilação realizada em destilador (marca TECNAL, modelo TE 007A) com Hidróxido de Sódio concentrado e a titulação, onde o nitrogênio foi transformado em amônia, resultando em g de protídios e se aplicando o fator de 6,25 (BRASIL, 2008).

O Teor de cinzas foi quantificado por gravimetria após incineração em mufla a 550°C.

O método se baseia na perda de peso que ocorre quando o produto é incinerado a 550°C, com destruição da matéria orgânica.

A determinação do Ácido ascórbico (vitamina C) baseou-se na redução do corante sal sódico de 2,6-diclorofenol indofenol por uma solução ácida de vitamina C. A Equação 6 foi utilizada para expressar os resultados em % de ácido ascórbico.

$$\text{Ácido ascórbico} = \frac{v \times f \times x \times 100}{m} \quad (\text{Eq.6})$$

Onde: v – volume gasto na titulação; f – fator de correção; m – massa da amostra.

### Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os parâmetros obtidos para os modelos reológicos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley e Bingham da polpa de cenoura, nas temperaturas estudadas bem como os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvio percentual médio (P%).

Tabela 1. Parâmetros reológicos da polpa de cenoura in natura

Modelos	T (°C)	Parâmetros			$R^2$	P (%)
		K (Pa.s) <sup>n</sup>	n			
Ostwald-de-Waelle	5	3,025810		0,341603	0,9953	1,26
	10	1,957472		0,393367	0,9981	0,86
	20	1,011406		0,488447	0,9949	0,95
Herschel-Bulkley		$K_H$ (Pa.s) <sup>n</sup>	$n_H$	$\tau_{OH}$ (Pa)	$R^2$	P (%)
	5	0,645732	0,582936	3,152977	0,9976	0,55
	10	1,313008	0,455417	1,306649	0,9982	0,64
	20	3,779783	0,286997	1,729070	0,9964	0,91
Bingham		$\tau_{OH}$ (Pa)		$\mu_p$	$R^2$	P (%)
	5	7,182986		0,064531	0,9913	5,23
	10	4,798175		0,063712	0,9881	4,58
	20	3,413364		0,065837	0,9790	7,80

Através dos parâmetros estatísticos, pode-se observar que, os modelos de Ostwald-de-Waele e Herschel-Bulkley apresentam os melhores ajustes, pois possuem coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 0,99 para todas as temperaturas avaliadas. No entanto, o modelo de Bingham apresenta coeficientes de determinação inferiores, apresentando variação de 0,9760 a 0,9913. Estes valores podem indicar que o modelo não apresenta um bom ajuste aos dados experimentais obtidos, e portanto, não é capaz de representar o processo de maneira eficiente.

Ao avaliar um modelo matemático, torna-se necessário verificar não somente os valores de  $R^2$ , mas se deve considerar também outros parâmetros estatísticos, como no caso o desvio percentual médio (P%). Valores superiores deste parâmetro foi observado para o modelo de Bingham no qual varia de 4,58 a 7,80%. Os menores percentuais foram observados para o modelo de Herschel-Bulkley com variação de 0,55 a 0,91%, sendo este modelo considerado como o de melhor ajuste aos dados experimentais, pois apresenta  $R^2 > 0,99$  e  $P\% < 0,91$ .

Feitosa et al. (2018) obtiveram desvios percentuais médios que variaram de 0,15 a

3,44% para o modelo de Herschel-Bulkley ao avaliarem a reologia da polpa de murta na temperatura de 25°C. Silva et al. (2005), ao determinarem os parâmetros reológicos de suco de acerola nas temperaturas de 5, 20, 35, 50, 65 e 85°C, obtiveram também os melhores ajustes com o modelo de Herschel-Bulkley, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) iguais a 0,99. Silva et al. (2017) em seus estudos reológicos com polpa mista de beterraba, cenoura e laranja nas temperaturas de 10 e 25°C concluíram que, o modelo de Herschel-Bulkley representou melhor o comportamento reológico e, por isso, foi considerado o melhor modelo em todas as temperaturas estudadas.

É possível notar no modelo de Ostwald-de-Waele e Herschel-Bulkley que, o índice de comportamento do fluido (n) apresenta-se com valores inferiores à 1 ( $n < 1$ ), caracterizando, portanto, os fluidos (polpa de cenoura) como não newtonianos e pseudoplásticos. Entretanto para  $n > 1$ , o fluido apresenta comportamento dilatante. Para este mesmo modelo observa-se que o índice de consistência (K) reduziu ao aumentar a temperatura.

Comportamento, este característico para a maioria das polpas de frutas, sendo observado também por Quek et al. (2013), em

seus estudos com polpa de graviola com a temperatura variando de 10 a 60°C, e por Oliveira et al. (2011), para as polpas de gabioba e goiaba, nas temperaturas de 20 a 35°C.

Feitosa et al. (2015) ao avaliarem a viscosidade aparente da polpa de murta integral nas temperaturas de 15, 25 e 35°C, também classificaram a polpa como sendo um fluido não-newtoniano e pseudoplástico.

Segundo Steffe (1996) e Sousa et al. (2017), a tensão de cisalhamento inicial ( $\tau_{OH}$ ) é finita, porém necessária para que o fluido comece a escoar e observa-se uma tendência à diminuição devido ao aumento da temperatura. No entanto, este decréscimo não é uma regra para os modelos reológicos. Não sendo

observado também por Sousa et al. (2017) em seus estudos com polpa de noni nas temperaturas variando de 5 a 65°C.

Em relação ao modelo de Bingham, observa-se que, o aumento da temperatura provoca uma diminuição na tensão de cisalhamento inicial ( $\tau_{OH}$ ) de 7,182986 para 3,413364 e a viscosidade plástica não sofre grandes alterações significativas em seus valores que está próximo a 0,06.

Na Figura 1, estão plotados os resultados experimentais de tensão de cisalhamento versus taxa de deformação da polpa de cenoura *in natura*, nas temperaturas de 5, 10 e 20°C, ajustadas aos modelos reológicos estudados.

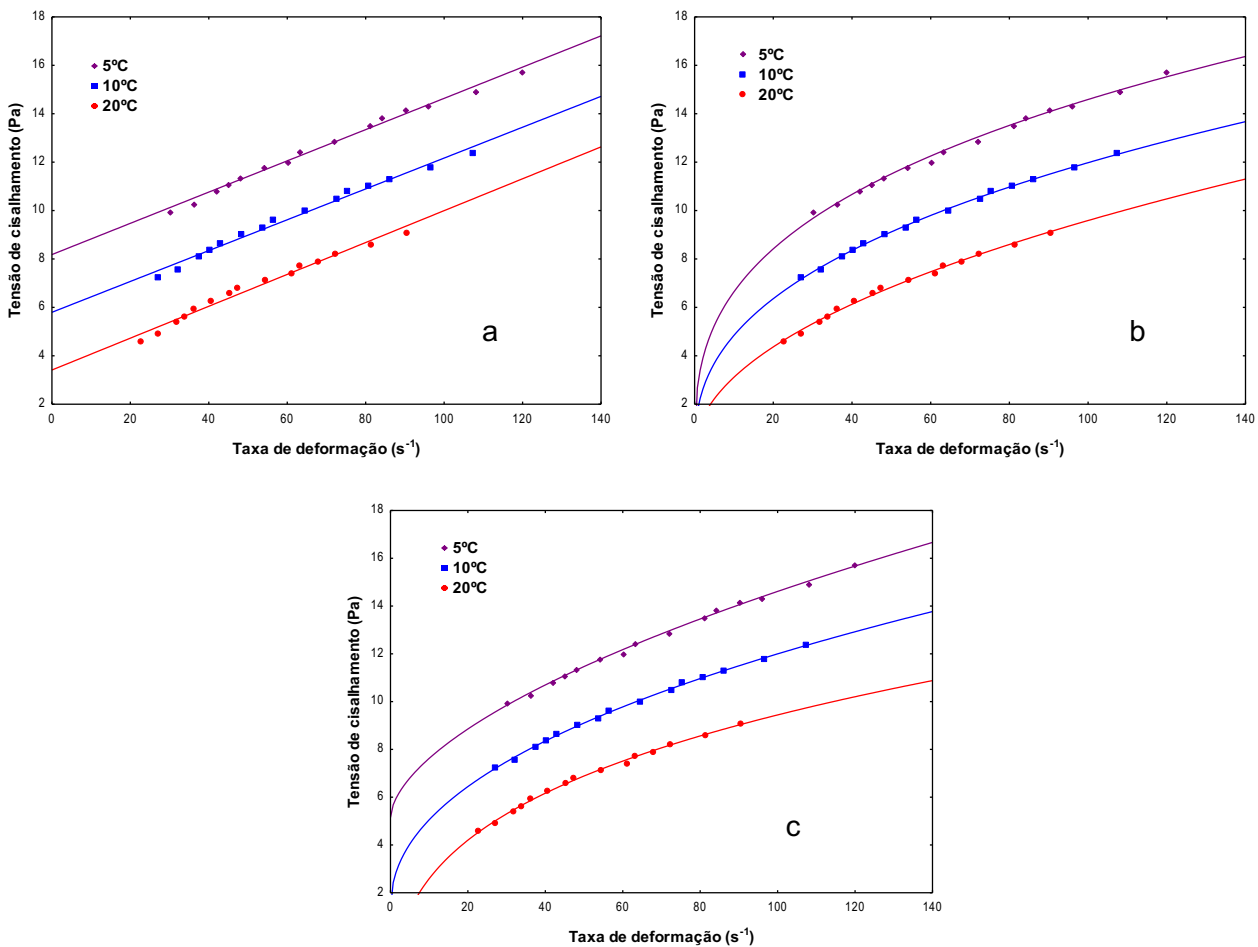


Figura 1. Relação entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação da polpa de cenoura *in natura*, descrita pelo modelo de Ostwald-de-Waele (a), Herschel-Bulkley (b), e Bingham (c).

Verifica-se que, para uma tensão de cisalhamento fixa, a taxa de deformação aumenta conforme o aumento da temperatura. Segundo Silva et al. (2017), um dos fatores que afetam a viscosidade é a temperatura, visto que, a maior parte das polpas possui sólidos dispersos em meio líquidos, e um aumento de

temperatura nesse caso, faz com que, a viscosidade da fase líquida diminua. Ou seja, devido ao maior alinhamento das partículas na direção da tensão aplicadas, a resistência ao movimento é cada vez menor.

Outros autores estudaram também a influência da temperatura sobre o



comportamento reológico como Almeida et al. (2016) que estudou a influência em formulações de doce de corte de umbu, e Ferreira et al. (2008), que analisou em função da polpa de cupuaçu.

Na Tabela 2 estão expressos os valores obtidos para caracterização físico-química da polpa de cenoura *in natura*.

Tabela 2. Caracterização físico-química da polpa de cenoura *in natura*

Parâmetros	Polpa de cenoura
Umidade (%)	90,3 ± 0,74
Atividade de água ( $A_w$ )	0,980 ± 0,01
pH	6,33 ± 0,57
Acidez total titulável (% de ácido cítrico)	1,50 ± 0,36
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,60 ± 0,84
Ratio (SST/ATT)	7,74 ± 0,29
Proteína (%)	0,81 ± 0,19
Cinzas (%)	0,82 ± 0,07
Vitamina C (mg/100g)	24,95 ± 3,68

Nota: Média ± desvio padrão.

A polpa de cenoura *in natura* apresenta alto teor de umidade (90,3%), valor próximo ao do presente estudo foi observado por Alves et al. (2010), ao avaliarem a qualidade de produtos minimamente processados, entre eles a cenoura, que apresentou teor de umidade de 90,26%. Na Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO, 2011) encontra-se o teor de umidade de diversas hortaliças, tais como a berinjela (93,8%), brócolis (91,2%), chuchu (94,8%), cenoura (90,1%), e pimentão (93,5%). Assim verifica-se que, o teor de umidade de hortaliças como a berinjela, brócolis, chuchu e pimentão, também são considerados altos e próximos ao obtido no presente estudo com relação a cenoura. Por apresentar um alto teor de umidade, a polpa de cenoura é altamente perecível e susceptível à proliferação de microrganismos (DEFENDI et al., 2018).

O teor de umidade representa a quantidade total de água livre contida em um alimento, a qual está disponível para a ocorrência de reações físicas (evaporação), químicas (escurecimento) e microbiológicas, tornando-se a principal responsável pela deterioração dos produtos alimentícios. A atividade de água representa a fração deste fluido que está intimamente ligada às moléculas constituintes do produto, não podendo ser removida ou utilizada para qualquer tipo de reação (água combinada) (CORREIA et al., 2008; ANTUNUES et al., 2017).

Há uma correlação entre os parâmetros teor de água e atividade de água, portanto, produtos que possuem alto teor de umidade, conseqüentemente apresentem alto valor de atividade de água (0,980). Segundo Pianço et al.

(2018), saber a correlação existente entre umidade e atividade de água é de grande relevância para certificar a qualidade do produto.

O pH da polpa de cenoura (6,33) é próximo da neutralidade (pH = 7), sendo considerado como uma polpa levemente ácida. O valor de pH do presente estudo mostra-se superior ao obtido por Branco et al. (2007), que foi de 5,92. Santos et al. (2015), obtiveram pH da beterraba de 6,21, valor este próximo ao do presente estudo. Segundo Santos et al. (2008) e Santos et al. (2018), o baixo valor de pH pode representar um fator limitante para o crescimento de bactérias patogênicas, mantendo os índices de contaminação bacteriana em níveis baixos. Baixos valores de pH em polpas de frutas garantem sua conservação sem a necessidade de tratamento térmico muito severo, não comprometendo sua qualidade nutricional (SANTOS et al., 2016). Quanto à acidez total titulável, a polpa da cenoura apresenta 1,5% de ácido cítrico.

O teor de sólidos solúveis encontrado para polpa da cenoura é de 11,60 °Brix, altos teores de sólidos solúveis são desejáveis em tubérculos pois atuam de forma positiva no sabor. Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis totais (SST) é utilizado como uma medida indireta do teor de açúcares, apesar de sua medição não representar o teor exato dos açúcares, pois além destes, outras substâncias também se encontram dissolvidas na seiva vacuolar. No entanto, os açúcares são os mais representativos, chegando a constituir de 85 a 90% dos sólidos solúveis totais.

Com relação ao parâmetro *ratio*, que indica a relação entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável (SST/ATT), observa-se um baixo valor (7,74), pois a amostra apresenta baixo teor de sólidos solúveis (SST), e acidez titulável (ATT) elevada. Segundo BRASIL (1996), o parâmetro *ratio* é uma relação utilizada como indicação do grau de maturação, evidenciando qual o sabor predominante na mesma, se doce ou ácido, ou ainda se há equilíbrio entre eles.

No que se refere ao teor de proteínas, o valor obtido para polpa de cenoura é inferior ao percentual obtido por Silva et al. (2019) para beterraba in natura 2,38%. A polpa de cenoura apresenta baixos valores de teor de cinzas (0,82%), segundo Santos Neto et al. (2019), o teor de cinzas em alimentos são considerados como um parâmetro de qualidade, pois são capazes de retratar a presença de compostos como cálcio, magnésio, ferro, fósforo, sódio e outros componentes minerais. Variações existentes com relação a este parâmetro, podem ser decorrentes da complexa composição química dos alimentos, que sofrem influência de fatores como espécie, manejo, plantio, processamento, tempo de colheita e ao grau de maturação (MORAES NETO et al., 2016).

Com relação ao teor de vitamina C, a polpa de cenoura in natura apresenta baixas concentrações 24,95mg/100g, e portanto, não pode ser considerada como uma boa fonte de vitamina C. Pereira et al. (2016), quantificaram teores de vitamina C em hortaliças folhosas, e obtiveram teores de 22,29% para acelga, 5,13% para alface, e 5,0% para o couve. Dentre as hortaliças avaliadas pelos autores, a acelga apresentou maior semelhança com relação ao teor de vitamina C obtida para a cenoura no presente estudo.

### Conclusão

Os modelos ajustados podem ser utilizados na predição dos dados, com destaque para o modelo de Herschel-Bulkley, pois apresentou o maiores coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e os menores desvios percentuais médios (P%).

A polpa de cenoura foi classificada como sendo um fluido de comportamento não newtoniano no caso específico a de um pseudoplástico.

A polpa da cenoura apresentou altos teores de umidade e de atividade de água, no entanto, apresentou baixos valores de vitamina

C, não sendo considerada como uma boa fonte desta vitamina.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsas de mestrado e doutorado ao autores.

### Referências

- ALMEIDA, R. D.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTIMATA, M. E. R. M.; OLIVEIRA, H. M. L.; ALMEIDA, R. D. Comportamento reológico de formulações para a elaboração de doce de corte de umbu. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.18, n.2, p.195-205, 2016.
- ALVES, J. A.; VILAS BOAS, E. V. B.; VILAS BOAS, B. M.; SOUZA, E. D. Qualidade de produto minimamente processado à base de abóbora, cenoura, chuchu e mandioquinha-salsa. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.30, n.3, p.625-634, 2010.
- ANTUNES, B. F.; SALDANHA, E. S.; KRUMREICH, F. D.; LORINI, A.; CARDOSP, M. C.; OTERO, D. M.; ZAMBIAZI, R. C. Qualitie of native fruits of Brazil. Revista da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-Congrega Urcamp, Edição especial, p.2367-2379, 2017.
- BRANCO, I. G.; ARGANDONA, E. J. S.; SILVA, M. M.; PAULA, T. M. Sensorial evaluation and physical-chemical stability of a blend of orange and carrot. Ciênc. Tecnol. Aliment., v.27, n.1, p.7-12, 2007.
- BRASIL. Leis, Decretos, etc. Portaria nº 76 de 27-11-86 do Ministério da Agricultura. Diário Oficial, Brasília, Seção I, p.18152-18173, 1996.
- BRASIL. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: Métodos químicos e físicos para análises de alimentos. 4º ed. 1º edição digital. São Paulo, 2008. 1020p.
- CANELLA, D. S.; LOUZADA, M. L. C.; CLARO, R. M.; COSTA, J. C.; BANDONI, D. H.; LEVY, R. B.; MARTINS, A. P. B. Consumption of vegetables and their relation with ultra-processed foods in Brazil. Revista Saúde Pública, v.52, n.50, p.1-11, 2018.
- CHITARRA, M. A. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.
- CORREIA, M. E. O.; FERREIRA, A. F.; PODEROSO, J. C. M.; LESSA, A. C. V.; ARAÚJO, E. D.; CARNELOSSI, M. A. G.; RIBEIRO, G. T. Atividade de água (Aw) em amostras de pólen apícola

- desidratado e mel do estado de Sergipe. Revista da Fapese, v.4, n.2, p.27-36, 2008.
- CRUZ, R. G.; ARRUDA, H. S.; SANTOS, V. S.; ALMEIDA, M. E. S. Desenvolvimento e avaliação sensorial de iogurte adicionado de caviar de cenoura por crianças. Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes, v.70, n.3, p.132-140, 2015.
- DAWID, C.; DUNEMANN, F.; SCHWAB, W.; NOTHNAGEL, T.; HOFMANN, T. Bioactive C17-Polyacetylenes in Carrots (*Daucuscarota L.*): Current Knowledge and Future Perspectives. Journal of Agricultural and Food Chemistry, v.63, n.42, p.9211-9222, 2015.
- DEFENDI, E. A.; HUBERT, G. E.; SCHIO, R.; MORAIS, M. M. Obtenção de isoterma de dessecção de umidade do abacaxi pérola (*Ananás comosus (L.) Merrill*). In: Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão, 10, 2018, Santana do Livramento. Anais... Santana do Livramento, 2018.
- FAI, A. E. C.; SOUZA, M. R. A.; BARROS, S. T.; BRUNO, N. V.; FERREIRA, M. S. L.; GONÇALVES, E. C. B. A. Development and evaluation of biodegradable films and coating sobtained from fruit and vegetable residues applied to fresh-cut carrot (*Daucuscarota L.*). Postharvest Biology and Technology, v.112, p.194-204, 2016.
- FAI, A. E. C.; SOUZA, M. R. A.; BRUNO, N. V.; GONÇALVES, C. B. A. E. Produção de revestimento comestível à base de resíduo de frutas e hortaliças: aplicação em cenoura (*Daucuscarota L.*) minimamente processada. Scientia Agropecuaria, v.6, n.1, p.59-68, 2015.
- FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUIROZ, A. J. M.; OLIVERA, E. N. A. Rheological behavior murta's pulp with maltodextrin. Revista Engenharia na Agricultura, v.26, n.5, p.391-398, 2018.
- FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUIROZ, A. J. M.; SOUZA, E. P.; SILVA, V. M. Apparent viscosity of myrtle pulp integral in diferente temperatures. Revista Caatinga, v.28, n.4, p.235-243, 2015.
- FEITOSA, R. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Comportamento reológico da polpa de murta com maltodextrina. Engenharia na Agricultura, v.26, n.5, p.391-398, 2018.
- FERNANDES, R. V. B.; MENDES, F. Q.; BOTREL, D. A.; CUNHA, M. C. Otimização do processo de extração e caracterização química de pectina de cenoura. Magistra, v.26, n.2, p.115-123, 2014.
- FERREIRA, G. M.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; MAIA, M. C. A. Efeito da temperatura e taxa de cisalhamento nas propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu (*Theobromagrandi florum Schum*) integral. Revista Brasileira Fruticultura, v.30, n.2, p.385-389, 2008
- IORIZZO, M.; ELLISON, S.; SENALIK, D.; ZENG, P.; SATAPOOMIN, P.; HUANG, J.; YILDIZ, M. A high-quality carrot genome assembly provides new insights into carotenoid accumulation and asterid genome evolution. Nature Genetics, v.48, n.6, p.657, 2016.
- MITSCHKA, P. Simple conversion of Brookfield RVT: readings into viscosity functions. Rheologica Acta, v.21, p.207-209, 1982.
- MOURA, S. C. S. R.; VISSOTTO, F. Z.; RUFFI, C. R. G.; ALVES JÚNIOR, P. Propriedades físicas e reológicas de produtos à base de frutas. Brazilian Journal of Food Technology, v.19, p.1-8, 2016.
- OLIVEIRA, R. C.; ROSSI, R. M.; BARROS, S. T. D. Estudo do efeito da temperatura sobre o comportamento reológico das polpas de gabioba e goiaba. Acta Scientiarum Technology, v.33, n.1, p.31-37, 2011.
- PEREIRA, E. M.; LEITE, D. D. F.; FIDELIS, V. R. L.; OLIVEIRA, M. I. V.; MAGALHÃES, W. B. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. Revista AGROTEC, v.37, n.1, p.19-22, 2016.
- PIANÇO, Y. S.; OLIVEIRA, S. S.; ALMEIDA, M.; OTANI, F. S.; PEREIRA, E. J.; SANTOS, G. C. Analysis of water activity and humidity in honey quality of produced in communities of the tapajós extrativist reserve - Arapiuns, Santarém, Pará. Revista Agrossistemas, v.10, n.2, p.1-10, 2018.
- QUEK, M. C.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A. Modelling of rheological behaviour of soursop juice concentrates using shear rate- temperature-concentration superposition. Journal of Food Engineering, v.118, n.4, p.380-386, 2013.
- SANTOS NETO, J. P.; SILVA, V. D. N.; SILVA, P. A.; SANOTS, Y. M. P.; MONTEIOR, P. H. S.; SILVA, L. A. S. G. Características físico-químicas de frutos de mandacaru (*Cereus Jamacaru P. Dc.*) cultivados no sertão alagoano. Revista Craibeiras de Agroecologia, v.4, n.1, p.e7741, 2019.
- SANTOS, C. A. A.; COELHO, A. F. S.; CARREIRO, S. C. Microbiological evaluation off rozenfruit pulps. Ciências e Tecnologia dos Alimentos, v.28, n.4, p.913-915, 2008.
- SANTOS, D. C.; LISBÔA, J. F.; FEITOSA, R. M.; SANTOS, Y. M. G.; ROCHA, A. P. T. Processing and physical and physicochemical characterization of cashew pulp and beet blends. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da

- Agronomia, 2, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- SANTOS, E. F.; OLIVEIRA, J. D. S.; SILVA, I. C.; GALLO, C. M.; LEMOS, E. E. P.; RESENDE, L. P. Caracterização física e físico-química em frutos de murici (*Byrsonimacrassifolia* (L.) Rich.) de ocorrência nos tabuleiros costeiros de alagoas. Ciências Agrícolas, v.16, n.3, p.11-20, 2018.
- SANTOS, J. R.; BOÊNO, J. A. Muffins isentos de glúten e lactose desenvolvidos com resíduo de polpa de graviola (*Annonamuricata* L.). Revista de Agricultura Neotropical, v.3, n.3, p.42-51, 2016.
- SILVA, A. C.; SCHUQUEL, L. C. S.; SILVA, C. O.; PASCOA, G. B. Qualidade nutricional e físico-química em cenoura (*Daucuscarota* l.) in natura e minimamente processada. Demetra, v.11, n.2, p.355-367, 2016.
- SILVA, F. C.; GUIMARÃES, D. H. P.; GASPARETTO, C. A. Reologia do suco de acerola: efeitos da concentração e temperatura. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.25, n.1, p.121-126, 2005.
- SILVA, L. P. F. R.; VIEIRA, A. F.; RODRIGUES, L. M. S.; CONSTANTINO, J. S. F.; ALMEIDA, R. D. Desenvolvimento e avaliação reológica de polpa mista de beterraba, cenoura e laranja. Revista Brasileira de Agrotecnologia, v.7, n.2, p.431-435, 2017.
- SILVA, L. M. M.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, C. N.; SOUZA, J. A. R.; ARGUELLO, V. M. Estudo do comportamento reológico da polpa e da geleia de umbu (*Spondias tuberosa* Arr.). Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.17, n.4, p.349-358, 2015.
- SILVA, L. P. F. R.; VIEIRA, A. F.; RODRIGUES, L. M. S.; CONSTANTINO, J. S. F.; ALMEIDA, R. D. Desenvolvimento e avaliação reológica de polpa mista de beterraba, cenoura e laranja. Revista Brasileira de Agrotecnologia, v.7, n.2, p.431-435, 2017.
- SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. L. J. Obtenção e caracterização físico-química da farinha de beterraba em diferentes temperaturas. In: Francisco et al. (Org.). Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação. EPGRAF, Campina Grande-PB, v.2, n.1, p.73-81, 2019.
- SOUSA, S. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, F. B. Rheological behavior of whole and concentrated noni pulp. Brazilian Journal of Food Technology, v.20, e2016067, 2017.
- SOUSA, S. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; SILVA, F. B. Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas. Brazilian Journal of Food Technology, v.20, n.1, p.1-7, 2017.
- STATSOFT, Inc. STATISTICA for Windows (*data analysis software system*), version 8.0. Computer program manual. Tulsa: Statsoft, 2008.
- STEFFE, J. F. Rheological methods in food process engineering. Michigan: Freeman Press, 1996. 428p.
- TACO. Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos/NEPA - UNICAMP. 4 ed. Campinas: NEPA/ UNICAMP, 2011. 161p.

**Capítulo 7**

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MALTODEXTRINA NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA E TEXTURAL DE GELEIA DE MORANGO COM PIMENTA**

**Virgínia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>**

**Sâmela Leal Barros<sup>2</sup>**

**Newton Carlos Santos<sup>3</sup>**

**Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>4</sup>**

**Tamires dos Santos Pereira<sup>5</sup>**

**Deborah Silva do Amaral<sup>6</sup>**

**Soares Elias Rodrigues Lima<sup>7</sup>**

<sup>1,4</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande - PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor\_herbert@hotmail.com

<sup>2,3</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande - PB, newtonquimicoindustrial@gmail.com; samelaleal7@gmail.com

<sup>5</sup>Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/Campus Sumé - PB, tsantosp16@gmail.com

<sup>6</sup>Professora do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal de Pernambuco, IFPE/Campus Barreiros- PE, deborahamaral6@gmail.com

<sup>7</sup>Engenheiro de Alimentos, Mestre em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, soareselias23@gmail.com

**Introdução**

O morangueiro (*Fragaria L.*) é cultivado principalmente nos Estados Unidos, Espanha, Japão, Itália, Coréia do Sul e Polônia. No Brasil, a produção de morango ocorre predominantemente em regiões de clima temperado e subtropical, os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio Grande do Sul são os maiores produtores. Os principais cultivares comercializados no Brasil são o Oso Grande, Camarosa e Dover, que são consumidos na forma *in natura* ou como matéria-prima no processo produtivo de diversos alimentos (DIAS et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2015).

Além do sabor, coloração e aromas agradáveis, o morango possui elevado valor nutricional, sendo considerado como uma fonte de compostos bioativos, dentre os quais destacam-se a vitamina B9, vitamina C e compostos fenólicos. Com relação aos compostos fenólicos, a maior parte está representada pelos flavonoides, principalmente, as antocianinas que são responsáveis pela coloração vermelha do morango. As antocianinas também possuem diversos benefícios à saúde humana, incluindo proteção contra lesões no fígado, diminuição da pressão arterial, melhorias na visão, ações antimicrobiana, anti-inflamatória e prevenção de doenças como o câncer, diabetes, doenças neurológicas e cardiovasculares (MUSA et al., 2015).

Apesar das inúmeras vantagens existentes no consumo de frutas, as mudanças no estilo de vida da sociedade moderna causaram a redução na ingestão de frutas e legumes em detrimento do aumento no consumo de alimentos ultra processados e extremamente calóricos. Como alternativa para a inserção das frutas na dieta efetua-se o processamento, que possibilita maior praticidade no consumo e o aumento no leque de opções existentes com relação aos produtos disponíveis no mercado, através da obtenção de produtos com elevada qualidade sensorial e nutricional (MOLZ et al., 2019).

Apesar das inúmeras qualidades descritas anteriormente, os morangos *in natura* apresentam alta perecibilidade devido a fatores como a composição química, ação de microrganismos deteriorantes, alta taxa respiratória dos frutos, danos mecânicos e condições de armazenamento inadequadas. Para ampliar a vida de prateleira das frutas, são aplicadas técnicas de conservação como refrigeração, congelamento, desidratação, adição de aditivos, assim como o processamento industrial que tem como objetivo agregar valor ao produto e proporciona o desenvolvimento de novos produtos como balas, sucos, sorvetes, geleias, iogurtes, doces e biscoitos (OLIVEIRA et al., 2015; ALVES et al., 2019).

A geleia é um produto que possui boa aceitação sensorial e alto valor agregado, é obtido a partir da cocção de frutas inteiras ou

em pedaços, polpas ou suco de frutas e açúcar, a adição de água, pectina, maltodextrina, acidulantes e demais aditivos que são opcionais na elaboração da geleia. O processo de cocção é efetuado até que haja a obtenção de uma consistência semissólida. Classifica-se de acordo com o percentual de polpa e açúcar utilizados, a geleia comum é elaborada utilizando 40% de polpa e 60% de açúcar, enquanto a geleia extra possui 50% de polpa e 50% de açúcar em suas formulações (BRASIL, 1978).

A maltodextrina apresenta-se como um diferencial na incorporação de geleias, pois é um carboidrato complexo de alto índice glicêmico, baixo valor osmótico, possui sabor neutro e é altamente solúvel em água, sendo absorvida com facilidade pelo organismo. A ingestão de maltodextrina antes, durante e após os exercícios físicos proporciona o aumento na glicemia, manutenção dos níveis de glicose sanguínea e aumento dos estoques de glicogênio muscular durante exercícios intensos e prolongados. A maltodextrina é amplamente utilizada na indústria de alimentos como agente emulsificante, adjuvante no processo de secagem ou de microencapsulação, pois possui alta capacidade de emulsificação, baixo custo e proporciona ao produto maior estabilidade, retenção de compostos voláteis e redução da higroscopicidade (BARROS et al., 2019a).

A pimenta é considerada como um alimento funcional, pois possui elevado valor nutricional, apresentando em sua composição compostos que são diretamente associados à melhoria na saúde humana, como carboidratos, fibras alimentares, vitaminas A, E e C, ácido fólico, zinco e potássio. Dentre os compostos que possuem propriedades antioxidantes estão os bioflavonoides, como os capsaicinóides, caretonóides, a vitamina C (ácido ascórbico), tocoferóis, cujas concentrações podem variar com o genótipo e grau de maturação. Os capsóides são responsáveis pela pungência das pimentas, que é um dos atributos mais característicos do produto. As vitaminas A e C estão presentes em elevadas quantidades em vários tipos de pimenta, estima-se que meia colher de sopa de pimenta-dedo-de-moça desidratada em pó, pode suprir a necessidade diária de vitamina A para o organismo humano. Por apresentar um alto poder antioxidante, o ácido ascórbico é extremamente utilizado como conservante natural em alimentos e possui como diferencial os diversos benefícios

que proporciona à saúde (MAZINI et al., 2013; SANTOS et al., 2018).

Há séculos a utilização dos extratos de pimentas (oleorresina de *Capsicum*) ou dos frutos secos no preparo de alimentos picantes é frequente. Na atualidade, a pimenta é utilizada como matéria prima no processo produtivo de diversos alimentos como molhos para carne e massas, sardinhas e atum em lata, patês, biscoitos, macarrão, maioneses, catchups, mostardas, queijos, yogurts, doces, balas e chicletes. Ao adicionar a pimenta dedo-de-moça à produtos alimentícios, atribui-se o conservante natural e ainda se aproveita o sabor pungente, tornando possível o desenvolvimento de um novo produto com sabor diferenciado (MAZINI et al., 2013; PINTO et al., 2013).

Segundo Alcântara et al. (2019), a textura, a aparência e o sabor, são os principais atributos de qualidade que estabelecem a aceitabilidade de um alimento pelo consumidor. A análise técnica do perfil de textura, é capaz de determinar diversos parâmetros reológicos sob condições similares às existentes durante a degustação.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo a elaboração e avaliação de geleias de morango com pimenta dedo de moça, verificando a influência da maltodextrina sobre as suas propriedades físico-químicas e texturais, possibilitando o desenvolvimento de novos produtos que atendam a demanda dos consumidores.

## Material e Métodos

### *Matérias-primas e processamento das mesmas*

Para a realização deste trabalho, a pimenta dedo de moça (*Capsicum baccatum*) e os morangos cv. Dover (*Fragaria L.*) foram adquiridos no comércio local do município de Campina Grande – PB, e conduzidos para o Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), pertencente à Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Os frutos foram selecionados quanto a uniformidade e o estágio de maturação. Inicialmente os frutos foram lavados em água corrente e sanitizados em solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm por 15 minutos. Posteriormente, os morangos foram processados em liquidificador para obtenção da polpa.

### *Processamento das geleias*

A elaboração das geleias foi efetuado. A proporção utilizada entre a polpa e o açúcar foi 1:1, o percentual da pectina (1,2%) e de maltodextrina (0, 5, 10 e 15%) foram calculados com relação a mistura de polpa e açúcar, conforme expresso na Tabela 1. Adicionou-se a maltodextrina na mistura de polpa de morango com o açúcar cristal, em seguida foi levada para cocção em tacho aberto sob aquecimento com agitação manual contínua. Para tornar possível

a formação do gel, nas formulações, foi utilizado 1,2% de pectina com alto teor de metoxilação, o pH da mistura foi corrigido para 3,2 através da adição de ácido cítrico. Quando as geleias atingiram teor de sólidos solúveis superior a 65 °Brix, o processo de cocção foi concluído, em seguida foram envasadas a quente em recipientes de vidro previamente esterilizados (100°C/30 min) e armazenadas sob refrigeração à 5°C até o momento das análises.

Tabela 1. Formulações das geleias de morango com pimenta

Formulações	Açúcar (%)	Polpa (%)	Pimenta (%)	Maltodextrina (%)	Pectina (%)
F1	50	50	2	0	1,2
F2	50	50	2	5	1,2
F3	50	50	2	10	1,2
F4	50	50	2	15	1,2

#### Análises físico-químicas

As geleias produzidas foram submetidas, em triplicata, as análises físico-químicas de umidade e sólidos totais em estufa à vácuo a 70 °C até massa constante; Cinzas por incineração em mufla; Teor de proteínas total foi quantificado pelo método de Micro-Kjeldahl, que consistiu na determinação do nitrogênio total; Sólidos Solúveis Totais (SST) em refratômetro; teor de ácido ascórbico (vitamina C), Acidez Total Titulável (ATT) determinada por titulometria; Relação SST/ATT (*ratio*); pH medida direta em potenciômetro digital de acordo com a metodologia descrita por Brasil (2008); O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Bligh e Dyer (1959); A atividade de água ( $A_w$ ) foi determinada usando o dispositivo Decagon® Aqualab CX-2T a 25°C.

#### Perfil de textura

Para a obtenção dos parâmetros dos perfis de textura instrumental das geleias foi empregado o teste TPA em Texturômetro TAXT plus

(Stable Micro Systems) equipado com o software Exponent Stable Micro Systems, com utilização do Probe P/36R. No perfil de textura, os atributos estudados foram firmeza, coesividade, adesividade, gomosidade e mastigabilidade.

#### Análise estatística

Os dados obtidos com relação a caracterização físico-química e perfil de textura das formulações elaboradas foram avaliados estatisticamente, por meio de um delineamento inteiramente casualizado, e as medias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

#### Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os valores médios dos parâmetros físico-químicos avaliados na polpa de morango *in natura*.

Tabela 2. Caracterização físico-química da polpa de morango *in natura*

Parâmetros	Polpa de morango <i>in natura</i>
Umidade (%)	90,16±0,33
Atividade de água ( $A_w$ )	0,996±0,012
pH	3,55±0,14
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	1,21±0,015
Sólidos solúveis totais (°Brix)	6,00
<i>Ratio</i> (SST/ATT)	4,95±0,28
Vitamina C (mg/100g)	105,2±0,18
Lipídeos (%)	0,37±0,009

Através da Tabela 2, constata-se que a polpa de morango possui alto teor de umidade (90,16%) e de atividade de água (0,996). Estes parâmetros são um dos principais responsáveis pela deterioração do produto, conforme reportado por Santos et al. (2019) onde altos percentuais de teor de água são frequentemente observados em frutas, como no abacaxi (86,59%), ameixa (93,29%), caqui (86,15%), laranja (89,17%), maçã (85,03%), mamão (89,53%), maracujá (86,75%), melão (92,53%), morango (91,00%) e uva (87,49%). Os autores também observaram altos valores com relação a atividade de água destas frutas, que apresentou variação de 0,98 a 0,99.

O morango apresenta baixo valor de pH (3,55) e alto valor de acidez total titulável expresso em percentual de ácido cítrico (1,21). Os valores apresentados no presente estudo são semelhantes ao obtido por Machado et al. (2016) que, verificaram que os morangos dos cultivares Chandler, Campinas, Dover e Villa Nova apresentaram acidez de 1,04 a 1,54 % e por Vergara et al. (2018) que, observaram resultados semelhantes ao avaliarem morangos provenientes da Colômbia, que apresentaram pH de 3,14 a 3,95. Resende et al. (2019) efetuaram a avaliação físico-química da fruta-pão (*Artocarpus altilis*) e obteve pH de 4,73 e acidez de 0,07, estes valores quando comparados aos obtidos no presente estudo indicam que, o morango apresenta maior acidez que a fruta-pão.

Com relação teor de sólidos solúveis, a amostra apresenta 6 °Brix. Oliveira et al. (2017), obtiveram valores semelhantes ao avaliarem morangos do cultivar San Andreas, em

diferentes meses de avaliação que apresentaram teores de sólidos solúveis, que variaram de 6,5 a 6,91 °Brix. O parâmetro ratio é calculado através da relação entre o teor de sólidos solúveis totais e acidez total titulável do produto, o morango *in natura* apresenta ratio de 4,95, similar ao obtido por Gonçalves et al. (2017), que obtiveram ratio de 5,35 em morangos frescos. Segundo Morgado et al. (2019), este parâmetro é capaz de indicar o grau de maturação do fruto, pois no decorrer do tempo de armazenamento é observado um acréscimo no grau de doçura do produto.

O morango *in natura* apresenta baixo teor lipídico (0,37%), fato também verificado por Balasooriya et al. (2017) ao estudarem a composição físico-química de morangos cultivados em diferentes regiões que apresentaram teor lipídico que variou de 0,2 a 0,5%. Foram quantificados 105,2 mg/100g de ácido ascórbico, valor superior ao determinado por Virgolin et al. (2017) em polpa *in natura* de achachairu (5.60 mg/100g), de abiu (3.06 mg/100g), e de azara (5.60 mg/100g).

De acordo com Monteiro et al. (2015), as variações na composição de frutos observados em diferentes trabalhos ocorrem devido a fatores como a genética, ecologia, métodos de cultivo, maturação do fruto, condições de armazenagem, época de colheita do fruto, alterações pós-colheita resultantes da atividade fisiológica e metodologia de determinação das análises.

Estão expressos na Tabela 3, os resultados obtidos da caracterização físico-química das quatro formulações de geleia de morango com pimenta.

Tabela 3. Caracterização físico-química das geleias de morango com pimenta

Parâmetros	Formulações				CV (%)
	F1	F2	F3	F4	
Umidade (%)	37,26a	35,16b	33,55c	30,52d	1,18
Atividade de água (Aw)	0,859a	0,836ab	0,817bc	0,807c	1,14
pH	3,13b	3,25b	3,46a	3,62a	1,76
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,77a	0,62b	0,57c	0,43d	2,41
Sólidos solúveis totais (°Brix)	64,66b	66,33b	70,00a	71,66a	1,27
Ratio (SST/ATT)	83,64d	107,1c	122,84b	166,87a	3,35
Vitamina C (mg/100g)	24,73d	26,51c	29,53b	32,20a	1,63
Lipídeos (%)	0,167a	0,172a	0,164a	0,169a	0,53

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; F1- geleia elaborada com 0% de maltodextrina; F2- geleia elaborada com 5% de maltodextrina; F3- geleia elaborada com 10% de maltodextrina; F4- geleia elaborada com 15% de maltodextrina.



Todas as amostras apresentam diferença estatística significativa com relação ao teor de umidade que varia de 37,26 a 30,52%, em que foi observada uma correlação entre o aumento da concentração de maltodextrina utilizada e a redução do teor de umidade. Porém, todas as amostras se apresentam adequadas ao padrão de qualidade estabelecido para geleia de frutas através da Resolução Normativa n.15 de 4 de maio de 1978, no qual determina que o teor máximo de umidade deve ser de 38% para geleia comum e 35% para geleia extra (BRASIL, 1978).

Com relação a atividade de água ( $A_w$ ), foi observada uma variação de 0,859(F<sub>1</sub>) a 0,807(F<sub>4</sub>), o valor inferior com relação a este parâmetro foi obtido na amostra contendo maior percentual de maltodextrina. Os valores obtidos no presente estudo é ligeiramente superior ao observado por Teles et al. (2017) em geleias de graviola com pimenta, com  $A_w$  variando entre 0,72-0,81. De acordo com Barros et al. (2019<sub>b</sub>), o teor de umidade e a atividade de água, possuem influência direta na conservação do produto durante seu armazenamento, e valores reduzidos deste parâmetro indicam uma boa estabilidade do produto.

Observa-se que há diferença estatística significativa entre as amostras com relação a acidez total titulável, que apresenta variação de 0,77 (F<sub>1</sub>) a 0,43% (F<sub>4</sub>), com relação ao pH observa-se uma variação de 3,13(F<sub>1</sub>) a 3,62(F<sub>4</sub>). Constata-se portanto, que a adição de maltodextrina provoca a redução da acidez do produto. Valores similares foram mencionados por Oliveira et al. (2019), em geleias de achachairu que apresentou acidez de 0,500 a

0,690%, e por Garcia et al. (2017), em geleia de buriti que apresentou pH de 3,64.

Foi quantificado altos teores de sólidos solúveis (64,66 a 71,66 °Brix) que está de acordo com a Legislação Brasileira que determina que, o teor de sólidos solúveis mínimo em geleia extra, deve ser de 65 °Brix (BRASIL, 1978). Com relação ao *ratio* observa-se uma variação de 83,64 (F<sub>1</sub>) e a 166,87 (F<sub>4</sub>), que é diretamente proporcional ao percentual de maltodextrina utilizado. Este parâmetro estabelece uma relação entre a acidez total e o teor de sólidos solúveis, e indica a doçura do produto. Barros et al. (2019a), ao avaliarem geleia de kiwi com chá de capim santo, utilizando maltodextrina nas formulações, obtiveram resultados semelhantes ao do presente estudo com relação ao parâmetro *ratio* que variou de 61,91 a 117,31.

O teor de vitamina C das amostras apresenta variação entre 24,73 e 32,20 mg/100g, Pode-se observar que, a adição de maltodextrina minimiza a degradação desta vitamina que é termo sensível. Os valores obtidos no presente estudo são superiores aos reportados por Souza et al. (2018), em geleia mista de umbu e mangaba, cujos teores de ácido ascórbico variaram entre 1,70 a 1,90 mg/100 g. Não observa-se diferença significativa entre as amostras com relação ao teor lipídico (0,164 a 0,172%), pode-se afirmar então que, a maltodextrina não exerce influência com relação a este parâmetro.

A Tabela 4 apresenta os valores médios para o perfil de textura instrumental das geleias de morango pimenta.

Tabela 4. Perfil de textura instrumental das geleias de morango com pimenta

Parâmetros	Geleia				
	F1	F2	F3	F4	CV(%)
Firmeza (N)	0,376 <sup>a</sup>	0,356 <sup>b</sup>	0,342 <sup>c</sup>	0,316 <sup>d</sup>	1,11
Coesividade (N.m)	0,701 <sup>c</sup>	0,733 <sup>bc</sup>	0,751 <sup>b</sup>	0,777 <sup>a</sup>	1,02
Adesividade (N.m)	0,402 <sup>a</sup>	0,321 <sup>b</sup>	0,213 <sup>c</sup>	0,125 <sup>d</sup>	2,51
Gomosidade (N)	0,263 <sup>a</sup>	0,261 <sup>b</sup>	0,256 <sup>c</sup>	0,245 <sup>d</sup>	2,14
Mastigabilidade (J)	0,263 <sup>a</sup>	0,261 <sup>b</sup>	0,256 <sup>c</sup>	0,245 <sup>d</sup>	2,14

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, na mesma linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade; F1- geleia elaborada com 0% de maltodextrina; F2- geleia elaborada com 5% de maltodextrina; F3- geleia elaborada com 10% de maltodextrina; F4- geleia elaborada com 15% de maltodextrina.

Observa-se através da Tabela 4, que o parâmetro firmeza apresenta uma variação de 0.316 a 0.376 N, sendo o maior valor obtido para a amostra (F<sub>1</sub>) que apresenta menor percentual de maltodextrina. Lemos et al. (2019),

ao elaborarem geleia mistas de jaboticaba e acerola, obtiveram valores com variação de 0,95 a 4,60 N para o atributo de firmeza. De acordo com Garrido et al. (2015), a firmeza é definida como sendo a força necessária para atingir uma

dada deformação, no contexto da análise sensorial, representa a força necessária para comprimir o alimento entre os molares na primeira mordida.

Com relação a coesividade, se observa pequenas variações (0,701 a 0,777 N.m), em que, o maior valor foi verificado na formulação F<sub>4</sub>. Besbes et al. (2009), ao avaliarem a coesividade da geleia de tâmara, obtiveram valores que variaram de 0.51 a 0.77 N.m. Vieira et al. (2017), obtiveram variação de 0,4402 a 0,6906 N.m em geleias mistas elaboradas com jabuticaba e pitanga. Segundo Atallah e Morsy (2017), este parâmetro é frequentemente discutido em termos de forças de adesão, e é responsável pela deformação que ocorre no material antes da ruptura, indicando sua integridade estrutural.

Uma variação de 0,125 (F<sub>1</sub>) a 0.402 N.m (F<sub>7</sub>) é observada no parâmetro adesividade, em que, todas as amostras apresentam diferença estatística significativa com relação a este parâmetro. Pode-se observar que, o aumento no percentual de maltodextrina provoca a redução da adesividade. Valores semelhantes ao obtido por Abid et al. (2018), em geleias de romã utilizando diferentes tipos de agentes gelificantes (0.158 a 0.807 N.m). De acordo com Guiné et al. (2015), a adesividade é a força necessária para remover o material que adere a uma superfície específica, e durante a ingestão do alimento corresponde a aderência nos lábios, boca e dentes.

A gomosidade das geleias varia de 0,263(F<sub>1</sub>) a 0,245N (F<sub>4</sub>), valores similares foram observados por Curi et al. (2017), em geleias de *physalis* (0.033 a 0.476 N). Garrido et al. (2015), elaboraram geleias de maçã com tratamentos distintos quanto à concentração de pectina, e observaram valores de 0,30 a 1,90 N para gomosidade. Para Bolzan e Pereira (2017), a gomosidade é um parâmetro associado a firmeza e coesividade, sendo sua variação o reflexo destes.

Valor superior de mastigabilidade foi obtido na formulação F<sub>1</sub> (0.263 N), semelhante ao obtido por Curi et al. (2018) em geleias de *physalis* com queijo do tipo brie (0.08 a 0.58 N). Segundo Curi et al. (2017), a mastigabilidade é o parâmetro que representa a energia necessária para mastigar um alimento sólido ao ponto de ser ingerido. Portanto, pode-se afirmar que, a amostra G<sub>1</sub> possui maior resistência a mastigação quando comparada com as demais.

Diversos fatores podem ser associados a variação de textura entre as geleias

de morango com hibisco, dentre os quais destaca-se o percentual das matérias-primas (açúcar, polpa de morango e maltodextrina), e os parâmetros químicos como o pH, acidez, umidade e conteúdo de pectina solúvel, que são os principais fatores que podem influenciar a gelificação e a textura do produto (CURI et al. 2018).

## Conclusão

Por meio do presente estudo, constatou-se que a aplicação do morango e pimenta na elaboração de um novo sabor de geleia é extremamente viável, pois as matérias primas são de fácil acesso e já possuem boa aceitação no mercado.

Através das análises físico-químicas realizadas, pôde-se verificar que todas as amostras se apresentaram adequadas à legislação brasileira, e portanto não são necessárias modificações nas formulações e processamento.

Com relação as propriedades físico-químicas do produto, foi observado que o acréscimo do percentual de maltodextrina utilizada nas formulações proporcionou a redução do teor de umidade, atividade de água e acidez foi verificado o aumento do pH, teor de sólidos solúveis, *ratio* e vitamina C. Não foi observada diferença estatística significativa com relação ao teor de lipídeos.

No que diz respeito ao perfil de textura, o acréscimo de maltodextrina proporcionou a diminuição dos parâmetros de firmeza, adesividade, gomosidade e mastigabilidade, porém ocorreu o aumento da coesividade das amostras.

## Referências

- ABID, M.; YAICH, H.; HIDOURI, H.; ATTIA, H.; AYADI, M. A. Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. *Food Chemistry*, v.239, p.1047–1054, 2018.
- ALCÂNTARA, V. M.; MELO, M. O. P.; ARAÚJO, A. J. B.; RIBEIRO, V. H.; SANTOS, N. C. Elaboração, estudo microbiológico e perfil de textura de doces de leite caprino saborizados com ameixa (*prunus domestica l.*). *Revista Craibeiras de Agroecologia*, v.4, n.1, p.1-6, 2019.
- ALVES, H.; ALENCAR, E. R.; FERREIRA, W. F. S.; SILVA, C. R.; RIBEIRO, J. L. Microbiological and physical-chemical aspects of strawberry exposed to ozone gas at different concentrations during storage. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.22, p.1-12, 2019.

- ATALLAH, A. A.; MORSY, K. M. Effect of incorporating royal jelly and bee pollen grains on texture and microstructure profile of probiotic yoghurt. *Journal of Food Processing and Technology*, v.8, n.9, p.1-4, 2017.
- BALASOORIYA, H. N.; DASSANAYAKE, K. B.; TOMKINS, B.; SENEWEERA, S.; AJLOUNI, S. Impacts of elevated carbon dioxide and temperature on physicochemical and nutrient properties in strawberries. *Journal Hortic. Sci. Res.*, v.1, n.1, p19-29, 2017.
- BARROS, S. L.; DA SILVA, W. P.; DE FIGUEIRÊDO, R. M.; DE ARAÚJO, T. J.; SANTOS, N. C.; GOMES, J. P. Efeito da adição de diferentes tipos de açúcar sobre a qualidade físico-química de geleias elaboradas com abacaxi e canela. *Revista Principia*, v.1, n.45, p.150-157, 2019b.
- BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; SILVA, S. N.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. D.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; SILVA, V. M. A.; PEREIRA, T. S.; SANTIAGO, A. M.; LUIZ, M. R. Influence of pulp, sugar and maltodextrin addition in the formulation of kiwi jellies with lemon grass tea. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.15, p.1-10, 2019a.
- BESBES, S.; DRIRA, L.; BLECKER, C.; DEROANNE, C.; ATTIA, H. Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): compositional, functional and sensory characteristics of date jam. *Food Chemistry*, v.112, n.2, p.406-411, 2009.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- BOLZAN, A. B.; PEREIRA, E. A. Elaboração e caracterização de doce cremoso de caqui com adição de sementes da araucária. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.20, p.1-11, 2017.
- BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 2008. 1020p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária. Resolução Normativa nº. 15 de 4 de maio de 1978. Define termos sobre geleia de frutas.
- CURI, P. N.; CARVALHO, C. S.; SALGADO, D. L.; PIO, R.; PAQUAL, M.; SOUZA, F. B. M.; SOUZA, V. R. Influence of different types of sugars in physalis jellies. *Food and Science Technology*, v.37, n.3, p.349-355, 2017.
- CURI, P. N.; CARVALHO, C. S.; SALGADO, D. L.; PIO, R.; SILVA, D. F.; PINHEIRO, A. C. M.; SOUZA, V. R. Characterization of different native american physalis species and evaluation of their processing potential as jelly in combination with brie-type cheese. *Food Science and Technology*, v.38, n.1, p.112-119, 2018.
- DIAS, C. N.; MARINHO, A. B.; ARRUDA, R. S.; SILVA, M. J. P.; PEREIRA, E. D.; FERNANDES, C. N. V. Produtividade e qualidade do morangueiro sob dois ambientes e doses de biofertilizante. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.10, p.961-966, 2015.
- GARCIA, L. G. C.; GUIMARÃES, W. F.; RODOVALHO, E. C.; PERES, N. R. A. A.; BECKER, F. S.; DAMIANI, C. Geleia de buriti (*Mauritia flexuosa*): agregação de valor aos frutos do cerrado brasileiro. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.20, e2016043, 2017.
- GARRIDO, J. I.; LOZANO, J. E.; GENOVESE, D. B. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *Food Science and Technology*, v.62, n.1, p.325-332, 2015.
- GARRIDO, J. I.; LOZANO, J. E.; GENOVESE, D. B. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *J. I. Food Science and Technology*, v.62, n.1, p.325-332, 2015.
- GONÇALVES, G. A. S.; RESENDE, N. S.; CARVALHO, E. E. N.; DE RESENDE, J. V.; VILAS BOAS, E. V. DE B. Physicochemical and volatile profile alterations in pasteurized and frozen strawberry pulp during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, v.42, n.1, p.2-11, 2017.
- GUINÉ, R. P. F.; CORREIA, P. M. R.; CORREIA, A. C. Avaliação comparativa de queijos Portugueses de cabra e ovelha. *Millenium*, v.49, sn, p.111-130, 2015.
- LEMO, D. M.; ROCHA, A. T. P.; GOUVEIRA, J. P. G.; OLIVEIRA, E. N. A.; SOUSA, E. P.; SILVA, S. F. Elaboration and characterization of jabuticaba and acerola prebiotic jelly. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.22, e2018098, 2019.
- MACHADO, J. T. M.; TONIN, J.; BENATI, J. A.; SOBUCKI, L.; SCHNEIDER, E. P.; BETEMPS, D. L. Production and physicochemical characteristics of strawberry cultivars produced in organic cropping system. *Científica*, v.44, n.3, p.371-377, 2016.
- MAZINI, C. P.; PIERETTI, G. G.; BRANCO, I. G.; SCAPIM, M. R. S.; MADRONA, G. S. Desenvolvimento e avaliação físico-química, sensorial e da estabilidade de ácido ascórbico de doce de leite com pimenta. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v.72, n.2, p.142-146, 2013.
- MOLZ, P.; PEREIRA, C.S.; REUTER, C.P.; PRÁ, D.; FRANKE, S.I.R. Factors associated with the consumption of five daily servings of fruits and

- vegetables by students. *Revista de Nutrição*, v.32, e180156, p.1-8, 2019.
- MONTEIRO, C. B.; SOUSA, W. C.; PIRES, C. R. F.; AZEVEDO, L. A.; BORGES, J. S. Caracterização físico-química do fruto e da geleia de murici (*Brysonima crassifolia*). *Enciclopédia Biosfera*, v.11 n.21, p.3356-3366, 2015.
- MORGADO, C. M.; GUARIGLIA, B. A.; TREVISAN, M. J.; FAÇANHA, R.; JACOMINO, A. P.; CORRÊA, G.; CUNHA JUNIOR, L. C. Quality assessment of jabuticabas (cv. sabarã), submitted to refrigerated storage and conditioned in different packaging. *Revista Interdisciplinar da Universidade Federal Do Tocantins*, v.6, n.2, p.18-25, 2019.
- MUSA, C. I.; WEBER, B.; GALINA, J.; LAGEMANN, C. A.; SOUZA, C. F. V.; OLIVEIRA, E. C. Teor de compostos bioativos em três cultivares de morangos cultivados em solo convencional no município de Bom Princípio/RS: sua importância para a saúde humana. *Caderno Pedagógico*, v.12, n.1, p.56-66, 2015.
- OLIVEIRA F. E.; ULIANA, C.; MADRUGA L. C. S. Características físicas e químicas de morango 'San Andreas' submetido a diferentes posicionamentos de slab, densidades de plantio e meses de avaliação. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, v.18, n.2, 2017.
- OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelagem e propriedades termodinâmicas na secagem de morangos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.18, n.4, p.314-321, 2015.
- OLIVEIRA, K. D. C.; SILVA, S. S.; LOSS, R. A.; GUEDES, S. E. F. Análise sensorial e físico-química de geleia de achachairu (*Garcinia humilllis*). *Segurança Alimentar e Nutricional*, v. 26, p. 1-10, 2019.
- PINTO, C. M. F.; PINTO, C. L. O.; DONZELES, S. M. L. Pimenta capsicum: propriedades químicas, nutricionais, farmacológicas e medicinais e seu potencial para o agronegócio. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.3, n.2, p.108-120, 2013.
- RESENDE, K. K. O.; SILVA, S. S.; GUEDES, S. F.; LOSS, R. A. Cinética de secagem e avaliação físico-química de fruta-pão (*Artocarpus altilis*) variedade seminífera. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 6, n. 1, p. 74-81, 2019.
- SANTOS, B. A.; TEIXEIRA, F.; AMARAL, L. A.; RANDOLPHO, G. A.; KÉLIN SCHWARZ, K.; SANTOS, E.F.; RESENDE, J. T. V.; NOVELLO, D. Chemical and nutritional characterization of fruit pulp stored under freezing. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, v.17, n.1, p.1-13, 2019.
- SANTOS, C.B.; RODRIGUES, K.J.; DURIGAN, M.F.B. Pimenta jiquitaia na Amazônia e em Roraima: conhecer para valorizar. *Revista Ambiente*, v.11, n.1, p.1-10, 2018.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SOUZA, H. S.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, I. M.; SILVA, A. M. O.; NUNES, T. P.; CARVALHO, M. G. C. Elaboração e avaliação da qualidade de geleia de umbu (*Spondias Tuberosa Arr. C.*) e mangaba (*Hancornia Speciosa G.*) com alegação funcional. *Segurança Alimentar e Nutricional*, v.25, n.3, p.104-113, 2018.
- TELES, A. C. M.; PINTO, E. G.; SANTOS, J. R.; OLIVEIRA, C. F. D.; SOARES, D. S. B. Desenvolvimento e caracterização físico-química de geleia comum e extra de graviola com pimenta. *Revista de Agricultura Neotropical*, v.4, n.1, p.72-77, 2017.
- VERGARA, M.; VARGAS, J.; ACUÑA, J. Physicochemical characteristics of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) fruits from four production zones in Cundinamarca, Colombia. *Agronomía Colombiana*, v.36, n.3, p.227-236, 2018.
- VIEIRA, A. F.; CONSTANTINO, J. S. F.; RODRIGUES, L. M. S.; SILVA, L. P. F. R.; ALMEIDA, R. D. Physical-chemical and instrumental texture evaluation of jabuticaba and pitanga mixed jelly. *Revista Brasileira de Agropecuologia*, v.7, n.2, p.407-410, 2017.
- VIRGOLIN, L. B.; SEIXAS, F. R. F.; JANZANTTI, N. S. Composition, content of bioactive compounds, and antioxidant activity of fruit pulps from the Brazilian Amazon biome. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.52, n.10, p.933-941, 2017.

**Capítulo 8****DIFERENTES TIPOS DE SUBSTRATOS E SOMBREAMENTO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *H. serratifolius* (Vahl) S. O. Grose**

**Amanda Cavalcante da Silva<sup>1</sup>**  
**Raiany de Oliveira Silva<sup>2</sup>**  
**Ícaro Thiago Oliveira Campos<sup>3</sup>**  
**Maria Isabel Vieira de Meneses<sup>4</sup>**  
**Edivania de Araújo Lima<sup>5</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup>Graduando em Engenharia Florestal, UFPI, Bom Jesus-PI, amanda\_cavalcantt@hotmail.com  
raianyoliveira95@gmail.com; icarooliveira56@gmail.com; misabel15.mi@gmail.com

<sup>5</sup>Dra. em Meteorologia, Prof. Adj. IV, UFPI, Bom Jesus-PI, edivanalima@ufpi.edu.br

**Introdução**

Há muito tempo o Brasil sofre com os efeitos da degradação ambiental, principalmente após os avanços nas fronteiras produtivas do agronegócio. Estes avanços promovem altas taxas de desmatamento e de conversão do uso do solo, para o bioma cerrado que é considerado um Hotspot da diversidade mundial, contudo, essas ações assume o estado de extrema ameaça que o bioma se encontra, evidenciando a necessidade de ser conservado e restaurado (MONTEIRO et al., 2016).

O estudo de espécies florestais nativas utilizadas na recuperação de áreas degradadas, torna-se importante a fim de promover a conservação ambiental. Dentre as principais espécies com potencial para restauração de áreas degradadas, destaca-se o *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, que se trata de uma espécie pertencente à família Bignoniaceae, conhecido popularmente como ipê-amarelo (FERNANDES et al., 2015).

O *H. serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, é uma espécie arbórea que atinge de 5 a 20 metros de altura (GOULART et al., 2016), bastante estudada no Brasil, devido ser uma espécie de alta riqueza econômica, ornamental, medicinal e valor ambiental (NASCIMENTO, 2015), sua propagação é feita por sementes, produzidas em grandes quantidades, sua germinação é epígea, ainda, possui um elevado percentual de germinação e baixa longevidade em ambiente natural (FERNANDES, 2015).

Essa espécie renova sua folhagem anualmente, as folhas caem no inverno e logo reaparecem após a florescência, seus frutos são deiscentes e as sementes aladas, possui troncos densos e ocorre principalmente em florestas pluviais e florestas semidecíduas (ALMEIDA et al., 2015), adicionalmente, é utilizada em paisagismo e arborização urbana por causa de

suas atrativas flores amarelas (FERNANDES, 2015).

Para a produção de mudas de espécies de *H. serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, com características desejáveis e resistentes as condições adversas, é necessário que se tenha conhecimento sobre a formulação de substratos adequados, com intuito de proporcionar um controle de qualidade eficiente e seguro (SANTOS, 2009).

Sabe-se, que espécies nativas são favorecidas no crescimento vegetativo quando expostas aos diferentes níveis de luminosidade e sombreamento. Para Bezerra (2016), a eficiência do crescimento da planta está diretamente relacionada com a habilidade de adaptação às condições luminosas do ambiente, e que seu comportamento ecológico muda quando são submetidas às condições diferentes das que estão habituadas.

Dessa maneira, considerando a importância da espécie e, sobretudo, da produção de mudas para a recuperação de áreas degradadas, a execução deste trabalho, tem como objetivo acompanhar o processo de germinação e os comportamentos fisiológicos da espécie *H. serratifolius* (Vahl) S. O. Grose, como também identificar as condições de luminosidade e substratos ideais, com o propósito de subsidiar estudos futuros de conservação ambiental e restauração, que utilizem essa espécie.

**Material e Métodos**

O experimento foi conduzido em ambiente protegido (telado) utilizando sombrites de diferentes proporções (35, 50 e 80%), e a pleno sol (0%), na Universidade Federal do Piauí (UFPI), Campus Professora Cinobelina Elvas (CPCE), em Bom Jesus- PI,

durante os meses de novembro de 2018 a janeiro de 2019.

O município possui clima quente e úmido, classificado por Köppen como Awa, Tropical chuvoso com estação seca no inverno e temperatura média do mês mais quente maior que 22°C. Localizado nas coordenadas geográficas 09°04'28"S, 44°21'31"W, e altitude média de 277 m, com precipitação média entre 900 a 1200 mm.ano<sup>-1</sup> e temperatura média de 26,2°C (INMET, 2019).

Foram utilizadas sementes da espécie *Handroanthus serratifolius*, onde a coleta das sementes foi realizada em uma matriz localizada na cidade de Palmeira do Piauí, no mês de novembro de 2018. Após a coleta as sementes foram beneficiadas manualmente, que consistiu na retirada manual das alas eventualmente aderidas e sementes imaturas ou danificadas. Foi semeada 1 semente por saquinho de polietileno preto com capacidade de 500 ml, com dimensões de 20 cm de altura e com 10 cm de diâmetro.

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x4, sendo os tratamentos das misturas de substratos T1: Arroz (30%) + Esterco caprino (70%); T2: Areia (80%) + Arroz (20%); T3: Esterco caprino (60%) + Areia (40%); e T4: Areia (40%) + Arroz (20%) + Esterco caprino (40%), distribuídos nas diferentes porcentagens de sombrites (35, 50 e 80%) e a pleno sol (0%), com 5 repetições por tratamento.

Aos 40 dias após a semeadura (04/01/2019), as mudas foram retiradas dos saquinhos e lavadas em água corrente, selecionando a altura do colo, para avaliação do comprimento da parte aérea e parte radicular, a raiz primária e a parte aérea das plântulas de cada repetição foram medidas com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, sendo os resultados expressos em cm, para determinação do peso fresco, as mudas foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados, e

pesadas, sendo logo após colocadas em estufa a 65°C por 24 horas (CAMPOS et al., 2015) e posteriormente, pesadas em balança com precisão de 0,001 g para determinar o peso da matéria seca total das mudas, os resultados foram expressos em gramas.

A contagem da emergência foi realizada diariamente, iniciando no dia 25 de novembro até o dia 4 de janeiro, totalizando um período de 40 dias. Posteriormente foi realizada a análise de variância utilizando o teste F a 5% de probabilidade e a comparação de médias pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade e regressão para as análises quantitativas, utilizando o software estatístico computacional R (versão 3.4.1) (R<sup>2</sup>).

### Resultados e Discussão

Na Tabela 1, encontram-se as análises de variância do Índice de Velocidade de Emergência (IVE), avaliadas pelas porcentagens de germinação. Para o estudo relativo ao IVE, o índice de velocidade de emergência diferiram estatisticamente entre os tratamentos. Entretanto, foi possível constatar significância para os fatores tratamento e sombreamento pelo teste F, enquanto para interação dos fatores não houve significância. Observa-se que, o tratamento T3 (Esterco caprino (60%) + Areia (40%)); apresenta melhor desempenho quando comparados aos demais.

O tratamento T3, possivelmente favoreceu esse resultado, por apresentar em sua composição matéria orgânica, e também um componente muito poroso (areia autoclavada). A porosidade e a esterilidade desse substrato permitiram o movimento de água e ar, favorecendo a germinação (SILVA et al, 2009). Para Cunha et al. (2006), a matéria orgânica é considerada um componente fundamental em substratos. Além disso, o uso do esterco animal aumentou o fornecimento de nutrientes, melhorando a capacidade de troca de cátions (OLIVEIRA et al., 2009).

Tabela 1. Efeito de diferentes substratos na emergência do Ipê-Amarelo *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose

Tratamentos	Sombreamento (%)			
	0	35	50	80
T1	0c	100a	100a	100 <sup>a</sup>
T2	0c	60b	80a	100 <sup>a</sup>
T3	100a	100a	100a	100 <sup>a</sup>
T4	40b	100a	100a	100 <sup>a</sup>

Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade. T1: Casca de arroz (30%) + Esterco caprino (70%); T2: Areia (80%) + Casca de arroz (20%); T3: Esterco caprino (60%) + Areia (40%); e T4: Areia (40%); T4: Areia (40%) + Casca de arroz (20%) + Esterco caprino (40%).

A partir da análise do desdobramento do sombreamento (Figura 1), observa-se que o T3 não difere significativamente, e que o T4 apresenta melhor resultado para todos os sombreamentos, enquanto T2 não apresenta a mesma eficiência a 35 e 50%. Comparado aos tratamentos a pleno sol, a eficiência das sementes sob os sombreamentos apresenta o melhor desenvolvimento. No entanto, Sabino (2016) afirma que, cada espécie vegetal possui formas particulares de adaptarem-se às variações de luminosidade do ambiente,

existindo espécies aptas a crescer inicialmente em altas intensidades luminosas e espécies que se sobrepõe em ambientes com baixa luminosidade.

Contudo, *H. serratifolius*, trata-se de uma espécie heliófita pertencente ao grupo das secundárias tardias, portanto, podem emergir sob ambientes com alta intensidade luminosa, o que representa uma habilidade importante para a espécie, pois propicia uma ampla distribuição, podendo germinar tanto em áreas descobertas, quanto a pleno sol (MOTA et al., 2012).

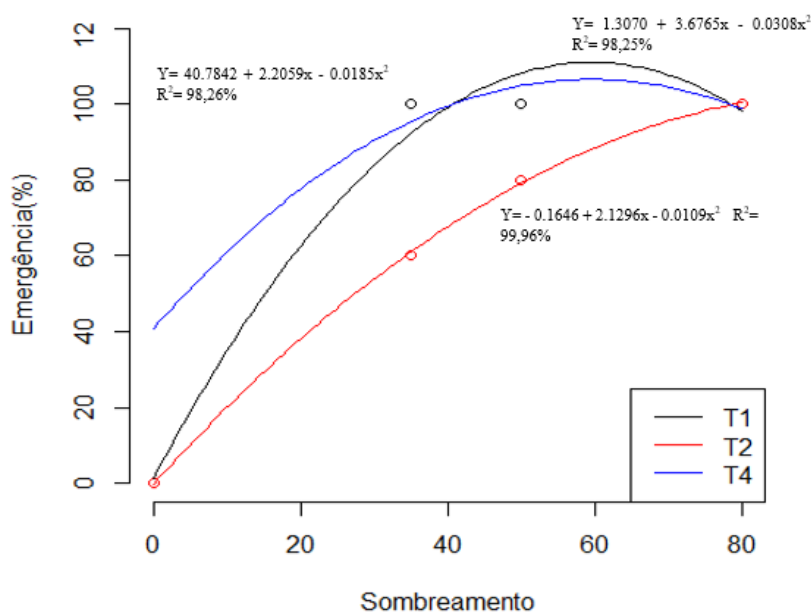


Figura 1. Emergência de sementes de Ipê-Amarelo *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose sob diferentes sombreamentos.

Por meio da análise de regressão foi possível observar que, houve uma tendência de elevação dos valores do comprimento da parte aérea de acordo com o aumento do nível de retenção da luminosidade (Figura 2). O desenvolvimento da espécie é melhor a 50% de sombreamento, indicando caráter heliófilo (RAMOS et al., 2004).

Lone et al. (2015), enfatizam que, as plantas que crescem em ambiente sombreados tendem a expandir-se longitudinalmente, ou seja, aumentam a altura respondendo à condição que desfavorece a atividade fotossintética. No entanto, para Ramos et al. (2004), a capacidade de aclimação às condições de sombreamento e o bom desempenho nos ambientes com níveis

intermediários de sombreamento, condizem com as variações na intensidade luminosa às quais a espécie está exposta no ambiente de floresta estacional.

Ainda é possível observar na Figura 2 que, o menor comprimento da parte aérea é observado nas mudas cultivadas a pleno sol. Devido ao excesso de luz, acima da capacidade de utilização pela fotossíntese da espécie, o que pode resultar em uma condição de estresse conhecida como foto inibição da fotossíntese, diminuindo a eficiência desse processo, o crescimento, pode ter sido também prejudicado por um aumento da taxa respiratória, ocasionando a diminuição da fotossíntese líquida (LONE et al., 2015).

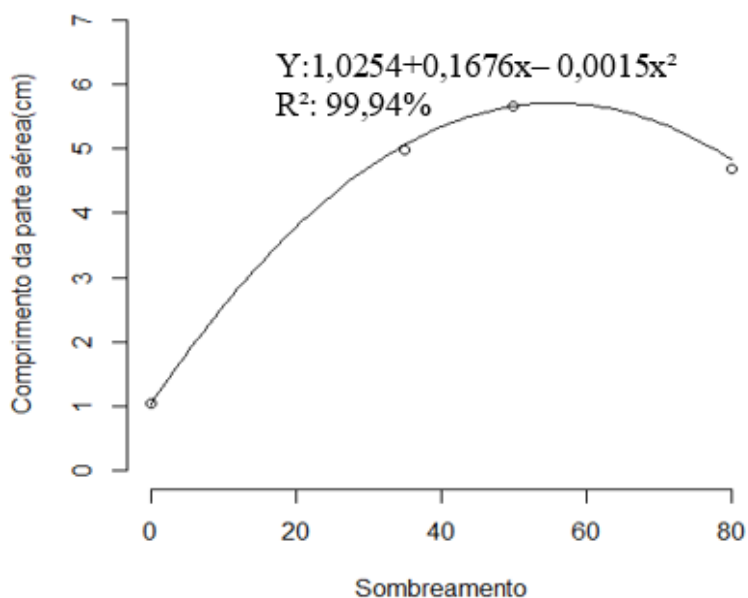


Figura 2. Comprimento da parte aérea do *Handroanthus serratifolia* em função de diferentes sombreamentos.

Para o comprimento da raiz, a análise de regressão demonstra elevação do valor em 50% de sombreamento e posterior queda desse com o aumento do sombreamento (Figura 3). Segundo Lone et al. (2015), o comprimento, em função da redução da radiação incidente, é uma resposta adaptativa das plantas no sentido de maximizar a interceptação de luz.

Lone et al. (2015), observaram também que, em plantas de ambientes mais iluminados em relação às plantas de ambientes mais

sombreados, que a menor diferença da razão raiz/parte aérea indica maior distribuição de biomassa para as raízes das plantas mais iluminadas, permitindo maior absorção de água e nutrientes. Ainda segundo esses autores, a estratégia garantiria maior capacidade para suportar as maiores taxas de fotossíntese e transpiração que ocorrem nesses ambientes, as plantas em resposta a pouca luz produzem menos matéria seca e retém foto assimilados na parte aérea com menor crescimento da raiz.

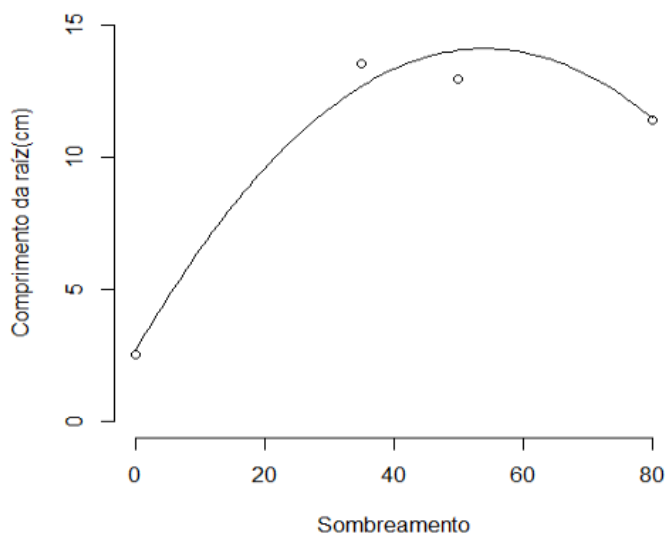


Figura 3. Comprimento da raiz em função do sombreamento.



As maiores médias apresentadas quanto ao peso da massa fresca da parte aérea (MFPA) do *Handroanthus serratifolia* foram observadas nos níveis de redução de luminosidade a 50% (Figura 4). Observa-se que, os maiores valores de MFPA nesse experimento deve-se, supostamente, às condições edafoclimáticas mais favoráveis ao desenvolvimento da espécie, o que resultou num ciclo mais longo de 40 dias, que para Araújo et al. (2011), propicia às plantas maior crescimento e produção.

Ainda foi possível observar que, no nível de sombreamento 0%, não teve dados do peso da MFPA, exceto no T3, a média de radiação solar incidente, sem efeito dos sombreamentos durante o período experimental é de 1329,78 (kJ/m<sup>2</sup>). Podendo afirmar que, a espécie sofre uma redução ou inibição no processo de

germinação a exposição direta à radiação solar nessa condição (Figura 4).

Quanto ao substratos utilizados, o T3 (esterco caprino (60%) + areia (40%)) se destaca-se dentre os demais (Figura 1), provavelmente deve-se ao fato de que, a matéria orgânica presente no esterco caprino, possibilita uma retenção de umidade e calor maior, acelerando o processo metabólico da semente e aumentando a taxa de germinação (BRAGA et al., 2010). No entanto, para Laviola et al. (2006) um bom substrato para germinação de sementes é necessário que se tenha uma boa capacidade de troca de cátions, visto ser um importante mecanismo que auxilia na regulação do fornecimento dos nutrientes de cargas positivas para a planta.

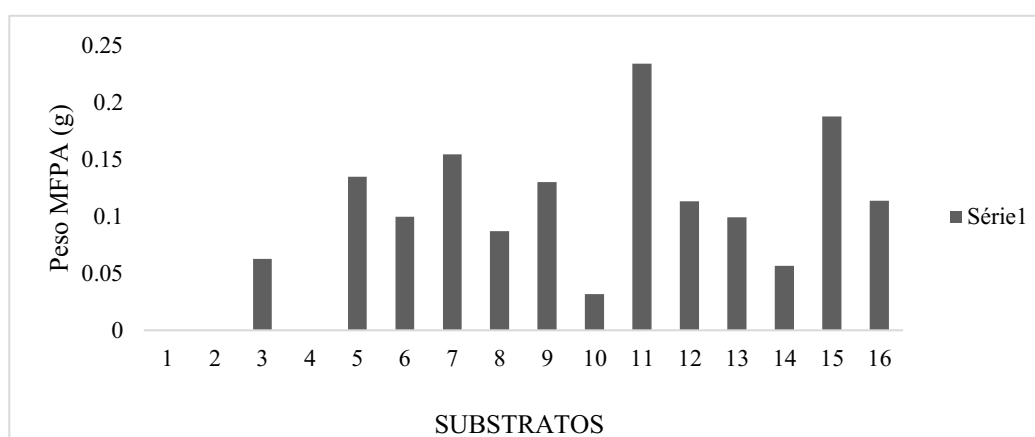


Figura 4. Peso da massa fresca da parte aérea (MFPA).

Ao ser analisado o peso da massa fresca da parte radicular (MFPR), observa-se que as maiores médias se encontram, nos níveis de sombreamento de 35 e 50% (Figura 5), no entanto, segundo Araújo et al. (2011) um sistema radicular mais desenvolvido é importante e desejável, pois possibilita maior exploração do solo e, conseqüentemente, maior absorção de água e nutrientes.

Também é possível observar que o substrato T3 influencia esses resultados, visto que, as maiores médias são identificadas com o uso do mesmo, certamente, o T3 promove um balanço nutricional positivo, contribuindo para o aumento no crescimento das raízes. Araújo et al. (2011), afirmam que os substratos que possuem matéria orgânica na sua composição, como o T3, proporcionam resposta positiva sobre a produção das mudas, chegando a igualarem ou, até mesmo, a superarem os efeitos dos fertilizantes químicos.

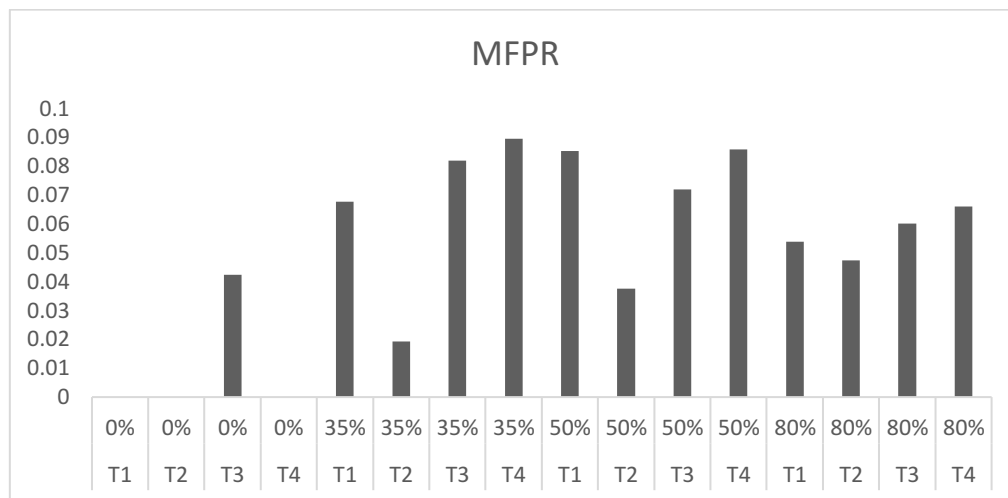


Figura 5. Peso da massa fresca parte radicular (MFPR).

É possível atestar a significância dos fatores avaliados com a análise de variância pelo teste F, no entanto a interação entre os mesmos não obteve significância. Porém, efeito significativo dos fatores isolados é observado nestas variáveis (Tabela 2). Pode-se observar que, as mudas de *Handroanthus serratifolia* no substrato T3 (esterco caprino (60%) + areia (40%)) tem maior efeito na matéria seca da parte aérea.

O bom desempenho na formação das mudas, observado no substrato T3, possivelmente ocorreu devido, entre outros fatores, ao efeito de matéria orgânica presente

na composição do substrato. Entretanto, Junior et al. (2003), mencionam que os principais efeitos dos substratos se manifestam sobre as raízes, podendo acarretar algumas influências sobre o crescimento da parte aérea.

Pereira et al. (2010), atestam que os efeitos da matéria orgânica, propiciam maior crescimento das mudas. No presente trabalho, a matéria orgânica também proporciona maior crescimento das mudas. O grande aumento da produção de matéria seca pelas plantas, possivelmente, se deve as melhores condições físicas e biológicas proporcionadas aos substratos pela matéria orgânica.

Tabela 2. Efeito de diferentes substratos na matéria seca da parte aérea do Ipê Amarelo (*Handroanthus serratifolia*)

Tratamentos	MS
T1	0,026 b
T2	0,0033 b
T3	0,063 a
T4	0,0180 b

Médias seguidas das mesmas letras não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, a nível de 5% de probabilidade.

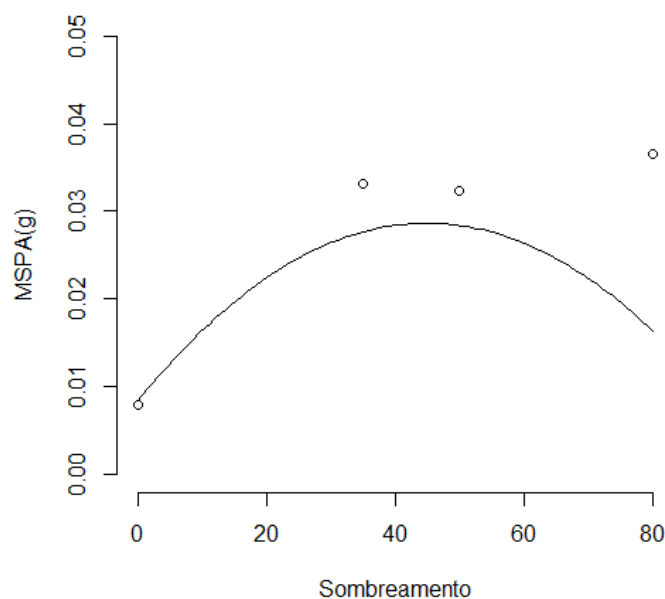


Figura 6. Efeito da matéria seca de Ipê Amarelo (*Handroanthus serratifolia*) sob diferentes sombreamentos.

Dentre os níveis de redução de sombreamento analisados, em relação a matéria seca de Ipê Amarelo (*Handroanthus serratifolia*), o nível de redução de sombreamento de 50% é o que promove o melhor desempenho no crescimento da parte aérea, resultando em um maior peso da massa seca (Figura 6). Portanto, através da análise de regressão, o estudo obteve diferença significativa, em relação aos níveis de redução de sombreamento.

Observa-se que há uma tendência para um maior aumento no peso da massa seca na parte aérea. Estes resultados confirmam as observações de que o habitat preferencial da espécie estudada são em incidência de radiação solar, intermediária entre as condições de clareira e de pleno sol, no entanto, segundo Felfili et al. (1999), a baixa tolerância a altos níveis de sombreamento, típico de espécies heliófilas, fica mais evidenciadas no tratamento de 35% de sombreamento.

Segundo Dutra et al. (2012), dentre todos os parâmetros que se avalia a resposta da planta à intensidade luminosa, o mais frequente é a altura da planta, uma vez que, trata-se de um mecanismo de adaptação das plantas, isto é, uma estratégia para escapar do sombreamento. Entretanto, pode-se observar que, em termos percentuais as mudas de *H. serratifolia* apresentam um ligeiro aumento na produção de MSR sob maiores intensidades de sombra, demonstrando a boa capacidade adaptativa da espécie a diferentes incidências luminosas.

### Conclusão

Conclui-se que o tratamento T3 apresentou melhor efeito nas sementes de *Handroanthus serratifolia* independente do sombreamento utilizado, e que quanto maior o nível de sombreamento melhor foi a eficiência de emergência da semente de *H. serratifolia*, a redução de luminosidade foi considerada satisfatória para a espécie, principalmente, por apresentar crescimento elevado em todos os parâmetros avaliados, também atestou-se que o crescimento e o peso da massa fresca e massa seca da parte aérea e radicular do *H. serratifolia* foram positivamente influenciados ao se fazer uso de substratos que continham matéria orgânica em sua composição.

### Referências

- ALMEIDA, K. L.; SILVA, L. P.; SILVA, G. A.; NETO, C. D. M. S.; PRADO, R. S. Atividade inibitória de *Handroanthus serratifolius* (Bignoniaceae) sobre *Candida albicans*. Revista Eletrônica da Faculdade de Ceres, v.4, n.2, p.1-18, 2015.
- ARAUJO, W. F.; SOUSA, K. T. S.; VIANA, A. V. T.; AZEVEDO, M. B.; BARROS, M. M.; MARCOLINO, E. Resposta da alface a adubação nitrogenada. Revista Agro@mbiente, v.5, n.1, p.18-23, 2011.
- BEZERRA, M. W. Avaliação do processo de recuperação florestal da bacia do Rio Pipiripau. 2016. Disponível em: <<http://bdm.unb.br/handle/10483/13743>>. Acesso em: 25 de junho 2019.

- CAMPOS, A. A.; SCOTTON, J. C.; COSTA, W. L.; GIASSI, V.; PINTO, D. F.; HOMMA, S. K. Seleção de fungicidas visando à preservação de fungos micorrízicos arbusculares nativos no cultivo do feijoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.9, p.898-902, 2015.
- CUNHA, M. A.; CUNHA, M. G.; SARMENTO, A. R.; CUNHA, M. G.; AMARAL, T. F. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de Acácia sp. *Revista Árvore*, v.30, n.2, p.207-214, 2006.
- SANTOS, E. M.; CAMPOS, R. A. S. Germinação de sementes de ipê-amarelo *Tabebuia ochracea* (Chamb.) Standl.(Bignoniaceae) em diferentes substratos. In: *Jornada Científica da UNEMAT*, 2, 2009, Barra do Bugres. Anais... Barra do Bugres: UNEMAT, 2009.
- DUTRA, T. R.; GRAZZIOTTI, P. H.; SANTANA, R. C.; MASSAD, M. D. Desenvolvimento inicial de mudas de copaíba sob diferentes níveis de sombreamento e substratos. *Revista Ciência Agronômica*, v.43, n.2, p.321-329, 2012.
- FELFILI, J. M.; HILGBERT, L. F.; FRANCO, A. C.; SILVA, J. C. S.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, M. V. P. Comportamento de plântulas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. var. *rubiginosum* (Tul.) Benth. sob diferentes níveis de sombreamento, em viveiro. *Revista Brasileira de Botânica*, v.22, n.2, p.13-17, 1999.
- FERNANDES, A. C. Propagação vegetativa e estabelecimento in vitro de *Swietenia macophylla* King e *Handroanthus serratifolius* (Vahl) SO Grose. *Revista Árvore*, v.30, n.2, p.207-214, 2015.
- GOULART, L. M. L.; PAIVA, H. N.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; DUARTE, L. D. Produção de mudas de Ipê-amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em resposta a fertilização nitrogenada. *Floresta e Ambiente*, v.24, p.327-345, 2016.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia Normal climatológica. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 05 de janeiro 2019.
- JUNIOR, A. W.; COUTO, M.; QUEZADA, A. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29C (*Prunus cerasifera* EHRH.) em casa de vegetação. *Current Agricultural Science and Technology*, v.9, n.2, p.125-128, 2003.
- LONE, A. B.; TAKAHASHI, L. S. A.; FARIA, R. T.; DESTRO, D. Desenvolvimento vegetativo de *Melocactus bahiensis* (Cactaceae) sob diferentes níveis de sombreamento. *Ceres*, v.56, n.2, p.199-203, 2015.
- LAVIOLA, B. G.; LIMA, P. A.; WAGNER JÚNIOR, A.; MAURI, A. L.; VIANA, R. S.; LOPES, J. C. Efeito de diferentes substratos na germinação e no desenvolvimento inicial de jiloeiro (*Solanum gilo* RADDI), cultivar verde claro. *Ciência e Agrotecnologia*, v.30, n.3, p.415-421, 2006.
- MOTA, L. H.; SCALON, S. de P. Q.; HEINZ, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. *Ciência Florestal*, v.22, n.3, p.423-431, 2012.
- MONTEIRO, M. M.; VIEIRA, D. A.; MELO SILVA-NETO, C.; GATTO, A.; VENTUROLI, F. Abordagem multivariada do uso do hidrogel em espécies nativas do cerrado em área degradada. *Revista Tree Dimensional, ProFloresta*, v.1, n.1, p.1-14, 2016.
- NASCIMENTO G., L. H.; SANTOS, H. O.; VON PINHO, É. V. D. R.; ANDRADE, T., VON PINHO, I. V.; PEREIRA, R. W. Physiological quality and expression of genes in seeds of *Handroanthus serratifolius* subjected to drying. *Journal of Seed Science*, v.37, n.2, p.102-110, 2015.
- OLIVEIRA, F. D. A.; OLIVEIRA FILHO, A. F.; MEDEIROS, J. F.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; LINHARES, P. C. F. Desenvolvimento inicial da mamoneira sob diferentes fontes e doses de matéria orgânica. *Revista Caatinga*, v.22, n.1, p.206-211, 2009.
- PEREIRA, P. C.; MELO, B. D.; FREITAS, R. D.; TOMAZ, M. A.; FREITAS, C. D. J. Mudas de tamarindeiro produzidas em diferentes níveis de matéria orgânica adicionada ao substrato. *Revista Verde*, v.5, n.3, p.152-159, 2010.
- RAMOS, K. M. O.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SOUSA S, J. C.; FRANCO, A. C. Desenvolvimento inicial e repartição de biomassa de *Amburana cearensis* (Allemao) AC Smith, em diferentes condições de sombreamento. *Acta Botanica Brasilica*, v.18, n.2, p.351-358, 2004.
- SABINO, M.; KORPAN, C.; FERNEDA, B. G.; SILVA, A. C. Crescimento de mudas de ipês em diferentes telas de sombreamento. *Nativa*, v.4, n.2, p.61-65, 2016.
- SILVA, E. A. D.; MARUYAMA, W. I.; OLIVEIRA, A. C. D.; BARDIVIESSO, D. M. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de mangabeira (*Hancornia speciosa*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.31, n.3, p.925-929, 2009.

**Capítulo 9****DIAGNÓSTICO DA PRODUÇÃO DE ARROZ NO ESTADO DE RORAIMA****Hudson do Vale de Oliveira<sup>1</sup>****Eli Carlos de Oliveira<sup>2</sup>****Édison Miglioranza<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima -IFRR, Campus Boa Vista Zona Oeste, hudson.oliveira@ifrr.edu.br

<sup>2</sup>Engenheiro Agrônomo, Dr. Pesquisador da Empresa Omnia Brasil, eli.oliveira@omniabrasil.com.br

<sup>3</sup>Professor Dr. da Universidade Estadual de Londrina -UEL, emiglior@uel.br

**Introdução**

No estado de Roraima, o cultivo da cultura do arroz de terras altas (sequeiro) é praticado, principalmente, por pequenos agricultores em áreas de assentamento rural, ou seja, que apresentam, dentre outras características, pouca utilização de tecnologia, embora o seu cultivo esteja expandindo para áreas de cerrado em lavouras mecanizadas e, também, de cunho empresarial (CORDEIRO et al., 2003).

Nesse sistema de cultivo, a área cultivada tem chegado em torno de 5.500 a 6.000 hectares, anualmente. Essa área cultivada tem apresentado uma produção variando entre 11.000 e 12.000 toneladas. Assim, a produtividade tem se mostrado variável, especialmente em virtude do aporte tecnológico adotado. Dessa forma, a média de produtividade varia entre 1.500 e 2.000 kg/ha. É importante salientar que os melhores cultivos têm apresentado produtividades que variam entre 3.500 e 4.000 kg/ha (GALVÃO, 2013).

Por outro lado, as lavouras de arroz irrigado estão localizadas em várzeas com solos de textura argilosa e argilo-arenosa situadas, principalmente, nos municípios de Boa Vista, Cantá, Bonfim, Normandia, Amajari e Pacaraima, porém praticamente com as mesmas características tecnológicas apresentadas para a produção de arroz de terras altas (MEDEIROS et al., 2008).

Guimarães et al. (2006) abordando sobre o sistema de cultivo do arroz, destacam que o Estado de Roraima possui 250 mil hectares de várzeas inundáveis. Assim, ressaltam que tais áreas podem ser incorporadas ao sistema produtivo, especialmente porque deste total, conforme apontam, apenas 6% da área estão sendo cultivados com arroz irrigado com apenas 15 mil hectares.

Segundo Galvão (2013), o sistema de produção de arroz mais predominante no Brasil é o de arroz irrigado em várzeas. Nessa perspectiva, Fabre et al. (2011) ressaltam que, o

arroz irrigado por inundação, no Estado de Roraima, é a cultura agrícola que tem apresentado maior expressividade dentro do setor do agronegócio.

De acordo com Gianluppi e Gianluppi (2007), o Estado de Roraima possui um forte potencial para o desenvolvimento desta cadeia produtiva. Os autores ressaltam que as condições agronômicas são adequadas, havendo duas safras anuais. Além disso, afirmam que, conforme informações da Associação dos Arrozeiros de Roraima (AARR), o principal mercado consumidor do grão beneficiado é o Estado do Amazonas, que absorve, aproximadamente, 75% da produção, em especial a cidade de Manaus, sendo o restante da produção consumida no próprio Estado de Roraima.

A área que é semeada no Estado tem apresentado crescimento anualmente e, principalmente, demonstra um grande potencial de expansão, especialmente tendo em vista a existência de 160.211 hectares de solos de várzeas, que foram mapeados em região de savana, ambiente característico de Roraima (CORDEIRO et al., 2010).

Diante deste contexto, o objeto de estudo é realizar um diagnóstico da produção de arroz no Estado de Roraima.

**Material e Métodos**

O Estado de Roraima representa uma das nove unidades que integram a Amazônia Legal, situando-se no extremo norte do território brasileiro, o que lhe confere a particularidade de possuir a maior parte de suas terras no Hemisfério Norte (MDA, 2010).

O Estado apresenta limites internacionais que se estendem por 958 km, com a Venezuela e 964 km, com a República Cooperativista da Guiana Inglesa, totalizando, portanto, 1.922 km de fronteiras, faixa considerada de Segurança Nacional, que lhe confere uma posição estratégica no que se refere as relações

internacionais entre o Brasil e esses países (MDA, 2010).

Roraima, segundo o Censo do IBGE (2012), ocupa uma área de 224.301,040 km<sup>2</sup>. Em extensão territorial, esse Estado ocupa o 14<sup>o</sup> lugar em relação aos demais estados, apresentando os seguintes limites: ao Norte com a Venezuela e a República da Guiana Inglesa; ao Sul com o Estado do Amazonas; a Leste com a República da Guiana Inglesa e o

estado do Pará; e a Oeste com a Venezuela e o Estado do Amazonas. Apesar de possuir uma grande extensão territorial, o Estado engloba apenas quinze municípios, a saber: Alto Alegre, Amajari, Bonfim, Cantá, Caracarái, Caroebe, Iracema, Mucajaí, Normandia, Pacaraima, Rorainópolis, São João da Baliza, São Luiz, Uiramutã e a capital, Boa Vista, distribuídos na extensão territorial do Estado (Figura 1).

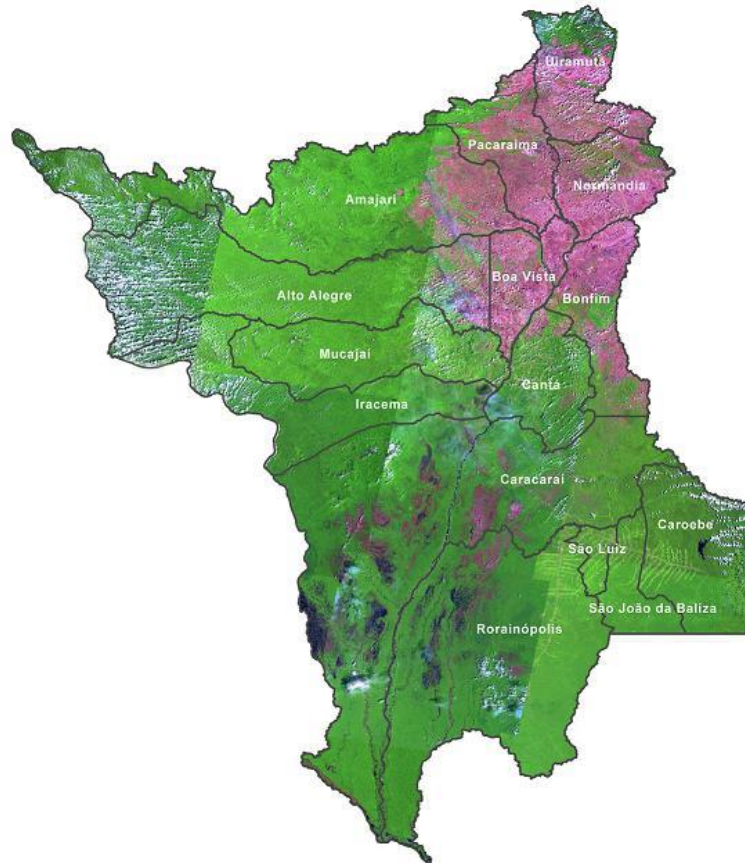


Figura 1. Municípios do Estado de Roraima. Fonte: SEPLAN/RR (2013a).

Historicamente, a ocupação das terras de Roraima deu-se pela perspectiva da preservação do território nacional, especialmente em função de situarem-se em áreas de fronteira. Assim, o processo ocupacional esteve vinculado inicialmente à conquista do rio Amazonas e, posteriormente, a conquista dos rios Negro e Branco. A região foi, no passado, alvo de grande cobiça por parte de exploradores e de aventureiros de várias nacionalidades. Esses aventureiros realizavam viagens exploratórias em busca de ouro e de especiarias, muitas vezes utilizando mão-de-obra indígena da própria região (MDA, 2010).

O clima do Estado de Roraima caracteriza-se como Tropical Úmido e Equatorial Subúmido. A temperatura média mínima no Estado está na faixa de 20°C e a máxima encontra-se em torno de 38°C, em

regiões de níveis baixos em relação ao nível do mar. Em regiões com níveis variando entre 800m a 1000m, a média de temperatura é inferior a 18°C. Em localidades que apresentam altitudes acima de 1100m, a temperatura mínima noturna chega a 6°C e a diurna tem sido inferior a 20°C, em qualquer época do ano (MDA, 2010).

O Estado de Roraima possui duas estações climáticas bem definidas, a chuvosa (configura-se como inverno), entre os meses de abril e setembro, sendo junho e julho os meses em que mais se chove; e seca (caracteriza o verão), entre os meses de outubro a março, sendo dezembro e janeiro os meses que apresentam maior seca, inclusive aumentando a probabilidade de queimadas em algumas regiões do Estado. A precipitação pluviométrica, em média, varia de 2.200 a 2.250mm, a SW para

1.600 a 1.000mm, a NE da Bacia do Rio Branco, sendo que a umidade relativa média compensada anual varia de 65 a 90% no mesmo sentido da pluviosidade (MDA, 2010).

Para a realização do diagnóstico da Produção de Arroz no Estado de Roraima, no período de 1976 a 2014, foram coletados dados disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pela Secretaria de Estado de Planejamento e Desenvolvimento de Roraima (SEPLAN/RR), pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), e por outras instituições do Estado. Também foram coletadas informações em jornais e junto a produtores, e na Associação dos Arrozeiros de Roraima (AARR).

Após a coleta dos dados, durante a análise destes, foi realizada a separação das informações, e comparando-se os sistemas de produção. Foram levados em consideração os aspectos como área plantada, produção e produtividade. Os dados foram tabulados e organizados em planilhas desenvolvidas no Microsoft Excel® por meio de estatística descritiva.

## Resultados e Discussão

Na Figura 2, observa-se a evolução da área cultivada de arroz em Roraima, entre 1976 e 2014.

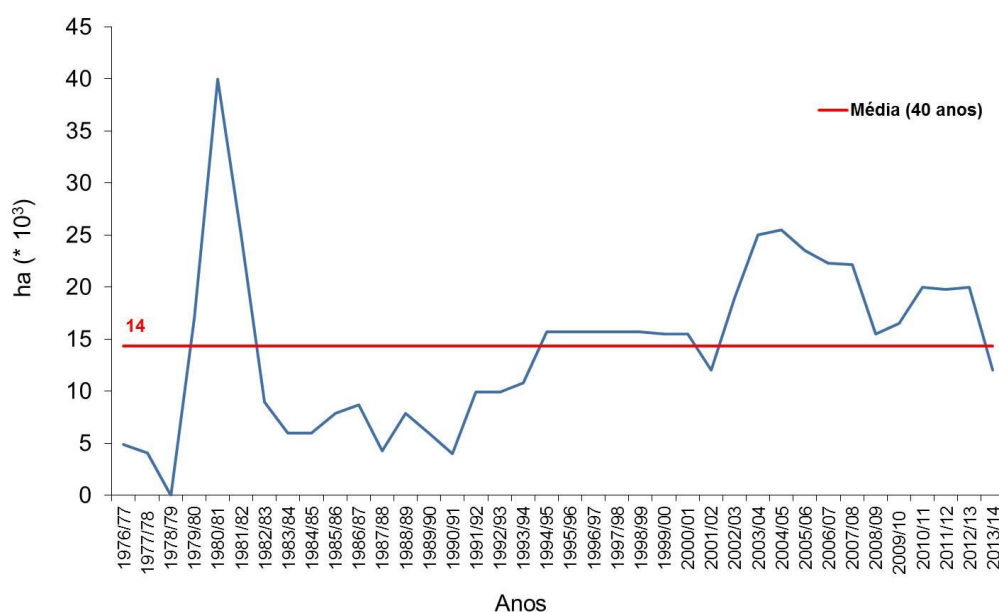


Figura 2. Evolução da área cultivada de arroz em Roraima entre 1976 a 2014.

Fonte: Adaptado de CONAB (2014).

Segundo os dados da SEPLAN/RR (2013a), o arroz é a cultura agrícola mais produzida no Estado de Roraima atingindo, em 2011, a marca de 107.075 toneladas produzidas, sendo o município de Bonfim responsável pela maior produção com uma safra de 40.468 toneladas. Apesar do destaque para o município de Bonfim, cabe salientar que, o arroz é uma cultura que está presente em todos os municípios do Estado.

De acordo com Rodrigues et al. (2011), o sistema de produção da cultura do arroz no Estado de Roraima é desenvolvido por cerca de 20 produtores. Estes produtores cultivam, em média, cerca de 600 hectares por ano. Os autores destacam ainda que, os maiores cultivos da cultura são de produtores que apresentam áreas acima de 1.000 hectares por ano.

Para Cordeiro e Medeiros (2010a), a produção de arroz irrigado em várzeas no período compreendido entre as décadas de 1980 e 2000 apresenta uma série segmentada. Essa segmentação, segundo os autores, ocorre por meio de três fases, a) a fase de implantação da cultura, que compreende o período de 1981 a 1990; b) a fase de estabelecimento da cultura, que compreende o período de 1991 a 2000; e c) a fase de expansão do cultivo da cultura do arroz, que se caracteriza a partir dos anos 2000. Ainda segundo os autores, tais fases possibilitaram um fortalecimento do agronegócio no Estado, especialmente na atividade em questão, tornando tal atividade uma das mais organizadas e estruturadas.

Nos dados da CONAB (2014), apresentados na Figura 2, observa-se um

panorama detalhado da evolução da área cultivada de arroz no Estado de Roraima entre os anos de 1976 a 2014. Observa-se, ainda, um pico entre os anos de 1980 e 1982, assim como uma redução da área cultivada a partir de 2008, com leve aumento em 2011, mantendo-se em 2012 e 2013, porém com queda novamente em 2014. A média de área cultivada com arroz, ao longo dos 40 anos analisados, é de 14.000 ha.

Nas Figuras 3, 4 e 5 pode-se observar um detalhamento por meio da segmentação entre os anos considerados.

Na Figura 3, observa-se que o pico na área cultivada com arroz, entre os anos de 1980 e 1982, pode estar atrelado ao início da cultura no Estado, especialmente em função da abertura de áreas de cerrado para a produção, inicialmente arroz de sequeiro. Tal possibilidade, inclusive, foi ratificada pelo presidente da AARR, Genor Faccio, destacando que, muitas áreas no período em questão, passaram a ser utilizadas na produção de arroz de sequeiro e, portanto, deu-se início a implantação do arroz no Estado.

Na Figura 4, tem-se o detalhamento entre os anos de 1986 e 2004.

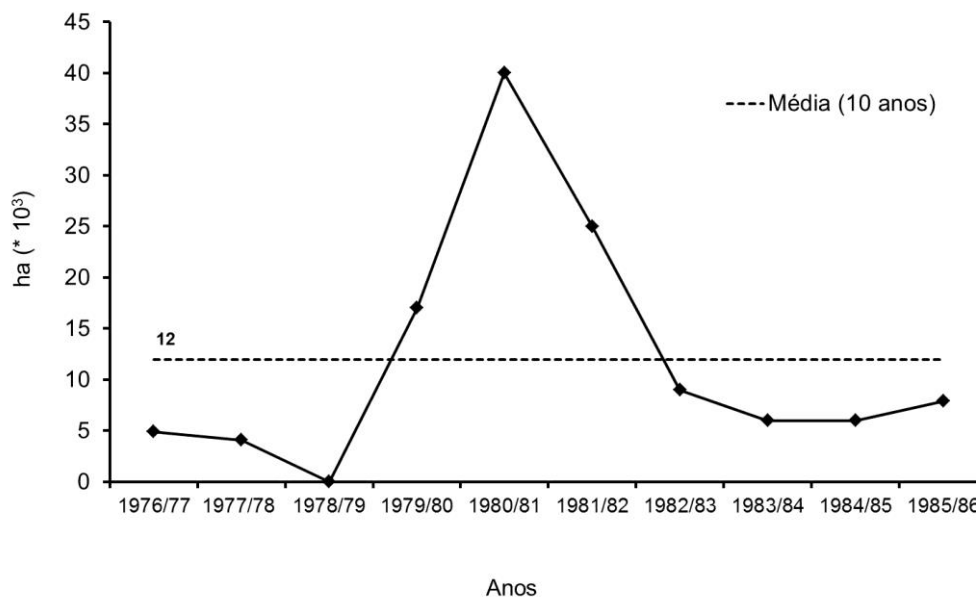


Figura 3. Evolução da área cultivada de arroz em Roraima entre 1976 a 1985. Fonte: Adaptado de CONAB (2014).

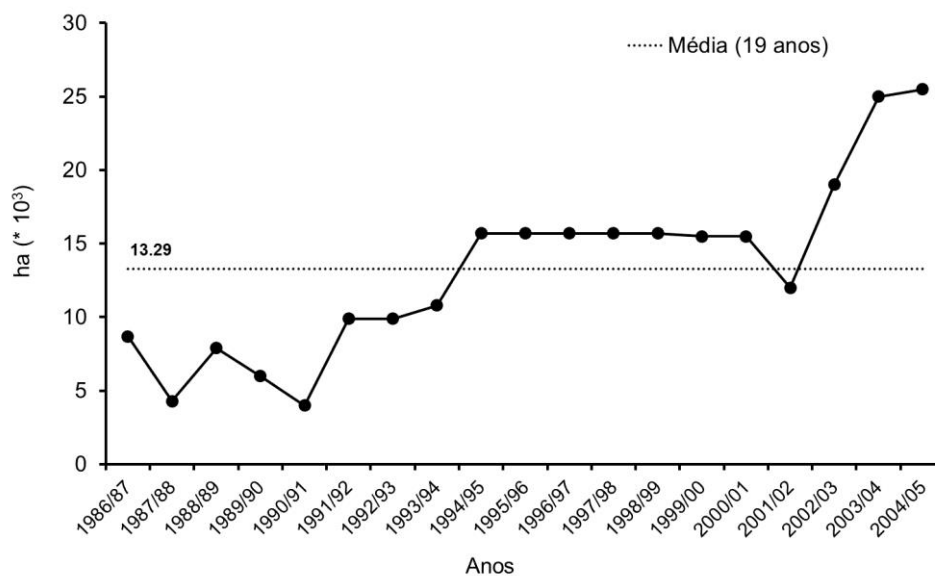


Figura 4. Evolução da área cultivada de arroz em Roraima entre 1986 a 2004. Fonte: Adaptado de CONAB (2014).



Apesar das variações na área cultivada entre os anos de 1986 e 1993, observa-se uma boa estabilidade entre os anos de 1994 e 2000,

o que pode representar o adequado estabelecimento da cultura no Estado.

Na Figura 5, tem-se o detalhamento entre os anos de 2005 e 2014.

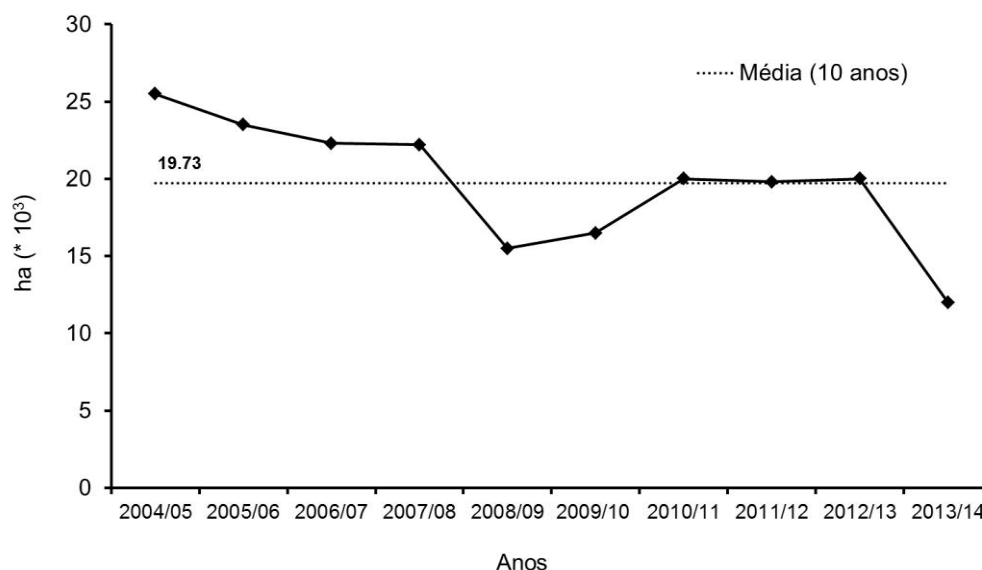


Figura 5. Evolução da área cultivada de arroz em Roraima entre 2005 a 2014.  
Fonte: Adaptado de CONAB (2014).

De acordo com a Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio de Roraima (SEAPA/RR, 2014), a cultura do arroz, embora já tenha ocupado a ponta das relações comerciais do Estado de Roraima, tem se caracterizado como um produto produzido com o objetivo de atender a demanda do mercado interno. Dessa forma, a cultura do arroz, em termos de representatividade, tem perdido espaço para a cultura da soja. A cultura em questão tem sido considerada a locomotiva do desenvolvimento da agricultura do Estado no cenário atual.

O presidente da AARR, Genor Faccio, destaca que, atualmente, a área de cultivo do

arroz irrigado tem sido, em média, de 12 mil hectares por ano, considerando as safras de verão e inverno.

Cordeiro e Medeiros (2010a) relatam que, na fase de expansão da cultura do arroz, especificamente o arroz irrigado em várzeas, no Estado de Roraima, especialmente nos anos entre 2001 e 2009, a média da área plantada de arroz, em hectares, foi de 15.889 ha, sendo a área mínima de 11.000 e a máxima de 24.000 hectares.

Na Figura 6 observa-se um panorama detalhado da evolução da produção de arroz no Estado de Roraima entre os anos de 1976 a 2014.

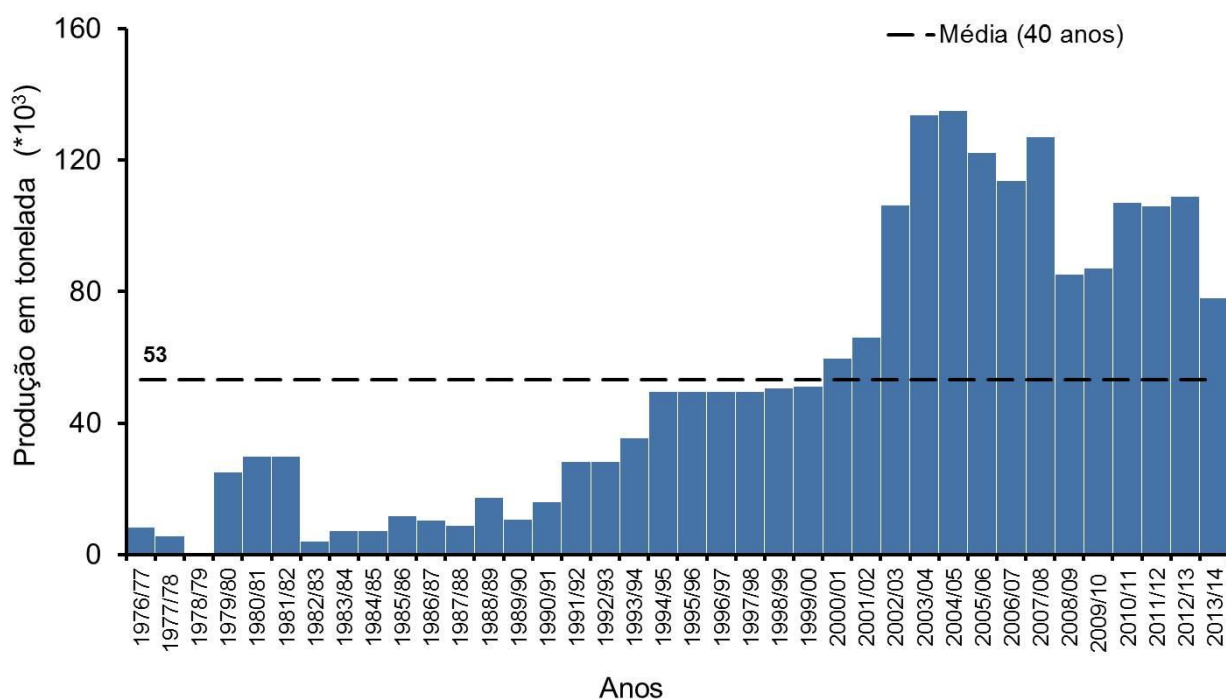


Figura 6. Evolução da produção de arroz de Roraima entre 1976 a 2014.

Fonte: Adaptado de CONAB (2014).

A média de produção, no período analisado, é de 53 mil toneladas. Observa-se que, até o ano de 1994 a produção de arroz estava abaixo de 40 toneladas. A partir do ano de 2003 até 2013 a produção de arroz esteve acima de 80 toneladas, com pequena redução em 2014. Durante o período de 2003 e 2013 observa-se leve redução na produção nos anos de 2009 e 2013.

Informações do portal G1/Roraima (2013) destacam que, de acordo com Faccio (2014), a produção de arroz irrigado apresenta como exigência uma estrutura adequada. Tal estrutura envolve canais, energia confiável, drenos, bem como outros fatores que contribuem para acelerar o processo de produção. Nesse sentido, o tipo de atividade demanda tempo, espaço e investimento.

Apesar da redução das áreas de cultivo da cultura do arroz irrigado, a produção tem aumentado, especialmente em função da

utilização da cultivar IRGA 424, que tem sido utilizada por todos os produtores do Estado. A utilização dessa cultivar tem resultado em uma produção em torno de 140 sacas por hectare. Considerando a saca com 50 kg, tal produção corresponde a 7 toneladas por hectare (FACCIO, 2014).

Com relação a produtividade do arroz, Cordeiro et al. (2007), abordando a segmentação da produção de arroz irrigado no Estado de Roraima, em três fases (implantação, estabelecimento e expansão), destacam que a produtividade média, considerando cada período da referida segmentação, teve um crescimento em torno de 31,5% da fase de implantação para a fase de estabelecimento, bem como um crescimento de 23,5% da fase de estabelecimento para a fase de expansão.

A Figura 7 apresenta um panorama da produtividade de arroz em Roraima ao longo de 40 anos (1976 a 2014).

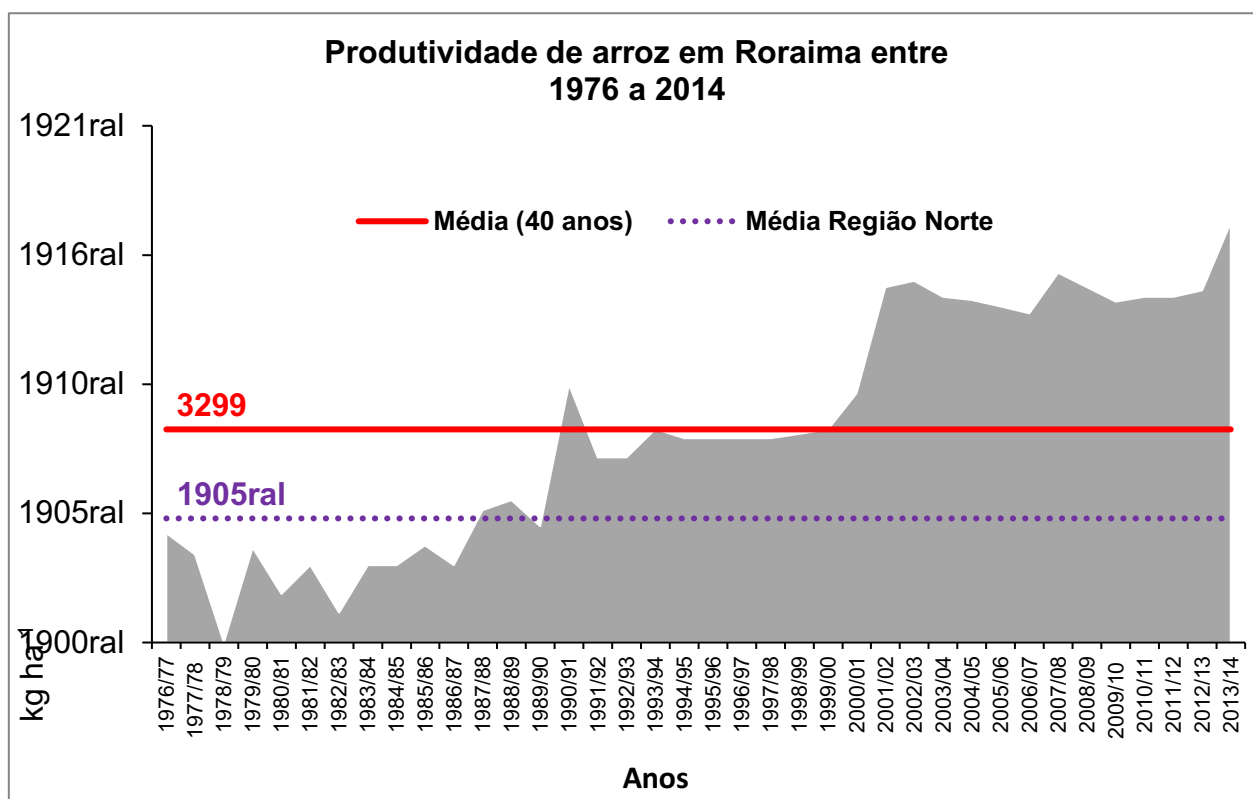


Figura 7. Produtividade de arroz em Roraima entre 1976 a 2014.

Fonte: Adaptado de CONAB (2014).

A média de produtividade de arroz em Roraima é de 3.299 kg/ha, no período considerado, ou seja, está acima da média da produtividade da região norte que é de 1.921 kg/ha. Observa-se que até o ano de 1988 a produtividade de arroz estava abaixo de 2.000 kg/ha. No período entre 2002 e 2013 a produtividade de arroz é praticamente a mesma, com pequenas variações. Apenas o ano de 2014 apresenta produtividade de arroz acima de 6.000 kg/ha.

Observa-se que, no início do período considerado na análise, a produtividade do arroz era muito variável. Além disso, nos anos finais da análise realizada, observa-se que a produtividade é relativamente alta, embora tenha ocorrido uma redução nas áreas de cultivo. Tal comportamento pode estar relacionado ao uso de cultivares com elevado potencial produtivo.

Cordeiro e Medeiros (2005) destacaram que, se a produtividade média de arroz irrigado no Estado de Roraima se mantivesse, bem como as demandas dos mercados, existiria um potencial bastante significativo para uma expansão da área de produção em torno de 50.000 hectares.

Tendo em vista a consolidação da cultura do arroz no cenário do agronegócio no Estado de Roraima, aspectos importantes do sistema de

produção são apontados como essenciais para promoção da maximização da produtividade de grãos, bem como para a redução dos custos de produção e dos impactos ambientais, como a recomendação de novas cultivares e o adequado manejo da adubação nitrogenada na cultura (FABRE et al., 2011).

Zamberlan e Sonaglio (2011) salientam que, o desenvolvimento do cultivo de arroz apresenta estreita relação com os fatores tradicionais de produção como a terra, mão de obra (trabalho) e capital. Ressaltam ainda que, a produtividade dos fatores de produção, mão de obra e terra é dependente de algumas condições que devem estar adequadamente integradas com a adoção de novas tecnologias, tais como, a utilização de sementes geneticamente melhoradas; o adequado uso da adubação e da fertilização; o correto manejo do solo, especialmente ao fazer a adoção de técnicas de cultivo racionais, bem como econômicas e produtivas como, por exemplo, o plantio direto, o semidireto e o pré-germinado. Nesse sentido, para os autores, ainda se faz necessário promover investimentos na formação e na qualificação de mão de obra para o emprego de novas tecnologias de produção.

No que se refere à mão de obra, a atividade fornece emprego, especialmente porque ela exige muita mão de obra não

especializada. Quanto à exigência da atividade por mão de obra especializada, a mão de obra local não atende. Portanto, para tentar resolver essa dificuldade, existem parcerias com algumas instituições para promover treinamentos específicos de forma a capacitar a mão de obra para atender as demandas da produção (FACCIO, 2014).

De acordo com Gianluppi et al. (2002), nas áreas de cerrado do Estado de Roraima, é recomendável realizar o preparo do solo, preferencialmente, com o uso do arado de disco, do arado de aiveca ou da grade niveladora. Ainda segundo os autores, o primeiro preparo do solo deve ser realizado no final do período chuvoso, enquanto o segundo preparo, com gradagens, deve ser realizado próximo à semeadura, no início do período das chuvas que, normalmente, ocorre entre o final do mês de abril e o início do mês de maio.

De maneira mais específica, Gianluppi et al. (2002), ainda ressaltam que, para os cerrados de Roraima, a recomendação da quantidade de calcário a ser utilizada para o cultivo de grãos deve ser suficiente para que se possa atingir valores em torno de 45 a 60% de saturação de bases, bem como pH em água em uma variação entre 5,7 a 6,0. Para isso, os autores destacam que, esses valores de forma geral, são alcançados quando da aplicação de cerca de 1.300 a 1.500 kg/ha de calcário apresentando 100% de PRNT. Além disso, salientam que, juntamente com o calcário, deve ainda ser aplicado cerca de 50 kg/ha de um composto de micronutrientes. Afirmam ainda que, essa correção terá um poder residual por cerca de aproximadamente três anos, devendo ser realizada, preferencialmente, no primeiro preparo do solo.

O calcário que é utilizado no cultivo do arroz irrigado, embora seja usado muito pouco, é proveniente da Venezuela. Esse calcário possui um custo de aproximadamente 200,00 reais por tonelada (FACCIO, 2014).

No que se refere especificamente ao manejo da adubação na cultura, é utilizada adubação praticamente com foco no fornecimento de nitrogênio. Para isso, a ureia tem sido o fertilizante mais comumente utilizado, especialmente em função do seu baixo custo, o que para o produtor é uma vantagem bastante significativa. Inicialmente, utilizava-se cerca de 70 kg de ureia por hectare; posteriormente, essa quantidade passou a ser de 100 kg, parcelada em 50 kg e 50 kg. Tem-se

utilizado 300 kg de ureia por hectare, parcelada em três vezes de 100 kg (FACCIO, 2014).

Smiderle et al. (2011) destacam que, a ureia é um fertilizante que se destaca não apenas pelo menor custo por unidade do nutriente aplicado, mas também em função do elevado conteúdo de nitrogênio que apresenta. Assim, se configura como a principal fonte de nitrogênio para a cultura. Ainda segundo os autores, para os cultivos comerciais de arroz irrigado no Estado de Roraima, aplica-se em torno de 100 a 200 kg de nitrogênio por hectare.

Faccio (2014) destaca que, a ureia utilizada na adubação como fonte de nitrogênio, bem como o NPK usado nos cultivos, na formulação 05-25-25, são provenientes dos Estados do Pará, Maranhão e Bahia. A escolha por um desses estados como fornecedor desses fertilizantes é realizada em função do preço.

No Estado de Roraima, o cultivo de arroz de terras altas tem sido realizado em áreas de cerrado, com predominância, pela utilização da semeadura convencional seja em solos de primeiro ano, solos já cultivados com a cultura do arroz ou em solos que, anteriormente, foram cultivados com a cultura da soja. Observaram ainda, embora em menores proporções, a realização de cultivos mecanizados em áreas de mata (CORDEIRO et al., 2003).

A expansão do cultivo da cultura da soja, bem como o avanço da pecuária são atividades que se configuram como importantes para a realização de rotação com o arroz de terras altas. Além disso, outras alternativas que podem ser adotadas tendo em vista o cultivo do arroz de terras altas é a implantação e a renovação de pastagens, bem como a integração lavoura-pecuária (CORDEIRO & MEDEIROS, 2008a; 2010b).

Galvão (2013) destaca tais alternativas para o arroz de terras altas, tendo em vista que, o Estado de Roraima já dispõe de um adequado complexo agroindustrial devidamente estruturado. O autor refere-se, portanto, a produção de arroz irrigado em várzeas, que é um dos principais produtos agrícolas do Estado. Porém, destaca ainda que, a produção de arroz irrigado apresenta uma concentração apenas no período seco (entre os meses de outubro a março). Assim, como a produção do arroz de terras altas ocorre no período chuvoso (entre os meses de abril a setembro), o autor sugere que a produção desse sistema de cultivo seja somada a produção do arroz irrigado para, dessa forma, aumentar o volume de produção

para o abastecimento e para a comercialização deste cereal.

Dentro do processo de produção do arroz, destaca-se como de fundamental importância a utilização de cultivares adequadas, que além de apresentarem boa produtividade, também sejam resistentes as doenças e as pragas que atacam a cultura.

Nesse sentido, as cultivares mais utilizadas nos cultivos de arroz no Estado de Roraima são a IRGA 417, BR IRGA 409 e Roraima. Por outro lado, em menor escala, têm sido utilizadas as cultivares IRGA 422 CL, BRS Taim, Puitá INTA CL e BRS Jaburu (CORDEIRO et al., 2007; CORDEIRO & MEDEIROS, 2010a).

A cultivar IRGA 424 tem sido a mais utilizada. A utilização dessa cultivar tem compensado, de certa forma, a redução das áreas de plantio no Estado, pois é uma cultivar que apresenta produtividade muito boa (FACCIO, 2014).

A cultivar IRGA 424, oriunda do Rio Grande do Sul, apresenta como diferencial o alto potencial produtivo, respondendo muito bem ao manejo e às altas adubações. Além disso, apresenta alto potencial de perfilhamento e um ciclo médio de 132 dias. É uma cultivar considerada resistente a brusone (SEMENTES SIMÃO, 2014).

Com relação a utilização dessa cultivar, Faccio (2014) destaca que, ela não é trazida 100% de fora, especialmente em função do frete ser muito caro. Assim, para reduzir os custos de produção relacionados à cultivar (à sementeira), um percentual dessa cultivar é trazido para multiplicar na época das chuvas de forma que na época do verão, que apresenta a maior safra do Estado, já se possui sementes novas para serem utilizadas na sementeira.

O desenvolvimento de novas cultivares e, especialmente, a indicação destas para a utilização nos cultivos se configura em um processo contínuo e muito dinâmico, pois periodicamente são lançadas no mercado novas cultivares em substituição àquelas que, em determinado momento, passaram a ser menos produtivas e, até mesmo, a ter menor aceitação no mercado, ou seja, perderam o seu valor comercial (CORDEIRO et al., 2003).

Nessa perspectiva, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas pela Embrapa Roraima como, por exemplo, no período de 1995 a 2002, visando oferecer no mercado cultivares mais adaptadas às condições edafoclimáticas do Estado e, principalmente, mais produtivas e

com maior aceitabilidade comercial (CORDEIRO, 1995; 1996; 2002a; 2002b; MEDEIROS, 2000; CORDEIRO et al., 2001).

Mais recentemente, novas cultivares tem sido desenvolvidas pela Embrapa Roraima por meio do seu programa de melhoramento genético. Tal programa busca lançar novas cultivares de arroz que apresentem, além de características agronômicas superiores às cultivares em uso, maior diversidade genética. Nesse sentido, as cultivares BRS Jaçanã e BRS Tropical (cultivares de arroz irrigado) foram recomendadas para o Estado de Roraima em virtude de se enquadrarem no padrão considerado adequado, ou seja, tais cultivares apresentam a combinação de características de arquitetura moderna de planta, resistência ao acamamento, maior tolerância à brusone (principal doença da cultura do arroz), além de alta capacidade produtiva, grãos de classe longo-fino, bem como excelentes qualidades industrial e culinária (CUTRIM et al., 2007; 2008; CORDEIRO & MEDEIROS, 2008b; CORDEIRO et al., 2009).

Ainda considerando a perspectiva de lançamento de novas cultivares no mercado, Cordeiro et al. (2010) destacam a importância de se buscar cultivares que além de apresentarem maior produtividade, sejam também eficientes quanto ao uso da água, pois embora o Estado de Roraima se caracterize pela existência de água de qualidade e em abundância, o cultivo de arroz é uma atividade que consome muito deste recurso natural. Tal busca é justificada ainda em virtude de os principais cultivos de arroz estarem situados às margens do Rio Branco e seus afluentes, ou seja, à montante do centro consumidor de Boa Vista, capital do Estado. Os autores destacam ainda que, além da busca por cultivares com tal perfil, essa preocupação é voltada também a busca por novos sistemas de cultivo, caracterizando, dessa forma, aspectos relevantes para a sustentabilidade da cultura do arroz no Estado.

Quanto a distribuição do arroz produzido no Estado de Roraima, é importante salientar que alguns aspectos contribuem para uma boa realização deste processo. Dentre estes aspectos, pode-se citar duas Áreas de Livre Comércio (ALC's), uma no município de Bonfim, que tem se destacado como o maior produtor do Estado, e a outra na capital, Boa Vista (Figura 8). Portanto, essas ALC's proporcionam uma redução significativa na carga tributária que incide sobre o produto (SEPLAN/RR, 2013b).



Figura 8. Áreas de Livre Comércio (ALC's) da Amazônia Ocidental e do Estado de Roraima.  
Fonte: SEPLAN/RR (2013b).

Faccio (2014) destaca que, devido a ALC, as vendas foram prejudicadas, uma vez que os produtores de outros estados trazem o produto para distribuir no Estado de Roraima, com a isenção dos impostos, enquanto os produtores locais são obrigados a pagar um tributo estadual, ou seja, o Imposto de Circulação sobre Mercadorias e Serviços – ICMS (PORTAL G1, 2014). Em outras palavras, os produtores locais não têm incentivo na produção por meio da redução na carga tributária.

Poerschke e Prieb (2007) destacam que, a rizicultura, especialmente a sua rentabilidade e a sua competitividade, sofre com a interferência de diversas variáveis. Dentre estas, a elevada carga tributária brasileira merece atenção, principalmente porque, muitas vezes, essa carga produz um efeito denominado cascata. Ainda segundo os autores, a carga tributária incidente sobre a produção de arroz no Brasil é de 40%, enquanto em países como Uruguai e Argentina, a carga tributária não passa dos 20% (14 e 16%, respectivamente). Assim, percebe-se que essa carga tributária de 40% no Brasil não só prejudica a competitividade do produto brasileiro como também afeta, de maneira significativa, a rentabilidade dos produtores de arroz.

Brugnaro et al. (2003) ressaltam que, o ICMS se refere a um tributo que apresenta um maior peso, dentre os outros tributos na agricultura brasileira, na interferência da produção de arroz reduzindo a rentabilidade

dos produtores e prejudicando a competitividade dos produtos brasileiros no mercado. Os autores destacam ainda que, esse maior peso se deve ao fato de se tratar de um imposto cumulativo, embora tenha sido criado como um imposto sobre um valor adicionado. Os autores estimam um aumento, na renda da população, de aproximadamente 17,7%, em média, com uma isenção deste imposto dentro da cadeia do agronegócio.

### Conclusão

Por este trabalho pôde-se concluir que:

A produção de arroz no Estado de Roraima, especificamente o arroz irrigado, que é produzido em nível comercial, ainda tem se apresentado como estável.

Não existem dados específicos, dos órgãos responsáveis pelo levantamento da produção agrícola do Estado, relacionados à produção do arroz de sequeiro que é produzido apenas para subsistência.

Os produtores de arroz têm sofrido com a concorrência de produtos provenientes de outras regiões que em função das ALC's chegam a Roraima com preços mais baixos.

### Referências

BRUGNARO, R.; DEL BEL FILHO, E.; BACHA, C. J. C. Avaliação da sonegação de impostos na agropecuária brasileira. Agric. São Paulo, v.2, n.50, p.15-27, 2003.

- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 1, Safra 2013/2014, n. 10 – Décimo Levantamento, 2014. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_07\\_09\\_09\\_36\\_57\\_10\\_levantamento\\_de\\_graos\\_julho\\_2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_09_09_36_57_10_levantamento_de_graos_julho_2014.pdf). Acesso em: 22 ago 2014.
- CORDEIRO, A. C. C. Variedades de arroz e milho recomendadas para Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. Embrapa Informa, 10, 1995. 2p.
- CORDEIRO, A. C. C. Desenvolvimento, avaliação e lançamento da cultivar de arroz de sequeiro Confiança para Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 3. 1996. 5p.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de; SMIDERLE, O. J. Cultivares de arroz de sequeiro recomendadas para Roraima. Boa vista: Embrapa Roraima. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 2. 2001. 5p.
- CORDEIRO, A. C. C. BRS Talento: nova cultivar de arroz de terras altas para Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 13. 2002a. 4p.
- CORDEIRO, A. C. C. Produtividade de grãos de cultivares recomendadas e de linhagens promissoras de arroz de terras altas para Roraima no período de 1997 a 2001. In: Congresso da Cadeia Produtiva do Arroz, 2002, Santo Antônio de Goiás. Anais... Santo Antônio de Goiás. Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 134. 2002b.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de.; PEREIRA, P. R. V. da S.; MOREIRA, M. A. B. Orientações técnicas para o cultivo do arroz de terras altas em Roraima. Circular Técnica. EMBRAPA: Boa Vista – Roraima, 2003. 21p.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de. O cultivo de arroz irrigado em Roraima: situação atual e perspectivas. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 4 e Reunião da Cultura do Arroz Irrigado, 26, 2005, Santa Maria. Anais... Santa Maria-RS: Editora Orium, 2005.
- CORDEIRO, A. C. C.; MOURÃO JÚNIOR, M. C.; MEDEIROS, R. D. de. Análise do agronegócio do arroz irrigado em Roraima – período 1981 a 2007. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 5, 2007, Pelotas. Embrapa Clima Temperado. Anais... Pelotas, 2007.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de. Características e desempenho produtivo de cultivares de arroz de terras altas recomendadas para Roraima. Circular Técnica. EMBRAPA: Boa Vista – Roraima, 2008a. 7p.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de. Cultivares de arroz irrigado recomendadas para Roraima. Circular Técnica. EMBRAPA: Boa Vista – Roraima, 2008b. 12p.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de; MARSARO JÚNIOR, A. L.; NECHET, K. de L. Recomendações técnicas para o cultivo do arroz irrigado em várzeas de Roraima. Circular Técnica. EMBRAPA: Boa Vista – Roraima, 2009. 19p.
- CORDEIRO, A. C. C.; SUHRE, E.; MEDEIROS, R. D. de; VILARINHO, A. A. Sistemas de cultivo e manejo de água na produção de diferentes genótipos de arroz em várzea, no Estado de Roraima. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.40, n.3, p.362-369, 2010.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de. Evolução do cultivo e custo de produção do arroz irrigado em Roraima. Comunicado Técnico, 47. EMBRAPA: Boa Vista – Roraima, 2010a. 6p.
- CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de. Desempenho produtivo de genótipos de arroz oriundos de hibridação interespecífica entre *Oryza sativa* e *Oryza glumaepatula*, em várzea de Roraima. Amazônia: Ciência e Desenvolvimento. Banco da Amazônia, v.5, p.7-15, 2010b.
- CUTRIM, V. dos A.; RANGEL, P. H. N.; FONSECA, J. R.; CORDEIRO, A. C. C.; LOPES, A. de M.; SANTIAGO, C. M. BRS Jaçanã: cultivar de arroz irrigado para a região tropical. Comunicado Técnico, 140. Embrapa Arroz e Feijão: Santo Antônio de Goiás – Goiás, 2007. 4p.
- CUTRIM, V. dos A.; CORDEIRO, A. C. C.; LOPES, A. de M.; PEREIRA, J. A.; FONSECA, J. R., RANGEL, P. H. N.; AMORIM NETO, S. BRS Tropical: cultivar de arroz irrigado de ampla adaptação para as várzeas tropicais. Comunicado Técnico, 163. Embrapa Arroz e Feijão: Santo Antônio de Goiás – Goiás, 2008.
- FABRE, D. V. O.; CORDEIRO, A. C. C.; FERREIRA, G. B.; VILARINHO, A. A.; MEDEIROS, R. D. de. Doses e épocas de aplicação de nitrogênio em arroz de várzea. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.41, n.1, p.29-38, 2011.
- FACCIO, G. Entrevista com o Presidente da Associação dos Arrozeiros de Roraima (AARR), 2014.
- GALVÃO, L. de M. Avaliação e seleção de genótipos de arroz irrigado e terras altas com tolerância a herbicida para o estado de Roraima. 110f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Produção Vegetal). Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal de Roraima (UFRR). Boa Vista – RR, 2013.

- GIANLUPPI, L. D. F.; GIANLUPPI, G. D. F. A cadeia agroindustrial do arroz influenciando o desenvolvimento regional: uma comparação entre o Rio Grande do Sul e Roraima. *Amazônia: Ciência & Desenvolvimento*, v.3, n.5, 2007.
- GIANLUPPI, V.; GIANLUPPI, D.; SMIDERLE, O. J. Cultivo da soja no cerrado de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. Embrapa Roraima. *Sistemas de Produção*, 01. 2002. 67p.
- GUIMARÃES, C. M.; SANTOS, A. B. dos; MAGALHÃES JÚNIOR, A. M. de; STONE, L. F. Sistema de cultivo. In: SANTOS, A. B. dos; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. de A. *A cultura do arroz no Brasil*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA Arroz e Feijão: Santo Antônio de Goiás – GO. 2ª ed. rev. e ampliada, 2006. p.53-96.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico. Brasil, 2012. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 ago 2014.
- MDA. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável: propostas de políticas para o território sul de Roraima. Rorainópolis-RR, 2010.
- MEDEIROS, R. D. de. Primavera e Bonança: novas cultivares de arroz de sequeiro para o Estado de Roraima. Boa Vista: Embrapa Roraima. Embrapa Roraima. *Comunicado Técnico*, 4. 2000. 5p.
- MEDEIROS, R. D. de.; CORDEIRO, A. C. C.; BENDAHAN, A. B. Irrigação e manejo de água para a cultura do arroz irrigado em Roraima. *Circular Técnica*. EMBRAPA: Boa Vista – Roraima, 2008. 4p.
- POERSCHKE, R. P.; PRIEB, R. I. P. A insustentável leveza da integração regional: um estudo à luz da realidade do arroz mercosulino. In: Congresso Brasileiro de Economia, Administração e Sociologia Rural, 45, 2007, Londrina. Anais... Londrina-PR, 2007.
- PORTAL G1. Índios dizem reconstruir Raposa; fora da área, arroteiros relatam prejuízos. 22 mar. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/2013/03/indios-dizem-reconstruir-raposa-fora-da-area-arroteiros-relatam-prejuizos.html> Acesso em: 20 ago. 2014.
- PORTAL G1. Após anos da saída de arroteiros, índios dizem produzir na Raposa. 27 fev. 2014. Disponível em: <http://g1.globo.com/rr/roraima/noticia/2014/02/apos-5-anos-da-saida-de-arroteiros-indios-dizem-produzir-na-raposa.html> Acesso em: 26 ago. 2014.
- RODRIGUES, G. S.; CORDEIRO, A. C. C.; MEDEIROS, R. D. de; MACIEL, F. C. da S.; CORREIA, R. G.; BARBOSA, L. A. Área, produção e produtividade do arroz irrigado em Roraima, período 1981/82 a 2009/10. In: Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, 7, 2011, Balneário Camboriú. Anais... Balneário Camboriú-SC, 2011.
- SEAPA/RR. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Agronegócio de Roraima. Balança comercial aponta a soja como principal produto de exportação roraimense. 2014. Disponível em: <http://www.seapa.rr.gov.br/index.php/noticias/98-balanca-comercial-aponta-a-soja-como-principal-produto-de-exportacao-roraimense>. Acesso em: 20 ago. 2014.
- SEPLAN/RR. Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima. Informações Socioeconômicas dos Municípios do Estado de Roraima. Divisão de Estudos e Pesquisas. 2013a. Disponível em: [www.seplan.rr.gov.br](http://www.seplan.rr.gov.br). Acesso em: 15 ago. 2014.
- SEPLAN/RR. Secretaria de Estado do Planejamento e Desenvolvimento de Roraima. Panorama e Vetores de Desenvolvimento de Roraima. Volume I: Características gerais, infraestrutura, incentivos e comércio exterior. Divisão de Estudos e Pesquisas. 2013b. Disponível em: [www.seplan.rr.gov.br](http://www.seplan.rr.gov.br). Acesso em: 15 ago. 2014.
- SEMENTES SIMÃO. Multiplicando com qualidade. IRGA 424, opção de produtividade. Disponível em: [www.sementessimao.com.br](http://www.sementessimao.com.br). Acesso em: 10 out. 2014.
- SMIDERLE, O. J.; CHANG, M. T.; FERREIRA, G. B.; CORDEIRO, A. C. C. Qualidade de sementes de arroz BRS jaçanã em função de aplicações de nitrogênio. *Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais*, v.9, n.1, p.79-86, 2011.
- ZAMBERLAN, C. O.; SONAGLIO, C. M. A influência da produção interna e das importações orizícolas do Mercosul no preço interno do arroz em casca. *Revista de Economia Mackenzie*, v.8, n.3, p.10-29, 2011.



**Capítulo 10****MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM APLICADA A SEMENTES DE AVELÃ SEM CASCA**

**Vírginia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>**  
**Sâmela Leal Barros<sup>2</sup>**  
**Newton Carlos Santos<sup>3</sup>**  
**Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>4</sup>**  
**Amanda Priscila da Silva Nascimento<sup>5</sup>**  
**Tamires dos Santos Pereira<sup>6</sup>**  
**Flávia Izabely Nunes Moreira<sup>7</sup>**

<sup>1,4</sup>Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande - PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor\_herbert@hotmail.com

<sup>2,3</sup>Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande - PB, newtonquimicoindustrial@gmail.com; samelaleal7@gmail.com

<sup>5,6</sup>Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/Campus Campina Grande - PB, amandapriscil@yahoo.com.br; tsantosp16@gmail.com

<sup>7</sup>Engenheira de Alimentos, Especialista em Qualidade e Segurança Alimentar, flavia\_izabely@hotmail.com

**Introdução**

As nozes comestíveis são frutas secas e espessas, que podem conter espinhos recobrendo suas sementes. Estas frutas são extremamente populares por apresentarem boa adaptabilidade às diferentes condições de climas e alto valor nutricional, sendo consideradas como fontes de lipídios, proteínas, vitaminas e minerais. Dentre as nozes mais populares estão a pecã (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch), castanha-de-caju (*Anacardium occidentale* L.), castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.), pistache (*Pistacia vera* L.), avelã (*Corylus avellana* L.), macadâmia (*Macadamia ternifolia* F. Muell.), e noz comum (*Juglans regia* L.) (RAMM et al., 2017).

A avelã é o fruto da aveleira, um arbusto da família Betulaceae que é cultivado na maioria dos países europeus, Ásia Menor e parte da América do Norte. Esta espécie está bem adaptada a diferentes condições climáticas, mas se desenvolve melhor em climas frios e altitudes moderadas (LOPES et al., 2016). Além de seu uso para consumo *in natura* como lanche, a avelã é amplamente utilizada na elaboração de produtos de panificação e confeitaria, como biscoitos, sorvetes, cereais matinais, cremes ou chocolates (LOPES et al., 2016).

As avelãs possuem elevado valor nutricional, apresentam em sua composição diversos nutrientes como proteínas, lipídios, vitaminas, ácidos graxos monoinsaturados,

fitoesteróis e outros fitoquímicos não-nutrientes, como polifenóis. Estas substâncias são associados à diversos benefícios para a saúde humana, proteção ao sistema cardiovascular e promoção do bem estar dos consumidores (GHIRARDELLO et al., 2016).

No entanto, para que o consumo de avelãs seja benéfico à saúde humana, estas devem ser processadas e armazenadas de maneira adequada. Avelãs são produtos sazonais e portanto, o armazenamento correto é fundamental para a preservação dos seus componentes nutricionais e redução na produção de sabores anormais provocados pela oxidação de gorduras. Temperatura, umidade e disponibilidade de O<sub>2</sub> são os fatores mais importantes que afetam o armazenamento das avelãs. Para prolongar a vida de prateleira e para minimizar a ocorrência de reações de rancificação, as avelãs devem ser desidratadas imediatamente após a colheita, até atingir um teor de umidade máximo de 5%, e devem ser armazenados em um ambiente com umidade relativa do ar inferior a 70%, e a relativo umidade durante o armazenamento nunca deve exceder 70% (GHIRARDELLO et al., 2016).

Os tratamentos térmicos são aplicados com o objetivo de remover a pele do avelã, reduzir o teor de umidade e proporcionar o desenvolvimento de um produto com novas características sensoriais. Além disso, a secagem e torrefação, são frequentemente utilizados para prolongar a vida de prateleira do

produto, através das suas propriedades antioxidantes e pela inativação de enzimas oxidativas (lipoxigênicas) (BELVISO et al., 2017).

Torna-se necessário efetuar a otimização do processo de secagem através da verificação das condições ideais para o processo (temperatura e umidade), possibilitando a melhoria da sua eficiência e maior retenção de nutrientes. Além de suprimir o crescimento microbiano, a secagem é capaz de retardar a deterioração da qualidade associada com oxidação lipídica e reação enzimática em grãos. Tanto a temperatura, quanto a umidade, foram consideradas como condições críticas de controle, que devem ser estudadas para não só melhorar a eficiência de secagem, mas também reter a qualidade dos produtos desidratados (WANG et al., 2018).

Para reduzir o teor de umidade dos alimentos, é adequado realizar o processo de secagem, que, além de prolongar a vida útil, reduz significativamente os custos de certas operações, como embalagem, transporte e armazenamento, que conseqüentemente aumenta o valor comercial do produto. No entanto, a seleção das condições adequadas à operação de secagem (temperatura, tipo de secagem e tempo) influenciam diretamente na qualidade de vida das pessoas. Os modelos matemáticos são comumente utilizados na descrição do processo de secagem de produtos alimentícios (SOUSA et al., 2017).

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo analisar e ajustar os modelos matemáticos aos dados experimentais, verificando quais destes modelos se ajustam de maneira satisfatória ao processo de secagem de avelã, e observar a influência da temperatura aplicada ao processo de secagem nas dimensões do produto.

## Material e Métodos

As sementes de avelã (*Corylus vellana* L.) sem cascas foram adquiridas no município de Campina Grande, Paraíba, e os experimentos foram realizados no Laboratório de Secagem, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Alimentos, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Campina Grande - PB.

### Cinética de secagem

As sementes foram colocadas em bandejas de aço inoxidável, e uniformemente espalhadas, formando uma camada fina. Para iniciar o experimento, as bandejas foram colocadas em um secador com circulação de ar com velocidade de ar de 1,5 m/s, para a realização das cinéticas de secagem nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C. No início e no final das secagens foram determinadas as massas secas e calculados os teores de água de acordo com IAL (2008).

Utilizando os dados experimentais, foi calculado os valores da razão do teor de água (Equação 1). Com o cálculo da razão de teor de água das nozes, traçaram-se as curvas da cinética de secagem, representada pela razão do teor de água em função do tempo de secagem em minutos, aplicando os modelos matemáticos (Tabela 1) de Midili, Page, Handerson e Pabis, e exponencial de dois termos para ajustar os dados experimentais (Equação 1).

$$RX = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs(\text{inicial})} - X_e} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: RX = Razão de umidade (Adimensional);  
X<sub>e</sub> = Teor de água de equilíbrio em base seca;  
X<sub>bs</sub> = Teor de água em base seca; X<sub>bs (inicial)</sub> = Teor de água inicial em base seca.

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem

Modelos	Equações
Page	$RX = \exp(-k \cdot t^n)$ (Eq.2)
Midili	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$ (Eq.3)
Handerson e Pabis	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$ (Eq.4)
Exponencial de dois termos	$RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot a \cdot t)$ (Eq.5)

Para análise dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foi utilizado o programa computacional STATISTICA, v.7, utilizando-se a análise de regressão não-linear, pelo método Quasi-Newton. Os modelos foram selecionados tomando-se como parâmetro a magnitude do

coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e do desvio quadrático médio (DQM) (Equação 6).

$$DQM = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(RX_{\text{exp}} - RX_{\text{pred}})^2}{N}} \quad (\text{Eq.6})$$

Em que:  $RX_{exp}$  = Razão de teor de água obtida experimentalmente;  $RX_{pre}$  = Razão de teor de água predita pelo modelo matemático; N = número de observações ao longo da cinética de secagem.

#### Dimensões

O tamanho das sementes foi analisado quanto ao comprimento, largura, espessura com auxílio de paquímetro digital sendo que “a” representa o comprimento ou o maior eixo, mm; “b” a largura ou eixo médio, mm; e “c” a espessura ou menor eixo, mm, conforme metodologia de Mohsenin (1986).

#### Análise estatística

Os dados experimentais das dimensões foram analisados em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade, e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de *Tukey* adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas foi utilizado o software ASSISTAT 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

#### Resultados e Discussão

Na Tabela 2 se encontra expresso os valores dos parâmetros obtidos para os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem das sementes de avelã sem casca.

Tabela 2. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem das sementes de avelã sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

Modelos	T (°C)	Parâmetros			
		a	k	n	b
Midili	50	1,016274	0,032133	0,642923	-0,000166
	60	1,016263	0,032139	0,642957	-0,000166
	70	1,033958	0,060699	0,621237	-0,000069
	80	1,026587	0,062654	0,690656	0,000010
Page	50	-	0,018939	0,770451	-
	60	-	0,028437	0,721535	-
	70	-	0,047868	0,680562	-
	80	-	0,054205	0,709606	-
Handerson e Pabis	50	0,913440	0,004982	-	-
	60	0,896508	0,006078	-	-
	70	0,890098	0,010029	-	-
	80	0,900147	0,022416	-	-
Exponencial de dois termos	50	0,141081	0,034133	-	-
	60	0,159216	0,037560	-	-
	70	0,192214	0,049698	-	-
	80	0,216608	0,061177	-	-

Nota: k: constante de secagem; “a”, “n” e “b”: parâmetros dos modelos matemáticos.

Com a elevação da temperatura do ar de secagem, para a constante k pode-se observar tendência definida onde a mesma aumenta linearmente com o aumento da temperatura do ar de secagem, para todos os modelos aplicados. Esse mesmo comportamento também foi observado por Moscon et al. (2017), ao estudarem o processo de secagem em grãos de quinoa nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70°C. Segundo Martins et al. (2015) o parâmetro “k” pode ser usado como aproximação para caracterizar o efeito da temperatura, e está relacionado com a difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente, sendo que, a difusão líquida controla o processo.

Para o parâmetro “n” reflete a resistência interna do produto à secagem, e não se observa nenhuma tendência em seus valores em função do incremento da temperatura. Fato este também observado por Araújo et al. (2017), para secagem de amendoim em camada delgada nas temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80°C.

Os parâmetros “a” e “b” não sofre influência da temperatura aplicada, assim como observado por Santos et al. (2019), em seus estudos com grãos de arroz na temperatura variando de 40 a 80°C.

Segundo Martins et al. (2014) ao selecionar um modelo não linear para descrever

um processo de secagem, torna-se necessário avaliar não somente os valores de  $R^2$ , mas se deve considerar também os desvios quadráticos médios (DQM). Na Tabela 3, observa-se os

valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os desvios médios quadrático (DQM) para cada modelo ajustado a cinética de secagem.

Tabela 3. Parâmetros estatísticos dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem das sementes de avelã sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

T (°C)	Modelos							
	Midili		Page		Handerson e Pabis		Exponencial de dois termos	
	R <sup>2</sup>	DQM	R <sup>2</sup>	DQM	R <sup>2</sup>	DQM	R <sup>2</sup>	DQM
50	0,9992	0,041671	0,9966	0,0024781	0,9938	0,078360	0,9957	0,073549
60	0,9993	0,036974	0,9953	0,0019870	0,9875	0,236974	0,9908	0,043106
70	0,9964	0,014529	0,9960	0,0034621	0,9813	0,387540	0,9876	0,256310
80	0,9976	0,074158	0,9974	0,0281360	0,9832	0,419701	0,9931	0,091378

Nota: R<sup>2</sup>: coeficientes de determinação; DQM: desvios quadráticos médios.

Todos os modelos ajustados apresentam coeficientes de determinação  $R^2$  superiores a 98% ( $R^2 > 0,98$ ). No entanto, só os modelos que apresentam coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 99%, foram considerados como sendo modelos que apresentam um bom ajuste aos dados experimentais. Sendo assim, apenas os modelos de Midili e Page apresentam valores superiores a 0,99 para todas as temperaturas aplicadas.

Observa-se que, o modelo de Midili adequa-se bem aos dados experimentais obtidos, resultando em coeficientes de determinação ( $R^2$ ) que variam de 0,9992 a 0,9976 e baixos DQM, no qual variam de 0,041671 a 0,074158. Indicando assim, uma representação satisfatória do processo de secagem.

Com relação ao modelo de Page, os valores de  $R^2$  apresentam variação de 0,9966 a 0,9974, e foram observados valores inferiores de DQM quando comparados aos demais modelos aplicados, variando de 0,0024781 na temperatura de 50°C e 0,0281360 na temperatura de 80°C, indicando maior precisão

na descrição da secagem das sementes de avelã sem casca.

Santos et al. (2019), ao realizarem a cinética de secagem de nozes sem casca concluíram que, os modelos Page e Midili se destacaram dos demais por apresentarem os melhores valores de  $R^2$  ( $>99\%$ ), e menos valores de DQM ( $<0,0306463$ ) para as temperaturas de secagem estudadas.

Nascimento et al. (2018), em seus estudos com amêndoas de girassol comercial, observaram que, o modelo de Page apresentou melhor ajuste, pois apresentou valores inferiores de DQM.

Na Tabela 4, está exposto os resultados obtidos para a distribuição de resíduos das equações dos modelos matemáticos aplicados a cinética de secagem das semente de avelã sem cascas. Segundo Baptestini et al. (2015), esta análise de distribuição de resíduos se faz necessária para uma avaliação correta dos modelos. Mesmo quando os parâmetros estatísticos apresentam bons resultados, o modelo pode ser ineficaz se apresentar distribuição de resíduo tendenciosa.

Tabela 4. Distribuição de resíduos das equações dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem das sementes de avelã sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C

T (°C)	Modelos			
	Midili	Page	Handerson e Pabis	Exponencial de dois termos
50	A	A	A	A
60	A	A	A	A
70	A	A	T	T
80	A	A	T	A

Nota: A: Aleatória; T: Tendenciosa.

O modelo matemático de Midili e Page apresenta distribuição de resíduos aleatória para todas as temperaturas aplicadas, no

entanto, este mesmo comportamento não é observado para os modelos de Handerson e Pabis, e em Exponencial de dois termos.

Segundo Goneli (2008), um modelo é considerado aceitável, se apresentar a distribuição dos resíduos aleatória, ou seja, se os valores dos resíduos se encontrarem próximos à faixa horizontal em torno de zero e, caso o modelo apresente distribuição dos resíduos de forma tendenciosa, o mesmo não é adequado para representar o fenômeno em questão (MARTINS et al., 2015).

Nas Figuras 1 e 2, observa-se a cinética de secagem das sementes de avelã sem casca em camada fina a diferentes temperaturas de ar de secagem (50, 60, 70, e 80°C) para os modelos matemáticos de Midili e Page. Observa-se que, o aumento da temperatura, reduz o tempo de secagem aumentando a taxa de perda de água. O tempo de secagem varia de 450 a 750 minutos, sendo o menor e maior tempo, respectivamente para as temperaturas de 80 e 50°C.

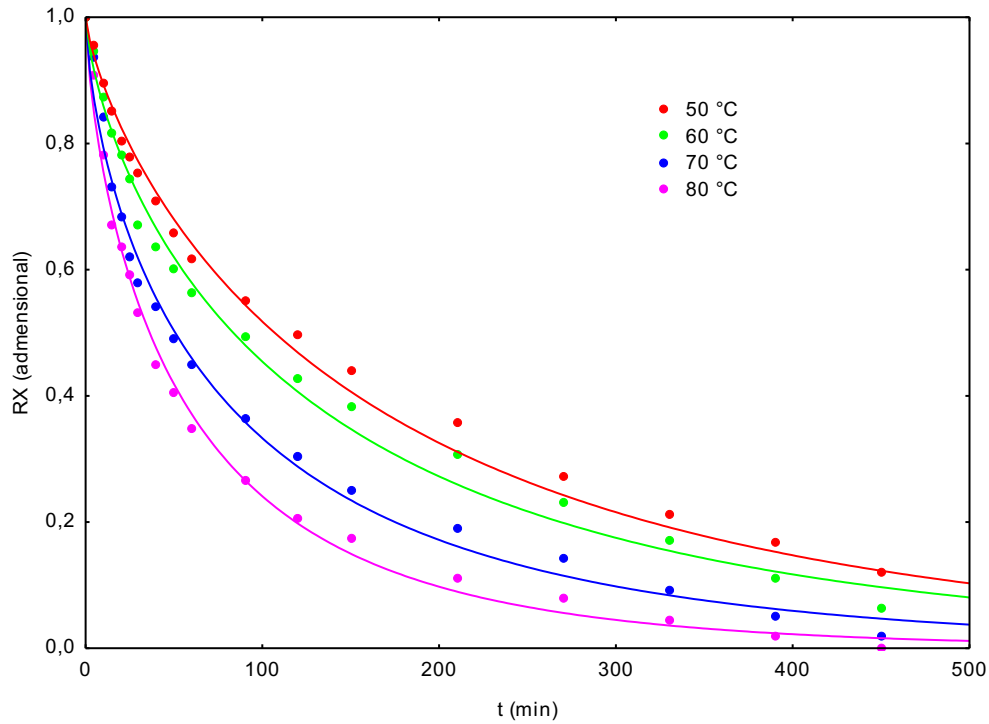


Figura 1. Curvas de secagem das sementes de avelã sem casca obtido pelo modelo matemático de Midili.

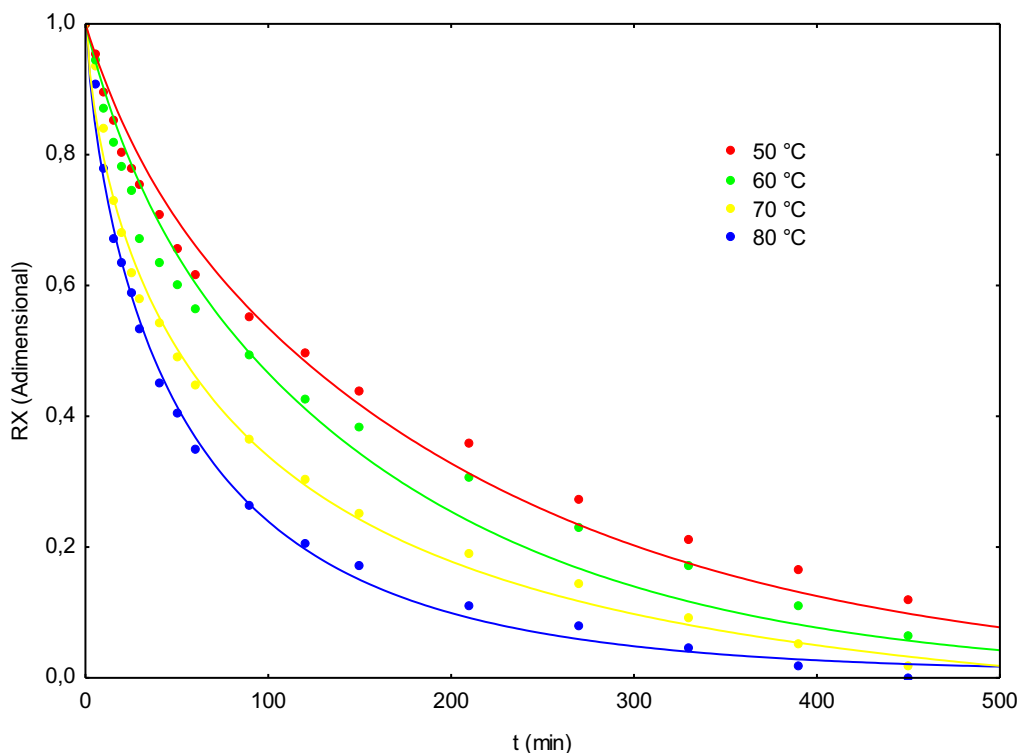


Figura 2. Curvas de secagem das sementes de avelã sem casca obtido pelo modelo matemático de Page.

Segundo Goneli et al. (2011), a determinação de propriedades físicas são necessárias para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de máquinas e equipamentos presentes na cadeia produtiva agrícola, especialmente as propriedades geométricas (dimensões). Devido à variabilidade nas propriedades físicas de sementes e grãos, associada à necessidade de fornecer dados para

dimensionamento de máquinas e melhoria pós-colheita, incluindo as fases de secagem, processamento e embalagem, são necessários a busca desses tipos de informações (SILVA et al., 2019). Na Tabela 5, estão apresentados os resultados obtidos para as dimensões das sementes avelã sem casca, antes e após o processo de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C.

Tabela 5. Dimensões das sementes de avelã sem casca antes e após o processo de secagem

T (°C)	Dimensões (mm <sup>2</sup> )		
	a	b	c
<i>in natura</i>	13,95a	12,52a	11,43a
50	13,63b	12,06b	11,08b
60	13,34c	11,98b	10,77c
70	13,13c	11,84c	10,67c
80	12,64d	11,66d	10,04d

Nota: Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (P<0,05).

Para o comprimento da sementes (eixo de maior dimensão), observa-se uma variação de 13,95 a 12,64 mm<sup>2</sup>, sendo perceptível a partir dos dados obtidos que, este eixo sofre uma redução de até 1,31 mm<sup>2</sup> quando a temperatura varia até 80°C. No entanto, estatisticamente as sementes desidratadas a 60 e 70°C, não apresentam diferença ao nível de 5% de probabilidade. Segundo Silva et al. (2019), o uso de sementes ordenadas por tamanho, facilita a operação de semeadoras na distribuição de sementes, possibilitando a obtenção de populações adequadas no campo.

Em relação a largura, apenas as sementes submetidas a temperatura de 40 e 50°C não apresentam diferença estatisticamente significativa dos demais tratamentos. Há redução com aumento da temperatura, sendo as sementes submetidas a 80°C, apresentando a menor largura (11,66 mm<sup>2</sup>). A forma do produto é influenciada pela redução do teor de água, pois além de causar a redução no tamanho da semente, influência diretamente as propriedades físicas (RESENDE et al., 2005).

A espessura média das sementes reduziu de 11,43 para 10,04 mm<sup>2</sup>, sendo esta redução influenciada pelo aumento da temperatura. Estatisticamente as sementes submetidas a 60 e 70°C não apresentam diferença significativa. Tamanho e forma são características específicas de cada produto definidas geneticamente (NUNES et al., 2014).

### Conclusão

Verificou-se uma tendência para o aumento do parâmetro k devido ao incremento da temperatura do ar aplicado ao processo de secagem, porém não foi observada correlação entre os parâmetros (n, a e b), e a temperatura utilizada.

Maiores taxas de perda de água foram observadas em temperaturas superiores, que conseqüentemente apresentaram menores tempos de secagem.

O modelo de Page apresentou melhores ajustes aos dados experimentais obtidos (valores superiores de R<sup>2</sup> e inferiores de DQM) e distribuição de resíduos aleatória, sendo considerado como o modelo mais eficiente para a descrição do processo de secagem de avelã.

### Referências

- ARAÚJO, W. D.; GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; HARTMANN FILHO, C. P.; MARTINS, E. A. S. Mathematical modelling of thin-layer drying in peanut fruit. *Revista Ciência Agronômica*, v.48, n.3, p.448-457, 2017.
- BAPTESTINI, F. M.; CORRÊA, P. C.; JUNQUEIRA, M. S.; RAMOS, A. M.; VANEGAS, J. D. B.; COSTA, C. F. Mathematical modeling of drying of sours opfoam. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.19, n.12, p.1203-1208, 2015.
- BELVISO, S.; DAL BELLO, B.; GIACOSA, S.; BERTOLINO, M.; GHIRARDELLO, D.; GIORDANO, M.; ROLLE, L.; GERBI, V.; ZEPPA, G. Chemical, mechanical and sensory monitoring of hot air- and infrared-roasted hazelnuts

- (*Corylusavellana* L.) during nine months of storage. Food Chemistry, v.217, p.398-408, 2017.
- GHIRARDELLO, D.; BERTOLINO, M.; BELVISO, S.; DAL BELLO, B.; GIORDANO, M.; ROLLE, L.; GERBIA, V.; ANTONUCCIB, M.; SPINGOLONB, N.; ZEPPA, G. Phenolic composition, antioxidant capacity and hexanal content of hazelnuts (*Corylusavellana* L.) as affected by different storage conditions. Post Harvest Biology and Technology, v.112, p.95-104, 2016.
- GONELI, A. L. D. Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento. 186f. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2008.
- GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. Acta Scientiarum, v.33, n.1, p.1-8, 2011.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª ed. Digital. São Paulo, 2008. 1020p.
- LOPES, A.; MATOS, A.; GUINÉ, R. Evaluation of morphological and physical characteristics of hazelnut varieties. Millenium, v.2, n.1, p.13-24, 2016.
- MARTINS, J. J. A.; MARQUES, J. I.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu, Bioscience Journal, v.30, n.6, p.1652-1660, 2014.
- MARTINS, E. A.; LAGE, E. Z.; GONELI, A. L. D.; HARTMANN FILHO, C. P.; LOPES, J. G. Drying kinetics of *Serjania marginata* Casar leaves. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, n.3, p.238-244, 2015.
- MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. New York: Gordon and Breach Science Publishers Inc., 1986. 734p.
- MOSCON, E. S.; MARTIN, S.; SPEHAR, C. R.; DEVILLA, I. A.; RODOLFO JÚNIOR, F. Drying kinetic of quinoa grain (*Chenopodium quinoa* W.). Revista Engenharia na Agricultura, v.25, n.4, p.318-328, 2017.
- NASCIMENTO, A. P. S.; BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ARAÚJO, A. J. B.; CAVALCANTI, A. S. R. R. M.; DUARTE, M. E. M. Convective drying and influence of temperature on physicochemical properties of commercial sunflower almonds. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.20, n.3, p.227-238, 2018.
- NUNES, J. A. S.; ORMOND, A. T.; CANEPPELE, C.; SILVA, S. L. S. DA.; JOB, M. T. Determinação do ângulo de repouso, volume unitário, eixos ortogonais e esfericidade de trigo. Acta Iguazu, v.3, n.2, p.7786, 2014.
- RAMM, A.; MACIEJEWSKI, P.; OLIVEIRA, F.M.; SILVA, W.A.; SCHEUNEMANN, T.; MANICA-BERTO, R. Competitividade do Brasil quanto as exportações de diferentes tipos de nozes. Revista da Jornada da Pós-graduação e Pesquisa Congrega, v.1, p.1-10, 2017.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; CECON, P. R. Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.7, n.1, p.15-24, 2005.
- SANTOS, N. C.; SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; BARROS, S. L.; NASCIMENTO, A. P. S.; ARAÚJO, A. J. B.; ALMEIDA, R. L. J. Modelagem matemática da cinética de secagem de nozes (*juglans regia* l.) sem casca. In: Francisco et al. (Org.). Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação. EPGRAF, Campina Grande-PB, v.2, n.2, p.71-77, 2019.
- SANTOS, N. C.; SILVA, W. P.; BARROS, S. L.; ARAÚJO, A. J. B.; GOMES, J. P.; ALMEIDA, R. L. J.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. D.; SILVA, C. M. D. P. S.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Study on drying of black rice (*Oryza sativa* L.) grains: Physical-chemical and bioactive quality. Journal of Agricultural Science, v.11, n.9, p.203-212, 2019.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assstat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. African Journal Agricultural Research, v.11, p.3733-3740, 2016.
- SILVA, N. S.; SANTOS, N. C.; GURJÃO, K. C. O.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. L. J.; WANDERLEY, R. O. S.; MELO, M. O. P.; PEREIRA, T. S.; ALMEIDA, R. D. Determination of the physiological and physical quality of seeds of *Phaseolus vulgaris* creole. International Journal of Current Multidisciplinary Studies, v.5, n.2, p.968-971, 2019.
- SILVA, S. N.; PEREIRA FILHO, M. D.; GUEDES, M. H. S.; SOUSA, M. T. L.; GOMES, J. P.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; WANDERLEY, R. S. O.; BARROS, S. L.; RIBEIRO, V. M. A. Determination of the physical properties of grains of *lens culinaris* L. Journal of Scientific and Engineering Research, v.6, n.4, p.36-40, 2019.
- SOUSA, E. P.; FIGUEIREDO, R. M. F.; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. M.; CASTRO, D. S.; LEMOS, D. M. Mathematical modeling of pequi pulp drying and effective diffusivity determination. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.21, n.7, p.493-498, 2017.

**Capítulo 11****ANÁLISE DO PERFIL INSTRUMENTAL DE TEXTURA DE DIFERENTES CARNES DE HAMBÚRGUER COMERCIALIZADAS EM CAMPINA GRANDE-PB****Virgínia Mirtes de Alcântara Silva<sup>1</sup>****Newton Carlos Santos<sup>2</sup>****Sâmela Leal Barros<sup>3</sup>****Renata Duarte Almeida<sup>4</sup>****Victor Herbert de Alcântara Ribeiro<sup>5</sup>****Danise Medeiros Vieira<sup>6</sup>****Soares Elias Rodrigues Lima<sup>7</sup>**

<sup>1,5</sup>Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande - PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor\_herbert@hotmail.com

<sup>2,3</sup>Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande - PB, newtonquimicoindustrial@gmail.com; samelaleal7@gmail.com

<sup>4</sup>Dra. Engenheira da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEAli/Campus Campina Grande - PB, renatadual@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Msc. Professora do Departamento de Tecnologia de Alimentos, Instituto Federal do Pernambuco, IFPE/Campus Barreiros- PE, danisemedeiros@gmail.com

<sup>7</sup>Engenheiro de Alimentos, Mestre em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, soareselias23@gmail.com

**Introdução**

O consumo de alimentos não é associado somente ao ato de nutrir-se, mas se correlaciona também com outros fatores como o poder aquisitivo da população e questões culturais existentes. Devido as extensas jornadas de trabalho nos centros urbanos, percebe-se uma maior procura por alimentos de rápido consumo, denominados como fastfood. A grande busca por estes alimentos, provocou uma maior competitividade no mercado, e consequentemente as indústrias de produtos alimentícios buscam constantemente a otimização dos seus processos, visando um melhor controle de qualidade e redução de custos. Apesar das inúmeras vantagens associadas ao consumo de fastfood, estes alimentos não possuem os nutrientes básicos para um bom funcionamento do organismo humano, mas possuem elevados percentuais de gorduras e açúcares em suas composições (PORTILHO & ROSA, 2017).

Os alimentos são avaliados através de aspectos físicos, biológicos e químicos, e são classificados de acordo com o grau de processamento pelo qual são submetidos (in natura, minimamente processados, processados e ultraprocessados), através do guia alimentar para a população Brasileira (BRASIL, 2014). Nos últimos anos, houve uma redução na ingestão de alimentos *in natura*, em detrimento do aumento do consumo de produtos ultraprocessados, trazendo como

consequência principalmente aos países em desenvolvimento, um aumento na incidência de doenças crônicas não transmissíveis, como obesidade, diabetes, hipercolesterolemia e hipertensão arterial (BRASIL, 2014; FABIANO et al., 2018).

Os alimentos ultraprocessados são definidos como sendo formulações industriais prontas para consumo e elaboradas principalmente por substâncias extraídas de alimentos, como óleos, gorduras, açúcar, proteínas, corantes, aromatizantes, realçadores de sabor, e outros aditivos usados para melhorar as características sensoriais do produto (LOUZADA et al., 2015).

Os principais fatores que influenciam nas propriedades tecnológicas de produtos cárneos é a concentração de gordura vegetal, sódio e de aditivos. O cloreto de sódio proporciona uma melhor capacidade de retenção de água e gordura, além de possibilitar melhorias na textura e sabor do produto. Os produtos e derivados cárneos são elaborados à partir de carnes, miúdos ou gorduras, utilizando ingredientes secundários de origem vegetal ou animal, como condimentos, especiarias e aditivos autorizados pela legislação (VALENTE et al., 2014).

Segundo a Instrução Normativa nº20 de 2000, o hambúrguer é definido como sendo um produto cárneo industrializado, obtido a partir da utilização de carne picada de animais para abate, acrescidos ou não de tecido adiposo e



outros ingredientes, moldados e submetidos a processo tecnológico adequado, onde a textura, cor, sabor e cheiro deve ser característico (BRASIL, 2000). O hambúrguer é um dos alimentos mais consumidos no mundo e em todas as classes populares, devido a sua praticidade de consumo e características sensoriais atrativas, destacando-se quando comparado aos fast foods existentes (TREVISAN et al., 2016; PAULA et al., 2019).

Nos produtos cárneos, a textura varia de acordo a raça, sexo, idade e alimentação do animal, como também com relação as propriedades bioquímicas e composição do produto. Quando se compara a carne obtida através do abate do gado alimentado com pasto e de gado alimentado com alimentos ricos em gordura, percebe-se que o teor de gordura ingerido proporciona o aumento da suculência do produto final (LOUZADA et al., 2015).

A determinação do perfil de textura é realizado por meio da utilização do texturômetro, que é um equipamento que possibilita a análise de inúmeros parâmetros reológicos que simulam às condições existentes durante o processo de degustação, e constitui-se como sendo um importante atributo de qualidade dos alimentos em conjunto com a aparência e sabor (ALCANTARA et al., 2019).

Diante deste contexto, objetiva-se através do presente trabalho a determinação do perfil de textura instrumental de diferentes marcas de hambúrgueres comercializadas na cidade de Campina Grande-PB, avaliando os parâmetros de firmeza, coesividade, adesividade, gomosidade e mastigabilidade.

### Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido no Laboratório de Propriedades Físicas da Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos (UAEAl), localizado no Centro de Recursos Naturais e Tecnologia (CTRN) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande – Paraíba.

#### Matéria-prima

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado carnes de hambúrguer de sete diferentes marcas comerciais. Foram adquiridas em supermercados com maior fluxo de vendas localizados na cidade de Campina Grande-PB, e em seguida foram transportadas em caixas térmicas para posterior análise. Todos os hambúrgueres estavam em suas embalagens plásticas originais e dentro do

prazo de validade. Cada amostra foi identificada como sendo H1, H2... H7.

#### Determinação do perfil de textura

Para a obtenção dos parâmetros dos perfis de textura instrumental das diferentes carnes de hambúrguer foi empregado o teste TPA em Texturômetro TAXT plus (Stable Micro Systems) (Figura 1), equipado com o software Exponent Stable Micro Systems, com utilização do Probe P/36R, velocidade de pré-teste 1,0 mm/s, velocidade de teste 2,0mm/s, velocidade pós-teste 10,0 mm/s, e compressão de 70%. No perfil de textura, os atributos estudados foram a firmeza, coesividade, adesividade, gomosidade e mastigabilidade.



Figura 1. Texturômetro TAXT plus (marca: Stable Micro Systems).

#### Análise estatística

Os dados experimentais foram analisados em triplicata e os resultados submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade, e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de *Tukey* adotando-se o mesmo nível de 5% de significância. Para o desenvolvimento das análises estatísticas foi utilizado o software Assistat 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

### Resultados e Discussão

Na Tabela 1, apresenta-se os resultados do parâmetro instrumental de firmeza das 7 diferentes marcas de hambúrguer avaliadas.

Tabela 1. Atributo de firmeza dos diferentes hambúrguer

Amostras	Firmeza (N)
H1	14,96 <sup>b</sup> ± 1,22
H2	17,80 <sup>a</sup> ± 0,37
H3	5,83 <sup>d</sup> ± 0,06
H4	12,67 <sup>b</sup> ± 1,59
H5	7,22 <sup>cd</sup> ± 0,76
H6	3,14 <sup>e</sup> ± 0,081
H7	8,81 <sup>c</sup> ± 0,89

Nota: Médias sobrescritas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 1 que, o parâmetro de firmeza apresenta variação de 3,14 a 17,80 N, e o maior valor obtido é na amostra (H2), indicando que é necessário a aplicação de uma maior força para atingir sua deformação. A partir da análise estatística pode dizer que, as amostras H1 e H4 não apresentam diferença estatística significativa, assim como, a amostra H5 que também não apresenta diferença quando comparada às amostras H3 e H7 ao nível de 5% de probabilidade. Segundo Huang et al. (2011), a firmeza representa um dos parâmetros mais importantes da textura de

produtos cárneos, influenciando a preferência do consumidor.

Menor valor de firmeza foi obtido para a amostra H6 de 3,14 N, que difere estatisticamente de todas as amostras analisadas. Segundo Keeton (1994), este baixo valor pode indicar que há uma menor quantidade de gordura em sua composição.

Nota-se na Figura 2, que os picos das forças aplicada em cada amostra, o maior pico é para a amostra H2, e o menor para amostra H6, confirmando as afirmações expostas anteriormente.

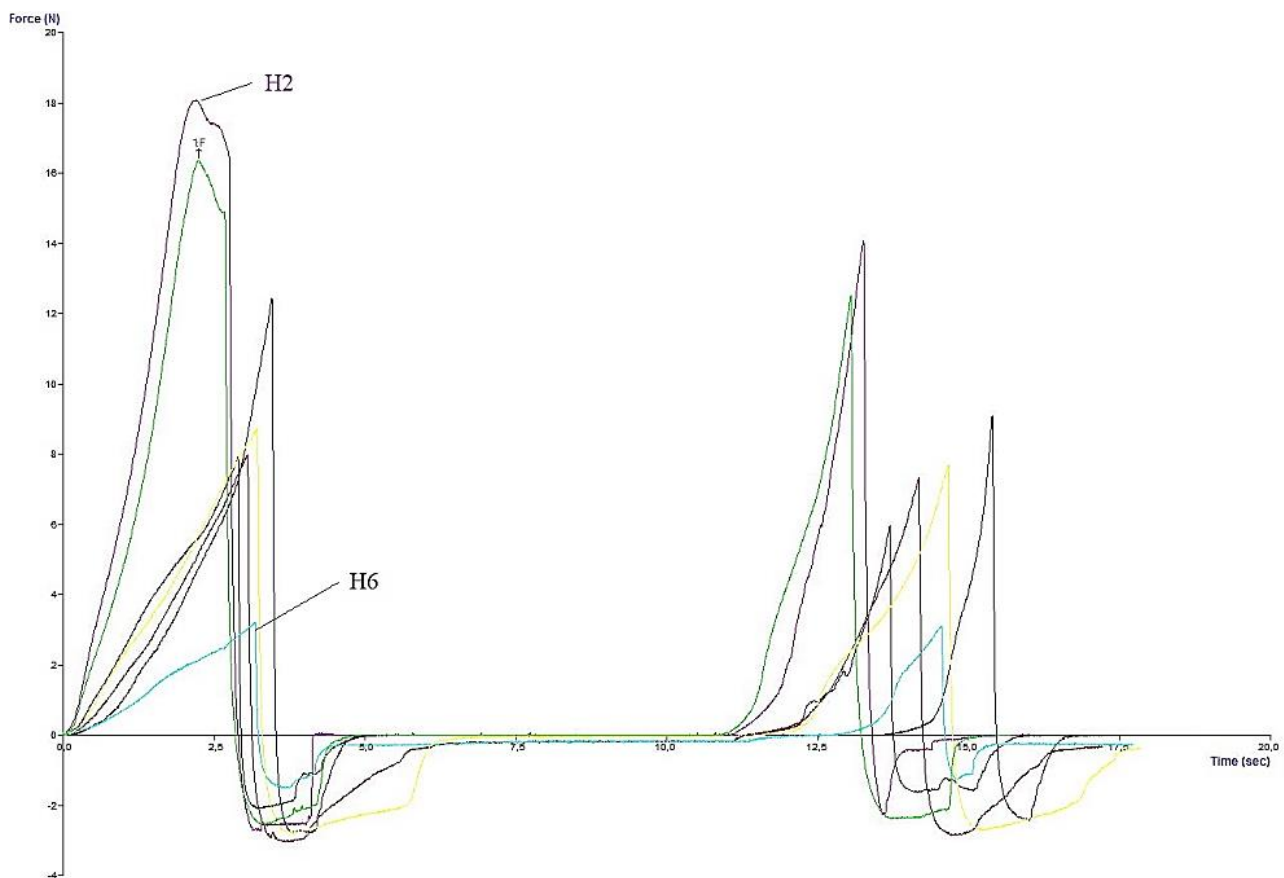


Figura 2. Gráfico de forças aplicadas em função do tempo para as amostras de hambúrguer comercializados em Campina Grande-PB.

De acordo com Garrido et al. (2015), a firmeza é definida como sendo a força

necessária para atingir uma dada deformação, no contexto da análise sensorial, representa a

força necessária para comprimir o alimento entre os molares na primeira mordida.

Na Tabela 2, apresenta-se os resultados obtidos para os parâmetros instrumentais de

coesividade e adesividade das 7 diferentes marcas de hambúrguer avaliadas.

Tabela 2. Atributos de coesividade e adesividade dos diferentes hambúrguer

Amostras	Coesividade (N.m)	Adesividade (N.m)
H1	0,435 <sup>bcd</sup> ± 0,025	1,76 <sup>b</sup> ± 1,33
H2	0,400 <sup>cd</sup> ± 0,032	3,44 <sup>b</sup> ± 0,67
H3	0,353 <sup>d</sup> ± 0,058	1,81 <sup>b</sup> ± 0,45
H4	0,295 <sup>d</sup> ± 0,029	2,44 <sup>b</sup> ± 0,42
H5	0,554 <sup>abc</sup> ± 0,078	3,29 <sup>b</sup> ± 1,91
H6	0,559 <sup>ab</sup> ± 0,096	2,47 <sup>b</sup> ± 0,57
H7	0,664 <sup>a</sup> ± 0,019	6,65 <sup>a</sup> ± 0,88

Nota: Médias sobrescritas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Através dos valores encontrados para a coesividade, apresentam uma variação de 0,295 a 0,664 N.m. Pode-se verificar que, houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras, no entanto as amostras H3 e H4 não apresentam diferença estatística significativa entre si.

Valores próximos ao do presente estudo foram obtidos por Maia Júnior et al. (2018) ao avaliarem a coesividade de embutidos defumado ovino que variou de 0,69 a 0,78 N.m. Trevisan et al. (2016), obtiveram valores inferiores para o parâmetro de coesividade no qual variaram de 0,0065 a 0,0072 N.m, para as suas diferentes formulações de hambúrguer elaborados com redução de gordura e sal.

Segundo Atallah e Morsy (2017), este parâmetro é frequentemente discutido em termos de forças de adesão, e é responsável pela deformação que ocorre no material antes da ruptura, indicando sua integridade estrutural.

O parâmetro de adesividade apresenta variação de 1,81 (H3) a 6,65 N.m (H7),

estatisticamente apenas a amostra H7 apresenta diferença significativa quando comparada as demais ao nível de 5% de probabilidade. Trabelsi et al. (2019), obtiveram valores de adesividade que variaram de 1,14 a 1,18 N.m em carnes armazenadas a 4°C no seu décimo dia de armazenamento. Para Guiné et al. (2015), a adesividade é a força necessária para remover o material que adere a uma superfície específica, e durante a ingestão do alimento corresponde a aderência nos lábios, boca e dentes.

De acordo com Nowak et al. (2007), a coesão e adesividade apresentam papéis importantes para a carnes, pois o aumento destes parâmetros, apresenta efeitos de produtos difíceis e pouco aderentes.

Na Tabela 3, apresenta-se os resultados obtidos para os parâmetros instrumentais de gomosidade e mastigabilidade das 7 diferentes marcas de hambúrguer avaliadas.

Tabela 3. Atributos de gomosidade e mastigabilidade dos diferentes hambúrguer

Amostras	Gomosidade (N)	Mastigabilidade (J)
H1	6,52 <sup>a</sup> ± 0,84	6,52 <sup>a</sup> ± 0,84
H2	7,11 <sup>a</sup> ± 0,47	7,11 <sup>a</sup> ± 0,47
H3	2,06 <sup>cd</sup> ± 0,36	2,06 <sup>cd</sup> ± 0,36
H4	3,71 <sup>bc</sup> ± 0,085	3,71 <sup>bc</sup> ± 0,085
H5	4,06 <sup>b</sup> ± 0,98	4,06 <sup>b</sup> ± 0,98
H6	1,75 <sup>d</sup> ± 0,26	1,75 <sup>d</sup> ± 0,26
H7	5,85 <sup>a</sup> ± 0,73	5,85 <sup>a</sup> ± 0,73

Nota: Médias sobrescritas pela mesma letra, na mesma coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A gomosidade apresenta variação média de 1,75 a 7,11 N. observa-se que não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre H1, H2 e

H7. Claudino e Bertoloni (2013), ao avaliarem a gomosidade de hambúrgueres elaborados com diferentes concentrações de gordura, obtiveram

valores inferiores ao do presente estudo, variando de 0,279 a 0,296, quando o percentual de gordura variou de 5 a 17%. Para Bolzan e Pereira (2017), a gomosidade é um parâmetro associado a firmeza e coesividade, sendo sua variação o reflexo destes.

Segundo Curi et al. (2017), a mastigabilidade é o parâmetro que representa a energia necessária para mastigar um alimento sólido ao ponto de ser ingerido. Portanto, pode-se afirmar que, a amostra H2 possui maior resistência a mastigação quando comparada com as demais. Observa-se que não há diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre H1, H2 e H7. Trevisan et al. (2016), obtiveram valores de mastigabilidade variando de 0,15 a 0,22 N/cm para as suas diferentes formulações de hambúrguer elaborados com redução de gordura e sal.

Segundo Moura et al. (2017), quanto mais duro é o alimento, mais força será necessário para sua desintegração, logo é esperado que haja aumento dos parâmetros de gomosidade e de mastigabilidade. De acordo com Dutcosky (2013), a gomosidade e mastigabilidade, são definidas como a energia requerida para desintegrar um alimento semissólido e sólidos, respectivamente, até a deglutição.

### Conclusão

Dentre as marcas de hambúrgueres avaliadas, pôde-se verificar que a amostra H2 apresentou maior firmeza, gomosidade e mastigabilidade quando comparada com as demais, indicando maior resistência a desintegração. Este fato foi proporcionado através do baixo percentual de gordura presente na composição da amostra.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado e doutorado aos autores.

### Referências

ALCÂNTARA, V. M.; MELO, M. O. P.; ARAÚJO, A. J. B.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, N. C. Elaboração, estudo microbiológico e perfil de textura de doces de leite caprino saborizados com ameixa (*prunus domestica l.*). Revista Craibeiras de Agroecologia, v.4, n.1, p.e7663, 2019.

ATALLAH, A. A.; MORSY, K. M. Effect of incorporating royal jelly and bee pollen grains on texture and microstructure profile of probiotic yoghurt. Journal of Food Processing and Technology, v.8, n.9, p.1-4, 2017.

BOLZAN, A. B.; PEREIRA, E. A. Elaboração e caracterização de doce cremoso de caqui com adição de sementes da araucária. Brazilian Journal of Food Technology, v.20, p.1-11, 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Institui o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Hambúrguer. Instrução Normativa Nº 20 de 16 de junho de 2000. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 03 de agosto de 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Guia Alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. Brasília: MS; 2014. Disponível em: <[http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/guia\\_alimentar\\_populacao\\_brasileira.pdf](http://189.28.128.100/dab/docs/portaldab/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira.pdf)> Acesso em: 13 de Agosto de 2019.

CLAUDINO, F. B.; BERTOLONI, W. Texture profile and composition of hamburgers prepared with different levels of fat and beef blood plasma. Archives of Veterinary Science, v.18, n.2, p.1-8, 2013.

CURI, P. N.; CARVALHO, C. S.; SALGADO, D. L.; PIO, R.; PAQUAL, M.; SOUZA, F. B. M.; SOUZA, V. R. Influence of different types of sugars in physalis jellies. Food and Science Technology, v.37, n.3, p.349-355, 2017.

DUTCOSKY, S. D. Análise sensorial de alimentos. 4 ed. Curitiba: Champagnat, 2013. 531p.

FABIANO, I. M. G.; CHAUD, D. M. A.; ABREU, E. S. Consumo de alimentos segundo o grau de processamento por crianças de escolas privadas da região metropolitana de São Paulo. Revista da Universidade Vale do Rio Verde, v.16, n.1, p.1-10, 2018.

GARRIDO, J. I.; LOZANO, J. E.; GENOVESE, D. B. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. Food Science and Technology, v.62, n.1, p.325-332, 2015.

GUINÉ, R. P. F.; CORREIA, P. M. R.; CORREIA, A. C. Avaliação comparativa de queijos Portugueses de cabra e ovelha. Millenium, v.49, p.111-130, 2015.

HUANG, S. C.; TSAI, Y. F.; CHEN, C. M. Effects of wheat fiber, oat fiber, and inulin on sensory and physico-chemical properties of Chinese-style sausages. Asian-Australasian Journal of Animal Sciences, v.24, n.6, p.875-880, 2011.

- KEETON, J. T. Low-fat meats products technological problems with processing. *Meat Science*, v.36, n.1/2, p.261-276, 1994.
- LOUZADA, M. L.C.; MARTINS, A. P. B.; CANELLA, D. S.; BARALDI, L. G.; LEVY, R. B.; CLARO, R. M.; MONTEIRO, C. A. Ultra-processed foods and the nutritional dietary profile in Brazil. *Revista de Saúde Pública*, v.49, p.1-11, 2015.
- MAIA JÚNIOR, J. A.; HENRY, F. C.; MORAIS NETO, J. N. S.; SANTOS JÚNIOR, A. C.; REGIS, S. A.; QUIRINO, C. R.; MORAIS, S. V. F. Effect of reduction of fat and sodium content in the color and instrumental texture of smoked embedded lamb. In: *Semana Acadêmica do Curso de Agronomia do CCAE/UFES*, v. 2, n.1, 2018, Alegre. Anais...Alegre, 2018.
- MOURA, S. D. S.; SANTOS, A. D. A.; SANTOS, D. C. Processamento de hambúrguer de carne bovina adicionado de queijo parmesão. In: *Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências*, 2, 2017, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2017. v.1.
- NOWAK, B.; VON MUEFFLING, T.; GROTHEER, J.; KLEIN, G.; WATKINSON, B. M. Development of functional meat products. In: *Energy content, sensory properties, and microbiological shelf-life of German bologna-type sausages produced with citrate or phosphate and with inulin as fat replacer*. *Journal of Food Science*, v.72, p.629-638, 2007.
- PAULA, G. T.; FARIAS, H. P. S.; ALI, L. R. F.; RIBEIRO, R. C.; PEREIRA, V. S.; PAIVA, E. S.; ALVES, R. G.; PEREIRA, M. C. P. C. Desenvolvimento de uma formulação do tipo hambúrguer de okara com shitake. *SEMIOSES: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade*, v.13, n.1, p.33-46, 2019.
- PORTILHO, K. C. O.; ROSA, H. C. Hambúrgueres e lazer: a nova forma de consumo juvenil em Rio Branco – AC. *Journal of Basic Education, Technical and Thechnological*, v.1, n.1, p.297-302, 2017.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal Agricultural Research*, v.11, p.3733-3740, 2016.
- TRABELSI, I.; SLIMA, S. B.; KTARI, N.; TRIKI, M.; ABDEHEDI, R.; ABAZA, W.; MOUSSA, H.; ABDESLAM, A.; SALAH, R. B. Incorporation of probiotic strain in raw minced beef meat: Study of textural modification, lipid and protein oxidation and color parameters during refrigerated storage. *Meat Science*, v.154, p.29-36, 2019.
- TREVISAN, Y. C.; BIS, C. V.; HENCK, J. M.; BARRETTO, A. C. S. Effect of the addition of oat fiber on the physicochemical properties of cooked frozen hamburger with reduced fat and salt. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.19, e2015079, 2016.
- VALENTE, T. P.; MESQUITA, M. O.; MANFIO, M. Produto cárneo acrescido de fibra com baixo teor de sódio. *Disciplinarum Scientia*, v.15, n.1, p.91-100, 2014.

**Capítulo 12****ARMAZENAMENTO DE SEMENTES DE ARROZ RECOBERTAS COM AGROMINERAIS**

**Paulo Eduardo Rocha Eberhardt<sup>1</sup>**  
**Aline Klug Radke<sup>2</sup>**  
**Carla Xavier Alves<sup>3</sup>**  
**Gilberto Antonio Peripolli Bevilaqua<sup>4</sup>**  
**Luis Osmar Braga Schuch<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Dr. em Ciências, UFPel, Pelotas-RS, pauloeduardorochoaeberhardt@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Dr. em Ciências, UFPel, Pelotas-RS, alinekradke@hotmail.com

<sup>3</sup>Dr. em Ciências, UFPel, Pelotas-RS, caxaal@hotmail.com

<sup>4</sup>Dr. em Ciências, UFPel, Pesquisador Embrapa Clima Temperado, Pelotas-RS, gilberto.bevilaqua@embrapa.br

<sup>5</sup>Dr. Prof. Aposentado, UFPel, Pelotas-RS, luis.schuch@hotmail.com

**Introdução**

No mundo, o arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais cultivados, especialmente na Ásia onde concentra 90% da produção e consumo mundial, constituindo a base alimentar da população. Aproximadamente 150 milhões de hectares são semeados anualmente e a produção atinge cerca de 600 milhões de toneladas base casca. No Brasil mais da metade da produção provém de lavouras com irrigação controlada, as quais ocupam apenas 25% da área cultivada (AZAMBUJA et al., 2004). No Rio Grande do Sul, a área cultivada com arroz está estimada em 1.000 mil hectares (CONAB, 2014).

No Brasil, para as grandes culturas, o recobrimento de sementes ainda é considerado uma nova tecnologia, faltando muitas informações técnico-científicas. Mas ao mesmo tempo, a agregação de valor às sementes, utilizando métodos e tecnologias de produção como a de recobrimento, vem sendo uma exigência do mercado, cada vez mais competitivo. Para isto, são necessárias sementes com alta uniformidade de germinação/emergência (vigor), e que produzam plântulas com alto potencial de crescimento (BAUDET & PERES, 2004).

O nível de vigor das sementes pode afetar o potencial de armazenamento do lote e persistir no campo, influenciando o desenvolvimento da planta, a uniformidade da lavoura e o seu rendimento (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Bevilaqua et al. (2012) indicaram que, o recobrimento de sementes com pó de rocha granodiorito em sementes de feijão, apresentou a capacidade de manter o vigor das sementes em níveis mais elevados do que sementes não submetidas ao tratamento, durante um período de doze meses de armazenamento, indicando uma redução no vigor de forma menos

acentuada do que nas sementes não tratadas. Constataram que, sementes recobertas apresentaram qualidade fisiológica dentro de níveis aceitáveis ao final do armazenamento.

A qualidade das sementes é determinada por fatores físicos, genéticos, fisiológicos e sanitários que podem ser avaliados com a finalidade de estimar se um lote de sementes é apropriado para fins de comercialização, sendo a qualidade fisiológica um dos aspectos mais pesquisados, em decorrência das sementes estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem bioquímica e fisiológica após a sua maturação. Tais mudanças estão associadas com a redução do vigor. Necessitando manter o poder germinativo e vigor das sementes de forma eficiente durante a entressafra, faz-se necessário o uso de tratamento de sementes pós-colheita. O tratamento de sementes é, provavelmente, a medida mais antiga, barata e, às vezes, a mais segura e a que propicia os melhores êxitos no controle das doenças de plantas (PESKE & BARROS, 2004).

Entre as diversas utilizações, os agrominerais apresentam-se como fontes de nutrientes para a recuperação de solos empobrecidos, visando-se o fornecimento em longo prazo com inúmeras fontes diferenciadas quanto à composição mineral e granulométrica (SILVA, 2012).

O tratamento de sementes é uma medida muito utilizada por produtores e também por empresas ligadas ao setor sementeiro. Segundo Henning et al. (2010), além de controlar patógenos importantes transmitidos pela semente, o tratamento de sementes é uma prática eficiente para assegurar populações adequadas de plantas, quando as condições edafoclimáticas durante a semeadura são

desfavoráveis à germinação e à rápida emergência.

O vigor das sementes é uma interação de características que podem também ser considerados como independentes do potencial fisiológico, tais como a velocidade de germinação, o crescimento das plântulas, capacidade de germinação acima ou abaixo de temperaturas ótimas. Esta situação dificulta o estabelecimento de uma definição precisa, uma vez que, muitos fatores estão envolvidos na composição e manifestação do vigor de sementes. Talvez por essa razão, alguns cientistas têm tentado, ou seja, alcançado sucesso na tentativa de melhorar o conceito de vigor no sentido de uma definição, porque é mais fácil de entender principais efeitos vigor do que o definir (MARCOS FILHO, 2015). Em decorrência das sementes estarem sujeitas a uma série de mudanças degenerativas de origem bioquímica e fisiológica após a sua maturação, tais mudanças estão associadas com a redução do vigor, de forma que, o vigor de sementes pode ser pronunciado de acordo com a composição das sementes (ALVES, 2014).

De acordo com Funguetto et al. (2010), o recobrimento de sementes de arroz com o zinco, aumentou o número de grãos por panícula e peso de grãos por planta em casa de vegetação, e geraram plântulas com maior crescimento, sendo que, o recobrimento das sementes com zinco não afetou a germinação. Entretanto, tratamentos de recobrimento de sementes requerem uma série de cuidados e observação de certos detalhes, sob pena dos tratamentos causarem dano à semente ou acelerarem o processo degenerativo, durante o armazenamento. De acordo com Franzini et al. (2004), sementes peletizadas de alface apresentaram resultados inferiores nos testes de germinação e em envelhecimento acelerado, quando comparadas com os mesmos lotes sem peletização.

A dissolução dos pós de rocha é um processo muito lento e complexo, que tem interferência de inúmeros fatores como da composição química e mineralógica da rocha, da granulometria do material, do tempo de reação, e de fatores do solo como o pH e a atividade biológica (OSTERROTH, 2003).

Von Fragstein et al. (1998) observaram que, os basaltos apresentam taxas de liberação minerais mais rápidas quando comparadas as do granito. A granulometria da rocha tem grande influência, pois quanto maior a área superficial exposta ao ataque dos agentes

químicos, físicos e biológicos do intemperismo, mais rápida é a alteração do material (OSTERROHT, 2003).

Como a composição química e textural das rochas é bastante variada em espécies minerais, cada uma libera seus elementos em velocidades diferentes. Para que ocorra a liberação dos elementos que compõe as rochas, elas devem ser submetidas a alterações físicas e químicas (LUCHESE et al., 2002).

Os pós de rocha apresentam como características a composição multielementar e a capacidade de solubilização lenta, que são apropriadas para a utilização em sistemas de produção alternativos, e em condições altamente favoráveis à lixiviação de nutrientes, principalmente em solos tropicais degradados (VAN STRAATEN, 2006).

O granodiorito é uma rocha ígnea de composição química semelhante ao granito, mas contendo mais plagioclásio do que feldspato alcalino ou ortoclásio. O basalto, pela sua composição química e abundância, é uma das rochas mais utilizadas em rochagem. As ocorrências de basalto, no Brasil, são numerosas, como no caso da Formação Serra Geral que vai do Sul até o centro leste do Brasil (FERNANDES et al., 1998). O silício em suas diversas formas é um elemento que pode ser considerado benéfico para várias culturas como no caso do arroz, mas utilizando-se os critérios de essencialidade o elemento em questão não atende aos mesmos podendo, porém, potencializar e incrementar o desempenho de culturas importantes (SOUZA & SANTOS, 2017).

O objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho fisiológico de sementes de arroz, durante o armazenamento, em função do recobrimento das sementes com agrominerais.

## Material e Métodos

O trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Terras Baixas, da Embrapa Clima Temperado, localizada no Município de Capão do Leão, RS (31°52'00"S, 52°21'24"W). As avaliações das sementes foram realizadas no Laboratório Didático de Análise de Sementes do Departamento de Fitotecnia, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas.

Foram utilizadas sementes da cultivar BRS Pampa. Essa cultivar apresenta plantas do tipo moderno de folhas pilosas, altura média de 95,6 cm, ciclo precoce, em torno de 118 dias, podendo variar de 113 a 123 dias, e peso de mil sementes de 25,6 g.

As sementes foram recobertas com dois pós de rocha considerados agrominerais, sendo um deles um granodiorito e outro um basalto, tendo o granodiorito a composição de 70,29% de SiO<sub>2</sub>, 13,24% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4,23% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2,87% de Na<sub>2</sub>O, 0,49% de TiO<sub>2</sub>, 0,002% de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 2,42% de CaO, 4,33% de K<sub>2</sub>O, 0,99% de MgO, 0,15% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,07% de MnO, 8,4 ppm de Cu e 51 ppm de Zn, e o basalto a composição de 65,91% de SiO<sub>2</sub>, 12,53% de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 6,94% de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,04% de TiO<sub>2</sub>, 0,006% de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 10,79% de CaO, 0,51% de K<sub>2</sub>O, 6,7% de MgO, 0,12% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,19% de MnO, 181 ppm de Cu e 92 ppm de Zn.

Como adesivo foi utilizada uma calda açucarada para a fixação dos pós de rocha de acordo com metodologia utilizada por Voss (2008). A calda foi produzida na proporção de 33% de açúcar em relação ao volume de água sendo posteriormente fervida para a dissolução do açúcar. Ao final do processo o volume de água reduziu em torno da metade. A calda foi utilizada fria. A dosagem de calda utilizada nas sementes foi na proporção de 4L.100Kg<sup>-1</sup>. O adesivo foi distribuído uniformemente sobre a superfície das sementes, utilizando a estratégia de colocar pequenas quantidades de sementes e respectivas quantidades de adesivo dentro de sacos plásticos e agitar manualmente até a perfeita homogeneização. Após, as sementes foram recobertas com os pós de rocha, operação essa realizada em bandejas plásticas, nas dosagens desejadas. As dosagens de pós de rocha utilizadas foram de sem recobrimento e 30% em relação ao peso das sementes, tanto para granodiorito como para o basalto.

Os agrominerais foram adequados quanto à granulometria, sendo peneirados em peneira de 0,105mm, utilizando-se apenas as partículas que ultrapassaram a malha da peneira. As quantidades de pó de rocha foram pesadas em balança de precisão nas devidas proporções em relação às quantidades de sementes e colocadas em bandejas plásticas. Após, as sementes envolvidas pelo adesivo foram também colocadas nas bandejas e agitadas levemente de modo que fossem recobertas uniformemente.

Após o processo de recobrimento, que foi realizado em bateladas, as sementes foram acondicionadas em sacos de papel e armazenadas no galpão do Programa de Feijão da Embrapa Clima Temperado, localizado no Capão do Leão, sob temperatura e umidade naturais.

As sementes foram avaliadas ao longo do período de armazenamento, por meio de testes realizados em sete momentos ao longo do tempo, que ocorreram logo após o tratamento e aos 2, 4, 6, 8, 10 e 12, meses após.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com três repetições em um esquema fatorial 2x4x7, tendo como fator qualitativo as duas rochas utilizadas, e como fatores quantitativos, as doses utilizadas dentro de cada época e as épocas de avaliação ao longo do tempo.

#### *Parâmetros avaliados*

O Teste de germinação (GERM.) foi realizado segundo as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), por meio da semeadura de 200 sementes por tratamento, divididas em 4 repetições de 50 sementes, em rolo de papel *germitest* umedecido com água. Os rolos foram colocados em germinador à temperatura de 25°C, sendo as contagens realizadas aos 5 e 14 dias. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

A Primeira contagem da germinação (PCG) foi realizada conjuntamente ao teste de germinação, sendo a contagem das plântulas normais executada aos 5 dias após início do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

O Teste de frio (TF) foi conduzido com 4 subamostras de 50 sementes para cada unidade experimental, sendo os rolos de papel colocados em sacos plásticos, os quais foram vedados e mantidos em câmara regulada à temperatura de 10°C durante 7 dias. Após esse período, foram transferidas para um germinador e mantidas nas mesmas condições do teste de germinação, sendo avaliadas após 7 dias (CÍCERO & VIEIRA, 1994).

Para o Envelhecimento acelerado (ENV.), foram analisadas 200 sementes, divididas em 4 repetições de 50 sementes, utilizando-se o método de gerbox adaptado, que é uma caixa de acrílico com um rebaixo capaz de sustentar uma tela de aço inox para as sementes ficarem expostas à água, mas não tocarem nesta água. As sementes foram espalhadas em camada única sobre uma tela suspensa dentro de caixas de gerbox, contendo 40 ml de água destilada. Posteriormente essas caixas permaneceram em câmara BOD, a 41°C por 48h. Após este período as sementes foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação (BRASIL, 2009). Os resultados



foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Para a análise do Comprimento de parte aérea (CPA) e de raiz (CR) de plântulas, a avaliação do comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas foi realizada com 4 subamostras de 20 sementes para cada tratamento. A semeadura foi realizada em substrato rolo de papel para germinação do tipo germitest, no qual as sementes foram distribuídas desencontradas em 2 linhas retas longitudinais e paralelas no terço superior do papel. Após a confecção dos rolos, os mesmos foram colocados em germinador regulado à temperatura constante de 25°C (NAKAGAWA, 1999). Avaliou-se o comprimento da parte aérea e da raiz das plântulas normais aos 14 dias, sendo os resultados expressos como comprimento médio da parte aérea e da raiz.

Para a avaliação do efeito do recobrimento no armazenamento das sementes, considerou-se a dose de 30% para os 2 agrominerais e as sementes sem recobrimento, realizando-se a avaliação dos seus efeitos ao longo de todo o período de armazenamento, para os parâmetros descritos acima.

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância e havendo significância, realizou-se regressão polinomial para o fator dose dos pós de rocha dentro de cada época de avaliação. Para a avaliação do efeito do recobrimento no armazenamento das sementes considerou-se a dose de 30% para os 2 agrominerais e as sementes sem recobrimento, realizando-se a avaliação dos seus efeitos ao longo de todo o período de armazenamento, através de regressões polinomiais para os parâmetros estudados. Todas as análises foram realizadas em nível de 5% de probabilidade. Para a análise estatística foi utilizado o Sistema de Análise Estatística Winstat versão 1.0 (MACHADO & CONCEIÇÃO, 2003).

### Resultados e Discussão

Avaliaram-se as diversas variáveis ao longo do período de armazenamento para as doses sem recobrimento e 30% de recobrimento com os dois agrominerais. Para a germinação também se ajustaram polinômios de segundo grau (Figura 1).

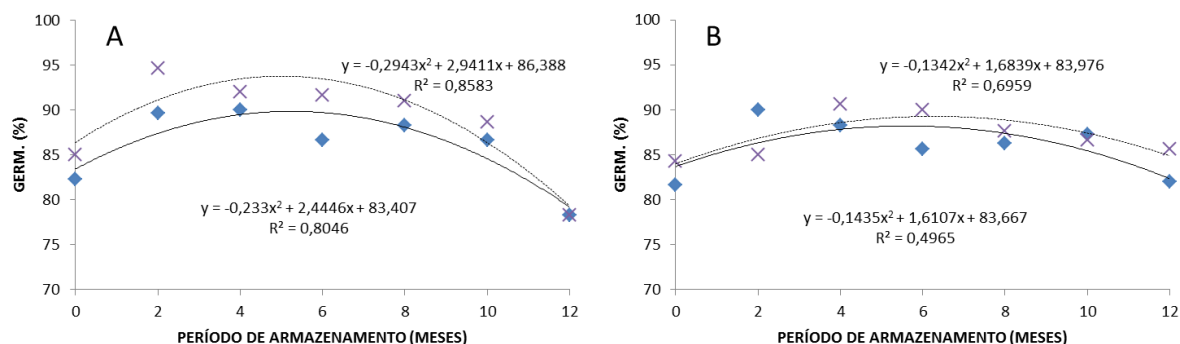


Figura 1. Germinação (GERM.) para a rocha basalto (A) e granodiorito (B), ao longo do período de armazenamento nos tratamentos sem recobrimento (—) e recobrimento na dose de 30% dos agrominerais (---).

Observa-se que, para o basalto, o recobrimento das sementes proporciona germinação superior as das sementes sem recobrimento ao longo do período de armazenamento. Para o granodiorito as sementes recobertas apresentam valores de germinação próximos aos das sementes sem recobrimento no início do período de armazenamento, sendo que, com o avanço desse período as sementes recobertas com 30% de pó de rocha passaram a apresentar um comportamento gradativamente superior.

Avaliando ao longo do período de armazenamento pode observar que, as doses de 30% de recobrimento mantem ao final do período de um ano, níveis de germinação aceitáveis, ficando em torno dos 80% de germinação para o basalto, e acima de 80% de germinação para o granodiorito.

Medina (2009) constatou que, sementes de triticale mantiveram o potencial fisiológico de maneira satisfatória por seis meses em local sem controle das condições do ambiente, em regiões com clima semelhante ao de Campinas - SP.

Os comportamentos das regressões para o envelhecimento acelerado (Figura 2) são muito semelhantes aos da primeira contagem da germinação, ajustando-se polinômios de segundo grau. Para o basalto nas épocas iniciais de avaliação observa-se um distanciamento visível entre as doses analisadas, sendo que, a dose 30% apresenta valores superiores às

sementes sem recobrimento. Ao final do período de armazenamento, porém, ocorre uma inversão nesse comportamento. Já para o granodiorito há uma pequena vantagem para a dose 30% até os seis meses de armazenamento, desaparecendo essa vantagem após esse período.

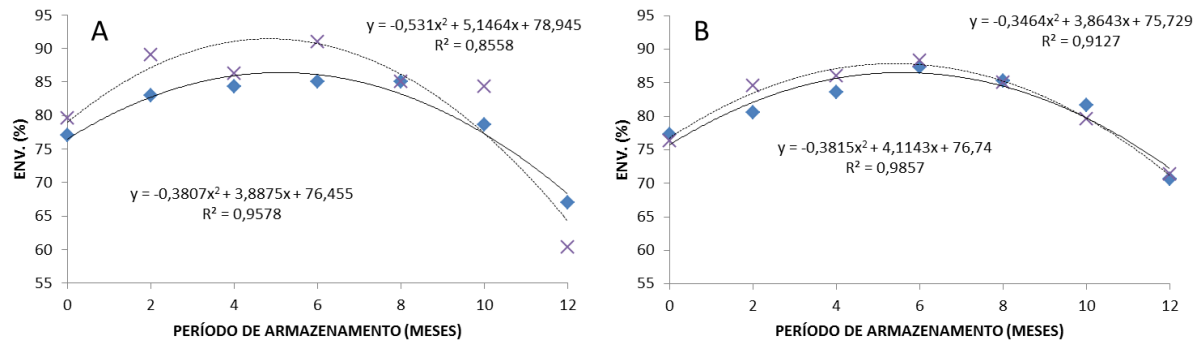


Figura 2. Envelhecimento acelerado (ENV.) para a rocha basalto (A) e granodiorito (B), ao longo do período de armazenamento nos tratamentos sem recobrimento (—) e recobrimento na dose de 30% dos agrominerais (---).

Para o teste de frio, ajustaram-se regressões lineares ao longo do período de armazenamento (Figura 3), para os 2 agrominerais. Para o basalto, observa-se que, durante todo o período de armazenamento, o recobrimento das sementes com a dose 30% da rocha, proporciona um comportamento superior em relação às sementes não tratadas, demonstrando benefício no tratamento das sementes, mantendo o distanciamento em relação as sementes sem tratamento. Para o

granodiorito, observa-se que, nos períodos iniciais de armazenamento o recobrimento proporciona resultados inferiores (Figura 3), sendo que, a partir do quarto mês de armazenamento, o recobrimento das sementes proporciona comportamento superior em relação as sementes não tratadas, demonstrando que, a tendência de um distanciamento crescente até o final do armazenamento.

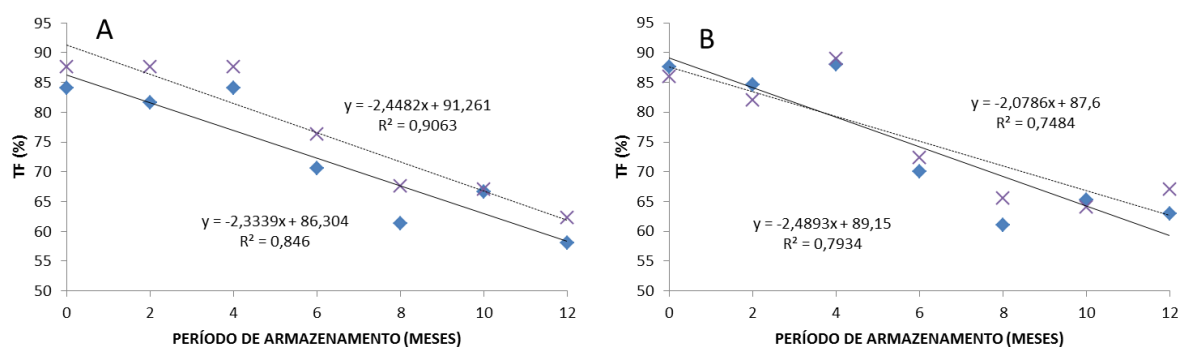


Figura 3. Teste de frio (TF) para a rocha basalto (A) e granodiorito (B), ao longo do período de armazenamento nos tratamentos sem recobrimento (—) e recobrimento na dose de 30% dos agrominerais (---).

Na variável comprimento da parte aérea, ajustaram-se polinômios de terceiro grau para todas as doses nos dois agrominerais, em função dos diferentes períodos de armazenamento. Para o granodiorito observa-se que, a partir de 2 meses de armazenamento,

o recobrimento das sementes proporciona maior comprimento da parte aérea das plântulas, até o final do período de armazenamento. Para o basalto observa-se que, somente no período entre 8 e 10 meses de armazenamento, o recobrimento das sementes

proporciona benefícios para essa variável, apresentando comportamento semelhante nos demais períodos.

Segundo Marcos Filho (2005), a germinação é um processo que compreende a captação de água, digestão e assimilação das reservas armazenadas e a retomada de crescimento embrionário, dando origem a uma plântula. Esta se desenvolve através da utilização das reservas contidas no endosperma ou no tecido cotiledonar, embora ocorra absorção de nutrientes do solo após a protrusão da raiz primária. Essa situação perdura até a fase em que, a planta adquire eficiência fotossintética suficiente para se tornar autotrófica. Isso geralmente ocorre entre os 20 e 30 dias após a emergência das plântulas.

Assim, os efeitos observados no comprimento da parte aérea e no teste de frio, possivelmente estejam relacionados a um efeito de conservação do potencial fisiológico das sementes recobertas, ao longo do período de armazenamento. Por outro lado, esse comportamento também pode estar relacionado a um efeito fertilizante resultante da liberação de nutrientes dos pós de rocha utilizados. Nesse sentido, Mateus (2007) constatou que, a mistura de sementes de *Brachiaria brizantha* com fertilizantes minerais fosfatados, cloreto de potássio e formulado farelado após 96 horas de contato do produto com as sementes anteriormente a semeadura, afetou a emergência das plântulas.

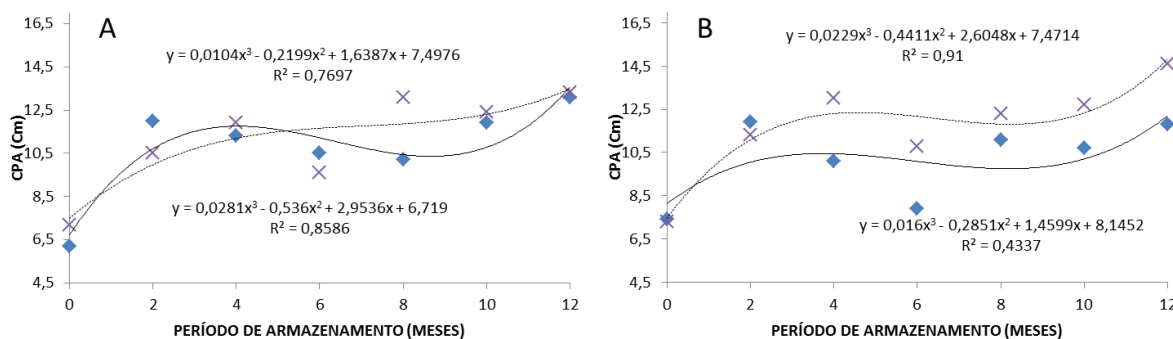


Figura 4. Comprimento de parte aérea (CPA) para a rocha basalto (A) e granodiorito (B), ao longo do período de armazenamento nos tratamentos sem recobrimento (—) e recobrimento na dose de 30% dos agrominerais (---).

Para o comprimento de raiz não se observa nenhuma tendência clara de superioridade, devido ao recobrimento das

sementes ao longo do período de armazenamento, para os 2 agrominerais (Figura 5).

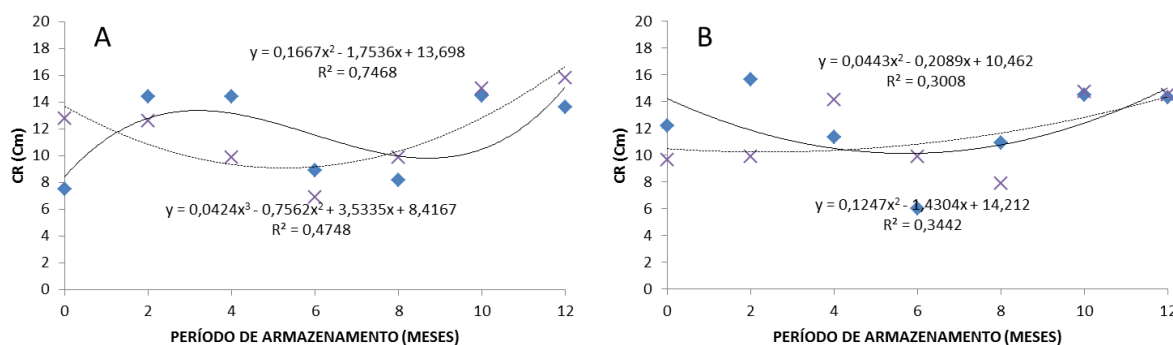


Figura 5. Comprimento de raiz (CR) para a rocha basalto (A) e granodiorito (B), ao longo do período de armazenamento nos tratamentos sem recobrimento (—) e recobrimento na dose de 30% dos agrominerais (---).

Pode-se observar que, para diferentes variáveis, os períodos iniciais de avaliação apresentam resultados inferiores do que outros períodos posteriores, tal fato, converge com resultados obtidos por Barros et al. (2005) em

que, avaliou sementes de feijão tratadas com fungicida e polímero em períodos mensais, podendo-se observar que, para o período de 60 dias, alguns dos tratamentos apresentaram resultados superiores aos resultados do

período inicial de avaliação. Também se podendo observar tal desempenho superior em trabalho realizado por Pires et al. (2004) que, utilizando sementes de feijão tratadas com fungicidas e polímeros avaliadas mensalmente, obtiveram resultados superiores de vigor, evidenciando um aumento do vigor até os 2 meses de armazenamento.

Durante o período de armazenamento, observa-se que fica mais visível de que, o agromineral basalto tende a resultados mais positivos nos períodos iniciais de avaliação, e que para o agromineral granodiorito os períodos em que se obtém resultados mais positivos são os períodos finais de avaliação, podendo-se associar a uma melhor conservação do vigor das sementes utilizadas.

### Conclusão

O recobrimento de sementes com pós de rocha dos agrominerais basalto e granodiorito, melhoraram o desempenho fisiológico de sementes de arroz, ao longo do período de armazenamento.

Sementes recobertas com os agrominerais proporcionaram desempenho superior de plântulas no período inicial de crescimento.

### Referências

ALVES, C. X.; BEVILAQUA, G. A. P.; ANTUNES, I. F.; MEDEIROS, P. T. SCHUCH, L. O. B. Nutrient content and vigor correlation in whole common bean seeds in two environments. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, v.57, p.209-2011, 2014.

AZAMBUJA, I. H. V.; VERNETTI JR., F. J.; MAGALHÃES JR., A. M. Aspectos socioeconômicos da produção do arroz. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES JR., A. M. Arroz irrigado no Sul do Brasil. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2004, p.23-44.

BARROS, R.; G.; BARRIGOSI, J. A. F.; COSTA, J. L. S. Efeito do armazenamento na compatibilidade de fungicidas e inseticidas, associados ou não a um polímero no tratamento de sementes de feijão. *Bragantia*, v.64, n.3, p.459-465, 2005.

BAUDET, L. L.; PERES, W. Recobrimento de sementes. *Seed News*, v.8, n.1, p.20-23, 2004.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 429p.

BEVILAQUA, G. A. P.; EBERHARDT, P. E. R.; JOB, R. B.; PINHEIRO, R. A. Recobrimento de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com pó-de-rocha granodiorito gnáissico. In:

Worshop Insumos para Agricultura Sustentável, 2012, Pelotas. Anais... Pelotas, 2012.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira de grãos. Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2014. Publicação mensal. 1. Grãos. 2. Safra. 3. Agronegócio I. Título. Disponível em: <http://www.conab.gov.br2012.pdf>. Acesso em: fevereiro de 2014.

FERNANDES, F. R. C.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. Eds. Agrominerais para o Brasil. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral-CETEM/MCT, 2010. 380p.

GRAMADO. Memória. Passo Fundo: Comissão Estadual de Sementes e Mudanças do Rio Grande do Sul, 1998. p.99-106.

FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L.; ROVERSI, T.; GARCIA, D. C. Avaliação do vigor de sementes de alface nuas e peletizadas. *Revista Brasileira de Sementes*, v.26, p.114-118, 2004.

FUNGUETTO, C. I.; PINTO, J. F.; BAUDET, L.; PESKE, S. T. Desempenho de sementes de arroz irrigado recobertas com zinco. *Revista Brasileira de Sementes*, v.32, n.2, p.117-123, 2010.

HENNING, A. A.; NETO, F. B. J.; KRZYZANOWSKI, F. C.; LORINI, I. Importância do tratamento de sementes de soja com fungicidas na safra 2010/2011, ano de La Niña. Londrina: Embrapa Soja – 2010. 8p.

LUCHESE, E. B.; FAVERO, L. O. B.; LENZI, E. Fundamentos da química do solo, teoria e prática. 2ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002. 182p.

MACHADO, A. A.; CONCEIÇÃO, A. R. Sistema de análise estatística para Windows. Winstat. Versão 1.0. UFPel, 2003. Disponível em: <http://www.winstat.com/>

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, v.72, n.4, p. 63-374, 2015.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MATEUS, G. P.; BORGHIII, E.; MARQUESII, R. R.; BÔAS, R. L. V.; CRUSCIO C. A. C. Fontes e períodos de contato de fertilizantes e germinação de sementes de *Brachiaria brizantha*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.1, p.177-183, 2007.

MEDINA, P. F.; TANAKA, M. A. S.; PARISI, J. J. D. Sobrevivência de fungos associados ao potencial fisiológico de sementes de triticale (*X. triticosecale* Wittmack) durante o

armazenamento. *Revista Brasileira de Sementes*, v.31, n.4, p.17-26, 2009.

PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Produção de sementes. In: PESKE, S. T.; ROSENTHAL, M. D.; ROTA, G. M. *Sementes; Fundamentos científicos e Tecnológicos*. Pelotas, UFPel. 2003. 645p.

PIRES, L. L.; BRAGANTINI, C.; COSTA, J. L. S. Armazenamento de sementes de feijão revestidas com polímeros e tratadas com fungicidas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.7, p.709-715, 2004.

SILVA, D. R. G. Caracterização e avaliação agrônômica de rochas silicáticas com potencial de uso como fontes alternativas de nutrientes e corretivos da acidez do solo. 173f. Tese

(Doutorado em Agronomia). Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. Universidade de Brasília. Brasília, 2012.

SOUZA, T. A. F.; SANTOS, D. *Solos em sistemas agroecológicos* 1ª edição. Areia, 2017. 176p.

VAN STRAATEN, P. Farming with rocks and minerals: challenges and opportunities. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.78, n.4, p.731-747. In: *Espaço & Geografia*, Brasília, v.9, n.2, p.179-193, 2006.

VOSS, M.; BENVENEGÚ, R. de C. Faça você mesmo a cola para peletização de sementes. *Passo Fundo: Embrapa Trigo, Boletim de Pesquisa*. 2008. 11p.

**Capítulo 13****UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE “R” NA AVALIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURU**

**Rubens Barrichello Gomes Barbosa<sup>1</sup>**  
**Renan Nicolau Ribeiro da Rocha<sup>2</sup>**  
**Claudielhi dos Santos Araújo<sup>3</sup>**  
**George do Nascimento Ribeiro<sup>4</sup>**  
**Alexandra Chaves Braga<sup>5</sup>**  
**Paulo Roberto Megna Francisco<sup>6</sup>**

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia de Biosistemas, UFCCG, Sumé-PB, rubensbarrichello@gmail.com

<sup>2</sup>Técnico de Laboratório em Mineração, IFPB, Campina Grande-PB, renan.rocha@ifpb.edu.br

<sup>3</sup>Mestre em História, UFCCG, Campina Grande-PB, claudielhi@hotmail.com

<sup>4</sup>Dr. Prof. Adjunto, UFCCG, Sumé-PB, george@ufcg.edu.br

<sup>5</sup>Dr<sup>a</sup>. Prof<sup>a</sup>. UNIFACISA, Campina Grande-PB, alexandrachavesb@gmail.com

<sup>6</sup>Dr. em Eng. Agrícola, UFCCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

**Introdução**

Segundo Silveira (2009), bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da água da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, seu exutório. Para gestão e análise de bacias hidrográficas, o uso de geotecnologias é uma ferramenta essencial, e seu desenvolvimento deve-se a aplicação da geografia quantitativa atrelada aos sistemas computacionais voltados para a análise espacial georreferenciada (BOTELHO & SILVA, 2004).

Com o advento do uso das geotecnologias, especificamente se tratando do georreferenciamento dos recursos hídricos, que institui-se num instrumento importante, visto que, possibilita analisar a área de determinada bacia hidrográfica em estudo, bem como a situação da cobertura vegetal e a ocupação do solo, sistematizar e manusear dados matriciais quanto vetoriais dentro de um banco de dados georreferenciados (ENCINA et al., 2018), e auxiliando a estabelecer condições de uso sustentável (OLIVEIRA et al., 2009).

Para Ferreira Junior e Dantas (2018), com o avanço tecnológico, a utilização de novas plataformas áreas, como os satélites, tornam-se uma das molas propulsoras para analisar e estudar a superfície terrestre, tendo em vista a relevância para detectar e monitorar as mudanças, propiciando melhor avaliação, manejo e gerenciamento dos recursos naturais, como vegetação e o solo.

Nessa ótica, é possível mensurar as causas primordiais de degradação dos recursos naturais, que em maior parte, são causados pelo homem, como o desmatamento, uso e ocupação do solo, atividades agrícolas e de pecuária,

sendo ocasionadas por populações com baixo senso crítico ambiental, impactando diretamente as bacias hidrográficas, que no cenário do semiárido nordestino, são relevantes para o equilíbrio natural do ambiente, que sofre com secas periódicas (FERREIRA JÚNIOR & DANTAS, 2018).

Imagens multi temporais de sensoriamento remoto, transformadas em índices de vegetação (IV's), são ferramentas poderosas usadas para monitorar mudanças ocorridas na cobertura vegetal (KARNIELI et al., 2002). Em muitos dos estudos com dados de sensoriamento remoto, os que são relacionados com o domínio do tempo, têm proporcionado melhores resultados diante dos casos de domínio espacial, radiométrico e espectrais (ALMEIDA et al., 2008).

O sensoriamento remoto é de extrema importância no manejo de bacias, pois ajuda na identificação e monitoramento de possíveis mudanças nos recursos naturais (FERREIRA JUNIOR & DANTAS, 2018).

Os índices obtidos por sensoriamento, segundo Jensen (2009), são medidas radiométricas adimensionais e sua utilização pode facilitar a identificação e na obtenção de informações sobre a cobertura do solo. As imagens digitais advindas dos sensores remotos orbitais são constituídas por pixels, cada um com seu valor de número digital, e que possui uma relação direta com a radiação eletromagnética dos alvos que chega ao sensor.

O uso de imagens orbitais proporciona uma visão sinóptica do terreno e melhor realce dos objetos terrestres através do espectro eletromagnético, possibilitando no melhor aproveitamento do contexto espacial para

medir os impactos naturais e antrópicos, sejam eles locais ou regionais (GAMEIRO et al., 2016). Para verificar a vegetação, diversas técnicas podem ser utilizadas, como a identificação da vegetação com o auxílio das imagens de satélite, que se torna uma tecnologia veloz e em algumas situações mais eficientes, principalmente quando a análise ocorre em lugares inóspitos (SILVA et al., 2011).

Para analisar uma vegetação, faz-se necessário utilizar processamento de imagens de satélite com o intuito de propiciar uma melhor extração dos alvos analisados. Dentro destes processamentos, têm-se como exemplo processos de classificação automática de imagens, índices de vegetação como o Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI), Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) e o Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI), entre outros, além do modelo linear de mistura espectral (MAGALHÃES et al., 2017).

Os índices de vegetação são operações algébricas que envolvem faixas de reflectância específicas, permitindo determinar a cobertura vegetal e a sua densidade (CRUZ et al., 2011). Os índices de vegetação espectral são combinações matemáticas de diferentes bandas espectrais, principalmente nas regiões do visível e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (VIÑA et al., 2011).

Concernente ao software "R", este utiliza uma linguagem de programação especializada em computação com dados, que possui vantagens, tais quais, possui caráter gratuito e disponibilidade para um leque bastante variado de sistemas operacionais, além de ser altamente expansível com o uso de pacotes, que são bibliotecas para estudos ou funções específicas (SILVA et al., 2009).

Ademais, a linguagem de programação R se tornou uma linguagem popular para a programação de análise espacial e geocomputação (GUO et al., 2016). No entanto, existem muitas bibliotecas ou pacotes de contribuição do usuário para o processamento digital de imagens, que promovem reutilização de código e reduzem o tempo de desenvolvimento.

A análise de dados espaciais também é muito difundida em "R" e tem ganho um grande número de recursos nos últimos anos, uma vez

que, se mostra uma alternativa viável, em relação a softwares comerciais, para análises espaciais e geoestatísticas, já que importa, armazena, analisa e permite a visualização dos resultados (POVOA et al., 2011).

A região do Cariri Paraibano tem sofrido explorações predatórias e má utilização do solo ao longo dos anos, devido primordialmente aos métodos inadequados e à falta de planejamento do uso da terra, acarretando o assoreamento dos rios e reservatórios (ALENCAR, 2008), além da perda do quantitativo e diversidade da vegetação da região.

Alencar (2008), observando a degradação ambiental, constatou que, na bacia do rio Sucuru, principal contribuinte do açude de Sumé-PB, predominam os níveis de degradação moderado grave, grave e muito grave de degradação das terras, como também um grau acentuado de antropismo com desmatamento da cobertura vegetal de grandes áreas, e as águas subterrâneas da bacia do rio Sucuru apresentam restrição ao uso agrícola no tocante ao problema de salinidade.

Nesse contexto, avaliar a cobertura vegetal da bacia hidrográfica em questão, constitui-se de primordial fator para estudos ambientais, gestão e planejamento de recursos naturais e da bacia hidrográfica, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico da dinâmica no espaço urbano e rural.

Diante disto, este trabalho tem por objetivo utilizar o Software "R" para avaliação da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Sucuru, Estado da Paraíba, por meio de diferentes índices de vegetação, para o período seco e úmido da região, utilizando imagens dos satélites LANDSAT 7 e 8.

## Material e Métodos

A bacia do Alto Rio Sucuru (Figura 1) está localizada no semiárido paraibano, na microrregião homogênea Cariris Velhos, com área territorial de aproximadamente 1.652,5 km<sup>2</sup>; engloba, total ou parcialmente os municípios de Amparo, Monteiro, Ouro Velho, Prata, Sumé, Serra Branca e Coxixola. A área se encontra entre as coordenadas geográficas de 7° 28' 00" e 7° 50' 00" de latitude sul e 37° 14' 00" e 36° 49' 00" de longitude oeste (SANTOS et al., 2009).

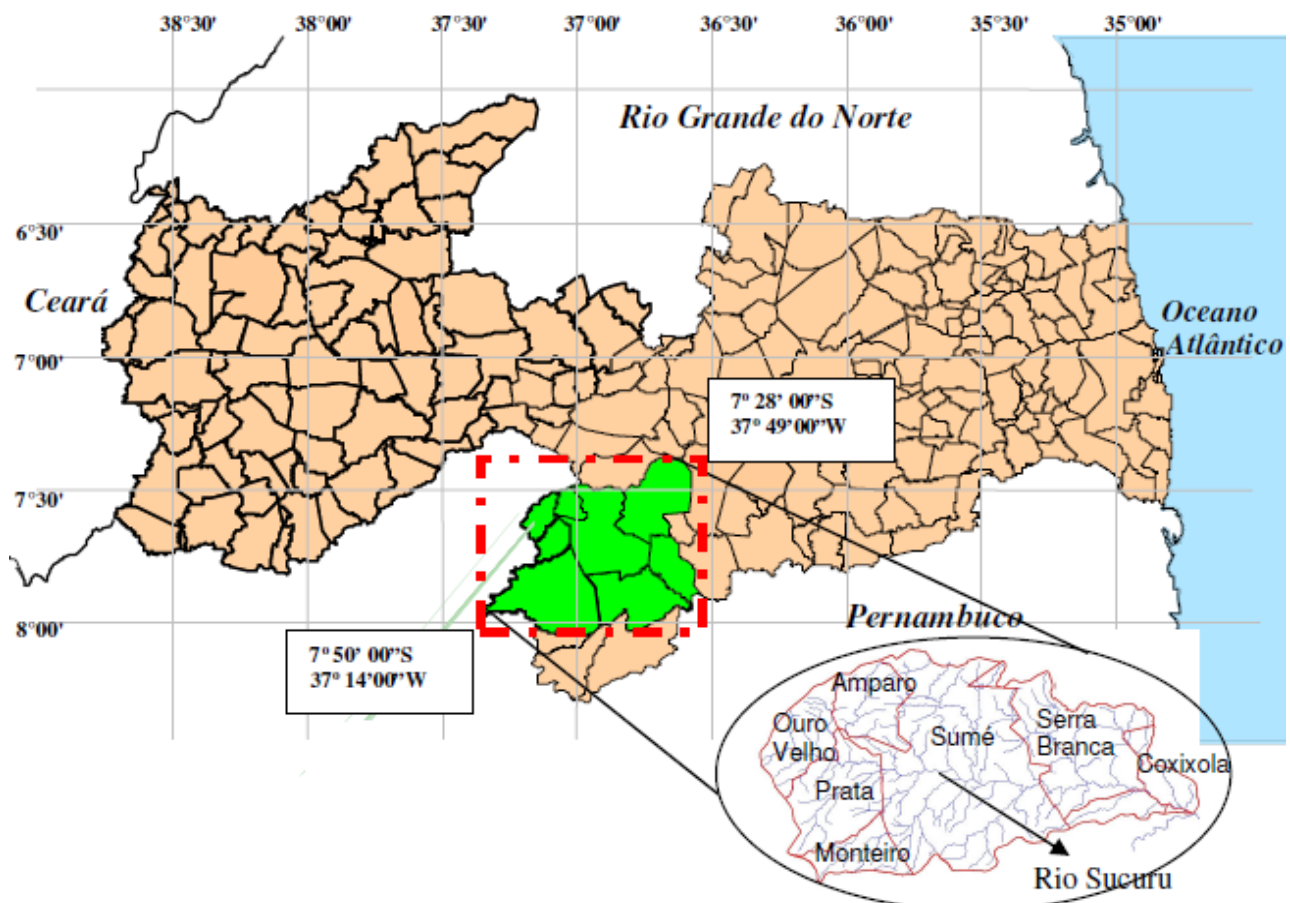


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: Alencar (2008).

Já a bacia hidrográfica do principal açude da região, o açude de Sumé, está inserida totalmente nos municípios de Sumé, Monteiro, Prata, Ouro Velho e Amparo, sendo que, sua maior área está localizada na cidade de Sumé. Esta bacia possui 631 açudes distribuídos em 769 km<sup>2</sup>, sendo que, 620 açudes, ou seja, 98% dos reservatórios possuem área inferior a 20 ha (SANTOS et al., 2009).

O principal rio da região é o Sucuru, estando a 5 km de distância da cidade de Ouro Velho, seu percurso, de oeste/leste, é interrompido pelo açude Sumé, a 2 km do município e apresenta como principais afluentes o riacho da Prata, Jureminha, Salgadinho, Olho D'água e São Francisco (ALENCAR, 2008).

De acordo com a classificação de Gausson a área em estudo está sob a influência dos tipos climáticos 4aTh (tropical quente de seca acentuada), 2b (subdesértico quente de tendência tropical) e 3aTh (mediterrâneo quente ou nordestino de seca acentuada). De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Bsh, (semiárido quente), com precipitações médias anuais baixas, em torno de 400 mm com estação seca que pode atingir até 11 meses. O índice de

aridez de Thornthwaite para a bacia do Sucuru é de 0,22, que caracteriza o seu clima como semiárido (ALENCAR, 2008).

Considerando os meses com maior intensidade de chuvas, assim como os meses com menores precipitações pluviométricas, a região do Cariri paraibano, o trimestre chuvoso está relacionado com os meses de fevereiro-março-abril, já para o período trimestral mais seco, compreende os meses de agosto-setembro-novembro (SENA et al., 2017).

Para Silva (1994), a geologia da região está representada pelo complexo gnaissico-migmatito e rochas granitóides, do pré-cambriano indiviso e do período quaternário, por sedimentos aluviais. A área de estudo compreende o Planalto da Borborema, correspondente à unidade morfológica Superfície do Planalto ou Superfície dos Cariris, apresentando domínio de relevo suave ondulado e ondulado, com altitudes variando de 380 a 500 m (BRASIL, 1972).

Na região de estudo predomina a caatinga hiperxerófila de porte arbóreo baixo ou arbóreo arbustivo, com destaque para as espécies do pereiro (*Aspidosperma pyrofolium* Mart - Apocynaceae), quixabeira (*Bumelia sertorum* Mart - Sapotaceae), xique-xique



(*Pilocereus gounellei weber* - Cactaceae), aroeira (*Astronium urundeuva* Engl. - Anacardiaceae), baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl - Anacardiaceae), mandacaru (*Cerus Jamacaru* DC - Cactaceae) e marmeleiro (*Croton sp* - euphorbiaceae), além de apresentar uma concentração de cactáceas e bromeliáceas relativamente alta e com a presença marcante, a partir de 1980, da algarobeira (*Prosopis juliflora* - SW. DC) e leucena (*Leucena leucocephala* - Lam. de Wit) (BRASIL, 1972).

De acordo com Francisco (2010), na área ocorrem os Neossolos Litólicos Eutróficos, fase pedregosa substrato gnaisse e granito, e os Vertissolos apresentando relevo suave ondulado e ondulado, predominantemente nas partes mais baixas no entorno da drenagem, e os Planossolos Nátricos, relevo plano e suave ondulado, e a predominância de solos Luvisolos Crômicos bem desenvolvidos, em relevo suave ondulado.

A agricultura se baseia na agricultura familiar, com o plantio de espécies como feijão macassar ou de corda (*Vigna unguiculata*) e o milho (*Zea mays*), ainda nas culturas de batata-doce, fava, algodão herbáceo, mamona, mandioca, tomate, feijão, banana, coco, goiaba, manga e sisal. A pecuária está embasada na criação extensiva de rebanhos, caprino, bovino, ovino, suíno, equino, asinino e muares (ALENCAR, 2008).

Para a realização deste trabalho foram utilizadas 44 imagens do LANDSAT 7 e 8, sensor OLI do ano de 2016, órbita/ponto 215/65. As imagens foram adquiridas junto ao site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, 2016).

O processamento das imagens e a obtenção dos índices de vegetação (IV) foram realizados no software "R", utilizando-se de pacotes específicos e criando-se rotinas matemáticas que denotaram os índices do NDVI, NDWI e SAVI.

Neste trabalho, adotou-se as normas e parâmetros estabelecidos por Cunha et al. (2018), que utilizou os pacotes 'raster', 'rgdal' e 'maptools', que foram usados para executar três sub-estágios do algoritmo. As funções projectRaster, crop e resample do pacote "raster" foram usadas para ajustar os dados de entrada. A função cluster, foi usada para paralelizar partes do algoritmo.

Para a confecção dos mapas, foi utilizado "RStudio" versão Desktop Open Source License. O RStudio é um conjunto de ferramentas integradas que inclui um console, editor de

realce de sintaxe que suporta execução direta de código e uma variedade de ferramentas robustas para plotagem, visualização de histórico, depuração e gerenciamento do espaço de trabalho, utilizando os plugins rgdal e raster (AMARAL & CESÁRIO, 2009).

O NDVI foi determinado para cada imagem, a partir da Equação 1, sendo obtido pela razão entre a diferença das refletâncias do infravermelho próximo ( $\rho_4$ ) e do vermelho ( $\rho_3$ ) e a soma das mesmas refletâncias.

$$NDVI = \frac{[\rho_4 - \rho_3]}{[\rho_4 + \rho_3]} \quad (\text{Eq.1})$$

Para determinação do NDWI foi aplicado uma série de imagens, visando a análise da dinâmica temporal, posto que muitos elementos podem interferir na resposta espectral da água, permitindo estabelecer relações a bacia hidrográfica em estudo, além disso, utilizou-se a (Equação 2) para determinação do NDWI que consiste na razão entre a diferença das refletâncias do verde ( $\rho_5$ ) e do infravermelho próximo ( $\rho_4$ ) e a soma das mesmas refletâncias.

$$NDWI = \frac{[\rho_5 - \rho_4]}{[\rho_5 + \rho_4]} \quad (\text{Eq.2})$$

No cálculo do SAVI (Equação 3) é adicionada uma constante L, cujo o objetivo é minimizar o efeito do solo no resultado final do índice, visto que L= constante que pode variar entre 0 e 1, segundo o propositor os valores ótimos de L são: L = 1 (baixas densidades de vegetação), L = 0,5 (densidade médias de vegetação) e L = 0,25 (densidades altas de vegetação). Para a presente pesquisa foi adotado L = 1 em virtude de a região em estudo possuir baixas densidades de vegetação (HEUTE et al., 1988).

$$SAVI = \left[ \frac{\rho_4 - \rho_3}{\rho_4 + \rho_3 + L} \right] * (1 + L) \quad (\text{Eq.3})$$

## Resultados e Discussão

### Índice de Diferença Normalizada da Vegetação (NDVI)

Na Figura 2 observa-se o NDVI para a bacia do rio Sucuru para o período seco. Pesquisando eventos extremos de precipitação no sertão paraibano, Sena et al. (2017) reportaram que, os trimestres chuvosos e secos

para o cariri paraibano, correspondem aos meses de fevereiro-março-abril e agosto-setembro-outubro, respectivamente.

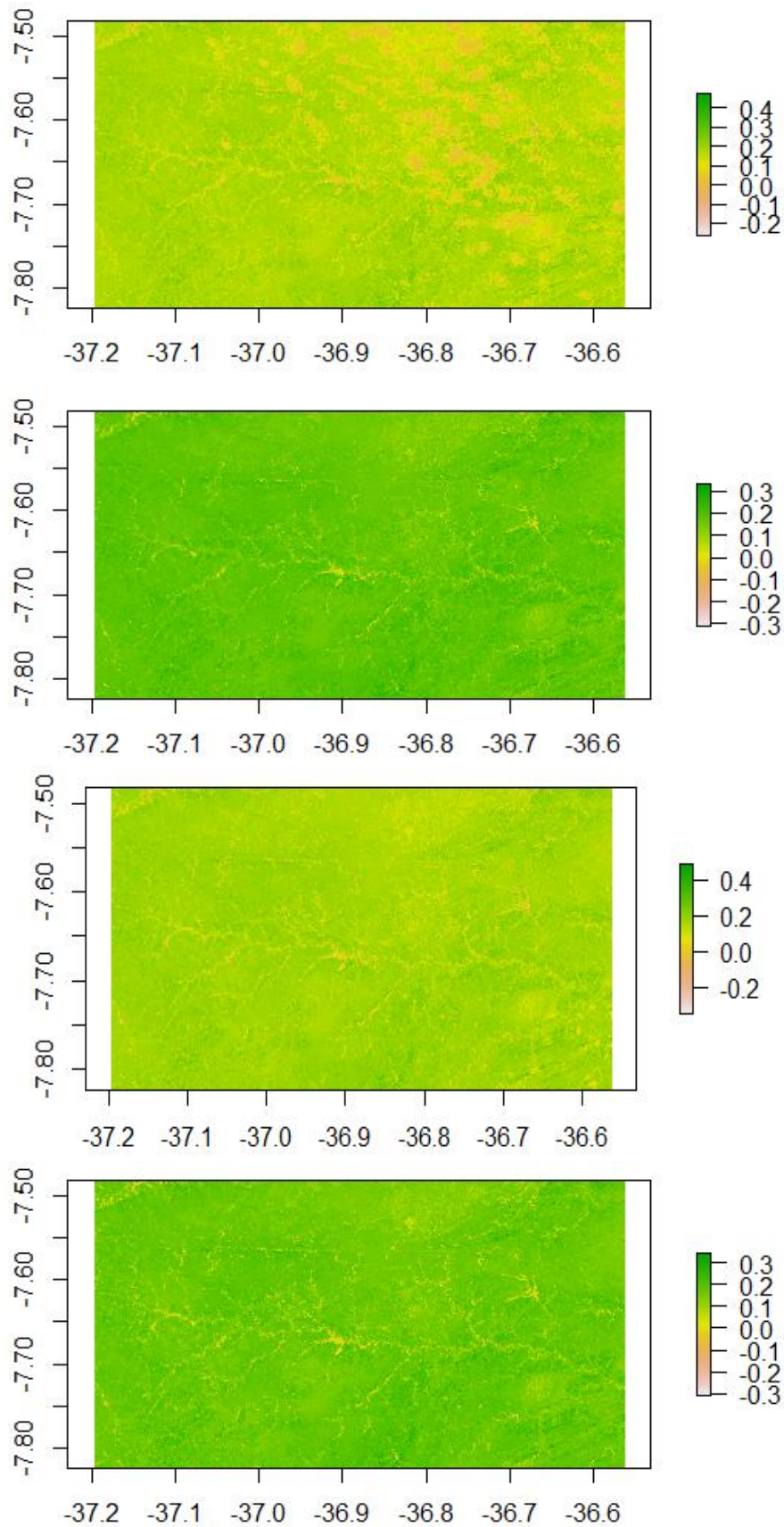


Figura 2. Produtos de NDVI da área em estudo para o trimestre seco.

Para o período seco, os valores de NDVI variam de um valor máximo de 0,4 a um valor mínimo de -0,3, sendo caracterizados, respectivamente, como regiões de cobertura rala do solo e área de solo exposto. O resultado obtido neste trabalho com a classe de -0,3 – 0,4 configura o vigor da vegetação, e estão em consonância com Rosendo et al. (2007), quando apontaram que, o NDVI possui propriedade de variar entre -1,0 a +1,0, e quanto valores mais próximos de 1,0 maior é a densidade da cobertura vegetal.

Conforme Silva e Galvínicio (2012), para a época seca, foi observado que o NDVI interfere nas respostas do solo, e, isso pode interferir nas respostas diferenciadas na cobertura vegetal devido a uma subestimativa. Os mesmos autores salientam, que o bioma Caatinga sofre influência do solo, portanto durante o período seco as áreas de solo exposto e susceptibilidade são as que apresentam maior fragilidade ambiental.

Comparando os resultados obtidos com Rosendo et al. (2007), constata-se que, há predominância dos valores de -0,3 a 0,4, sendo

assim, verifica-se que, prevalece a presença de solo exposto e vegetação rala na área em estudo, respectivamente. Assim, corroborando com os resultados encontrados por Andrade et al. (2018), que avaliaram diferentes índices de vegetação no Sertão Pernambucano para os municípios de Exu e Moreilândia, os quais encontraram valores predominantes variando em torno de 0,17 a 0,41.

Mediante Demarchi et al. (2011), em sua pesquisa, no que tange aos tipos de vegetação, identificaram as classes dos pixel notadamente como região de açude valores de NDVI que variaram entre -1,0 a -0,1; área de solo exposto, para valores de -0,1 a 0,2; as regiões de cobertura rala do solo, dispõem-se nas classes de NDVI 0,2 a 0,4; alta densidade de cobertura vegetal valores variando em 0,4 a 0,5; a classe de NDVI 0,5 a 0,6 agrupou as matas nativas, enquanto a classe de 0,6 a 0,9 concentraram-se áreas de mata nativa com elevada cobertura vegetal.

Na Figura 3 observa-se o NDVI para a bacia do rio Sucuru para o período úmido.

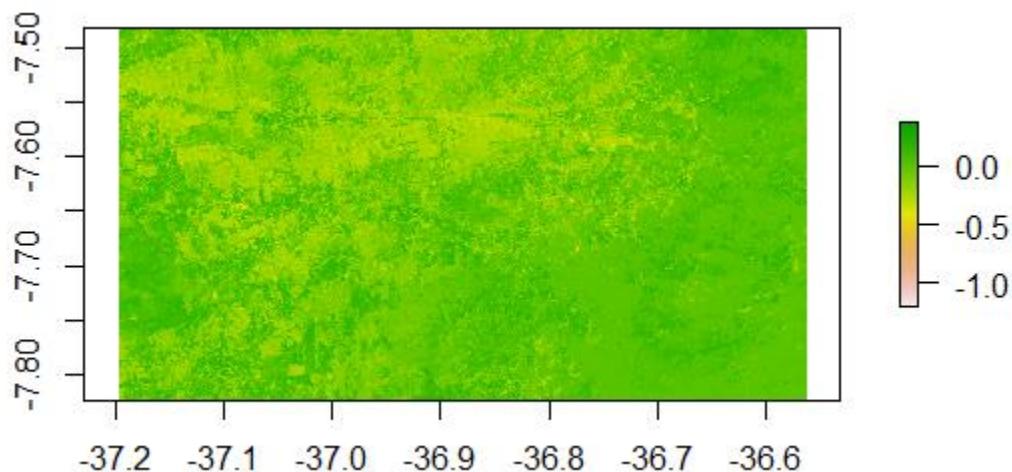


Figura 3. Produto de NDVI da área em estudo para o período úmido.

No entanto, para o período úmido, os valores de NDVI variam de um valor máximo de 0 para um valor mínimo de -1,0, sendo caracterizados, respectivamente, como limite limiar e região de açude. Para Gameiro et al. (2016), avaliando a cobertura vegetal na sub-bacia Hidrográfica do Baixo Jaguaribe – CE, os valores máximos de NDVI foram de 0,5 para o período úmido, devido à presença de vegetação com mais folhas na região, resultado de boa disponibilidade de água no solo, o que fez favorecer o desenvolvimento da vegetação nativa na área em estudo.

Há diferença de valores existentes entre os dois períodos se faz presente,

primordialmente, pelo fato de a caatinga ser uma vegetação que perde as suas folhas na época seca, o que deixa de ser classificada como vegetação densa e passa a ser caracterizada como vegetação escassa e/ou solo exposto. Maldonado (2005) aponta que, para a caatinga, a radiância do infravermelho próximo é sempre superior que a do vermelho e que para o período seco, de forma similar, a radiância reduz com o aumento da biomassa, enquanto que, na época úmida, a diferença da radiância entre as bandas aumenta, em virtude da maior absorção da energia do vermelho pela fotossíntese com o aumento da biomassa e pela

maior reflexão do infravermelho pela água de hidratação da folhagem.

Conforme Pereira et al. (2016), o sensoriamento remoto por muitas vezes está atrelado a discriminação de um alvo com a resolução espacial do sensor. Para Silva (2003), alta resolução está interligado à maior discriminação dos elementos, logo a um número

maior de observações, no entanto o inverso também é válido, a baixa resolução está relacionada a uma pobre distinção dos objetos.

#### *Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI)*

Na Figura 4 observa-se o NDWI para a bacia do rio Sucuru para o período seco.

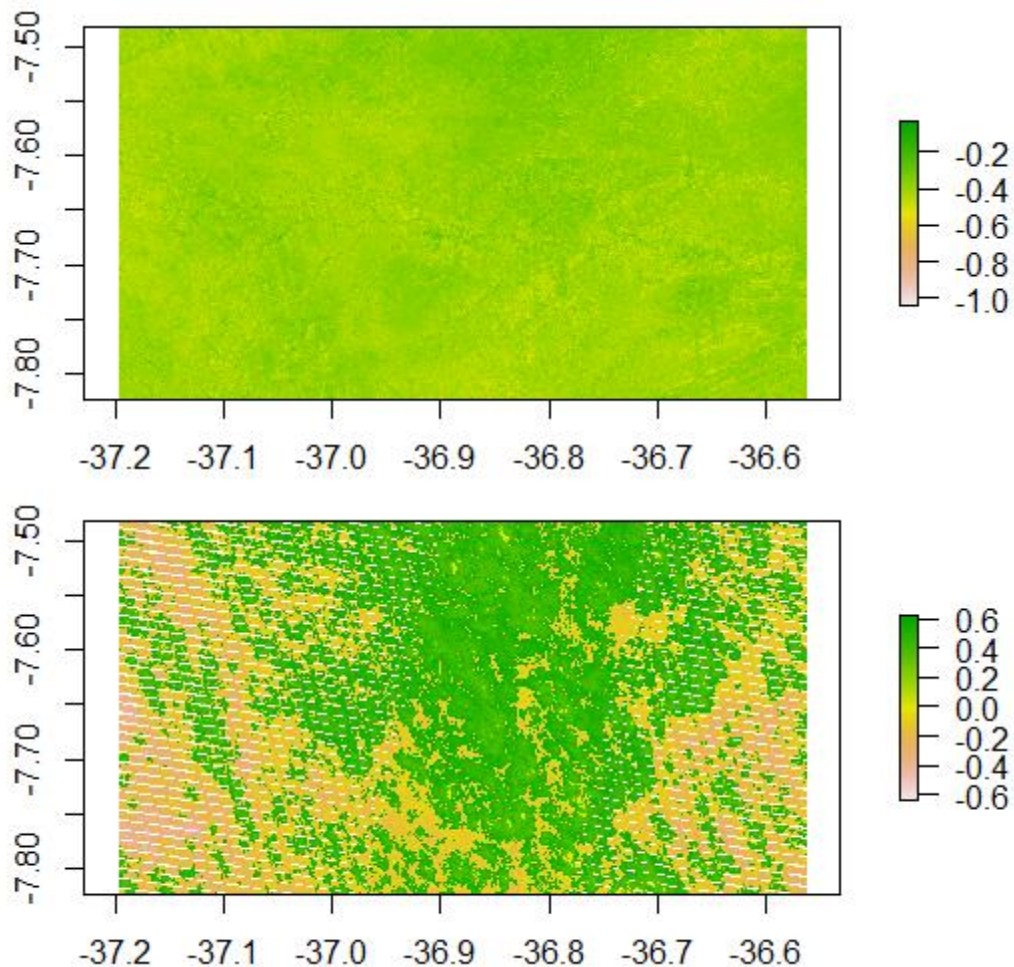


Figura 4. Produtos de NDWI da área em estudo para o período seco.

Os valores encontrados para o NDWI para o período seco, variam de um valor mínimo de -1,0 a um valor máximo de 0,6, sendo, portanto, classificados, respectivamente, caracterizados como vegetação seca ou solo exposto, como também áreas agricultáveis irrigadas ou cursos hídricos. Os resultados obtidos, corroboram com os de McFeeters (1996), onde os valores de NDWI variaram de -1,0 a +1,0, sendo 0 o limite

limiar. Segundo Ferreira et al. (2012), para valores de NDWI negativos existem uma correspondência com vegetação seca, solo exposto e áreas urbanas, enquanto valores maiores de 0,0 foram identificadas como áreas com agricultura irrigada e cursos hídricos.

Na Figura 5 nota-se o NDWI para a bacia do rio Sucuru para o período úmido.

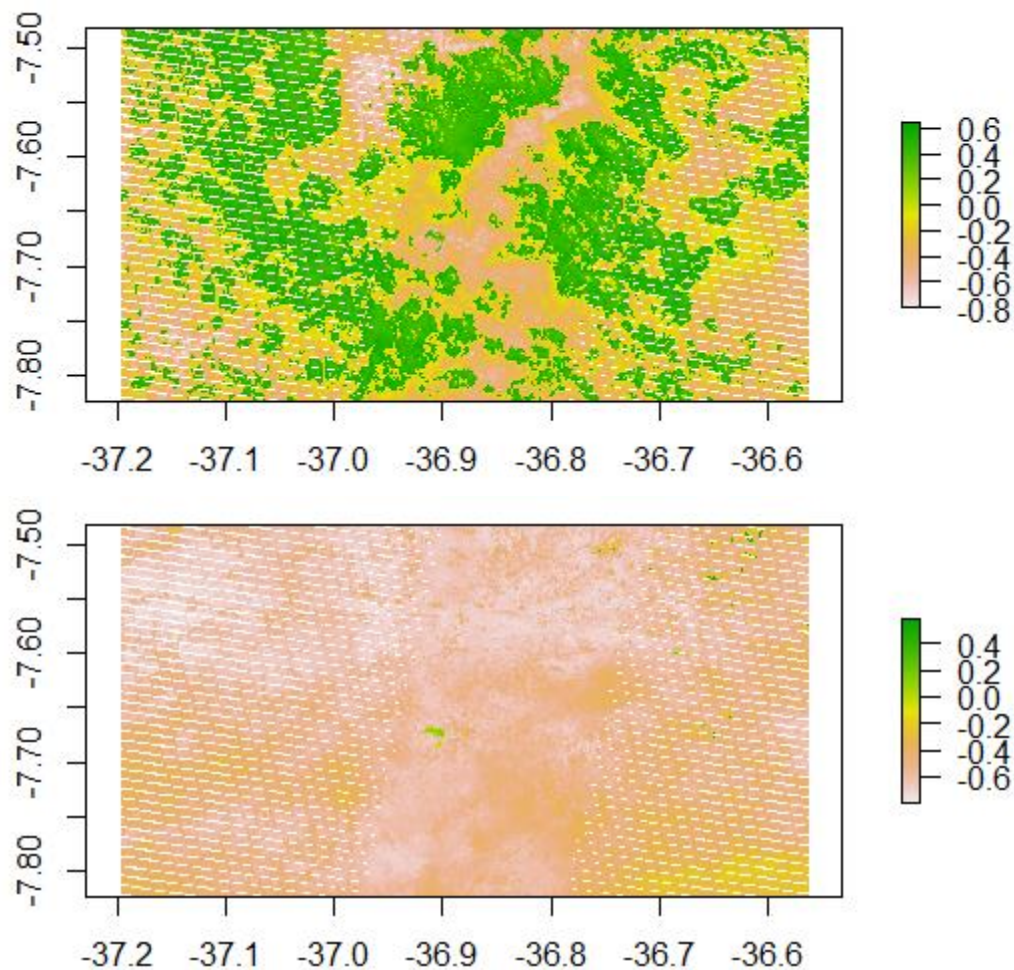


Figura 5. Produtos de NDWI da área em estudo para o período úmido.

Para o período úmido, os valores de NDWI variam de um valor máximo de 0,6 a um valor mínimo de -0,8, classificados, respectivamente como vegetação seca ou solo exposto, como também áreas agricultáveis irrigadas ou cursos hídricos.

De acordo com Brenner e Guasseli (2015), é evidente ao se trabalhar com água, que a faixa do visível torna-se restrita, pois a partir do infravermelho a maior parte da resposta espectral da radiação da água é absorvida, no entanto a banda do verde, utilizada na equação do NDWI, há uma maior penetração da luz no fundo da água, o que possibilita uma maior discriminação dos alvos.

O NDWI tem a finalidade de delinear ambientes de águas abertas, automatizando a caracterização do limite entre água e terra, ou seja, vegetação terrestre e solos, possibilitando, mediante Mc Feeters (1996) que potencializar a reflectância típica da água adotando o comprimento de onda do verde; diminuir a baixa reflectância dos corpos de água no infravermelho próximo e realçar o contraste entre a água e a cobertura vegetal, proporcionada pelo infravermelho próximo.

#### *Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI)*

A Figura 6 apresenta o SAVI para a área de estudo no período seco.

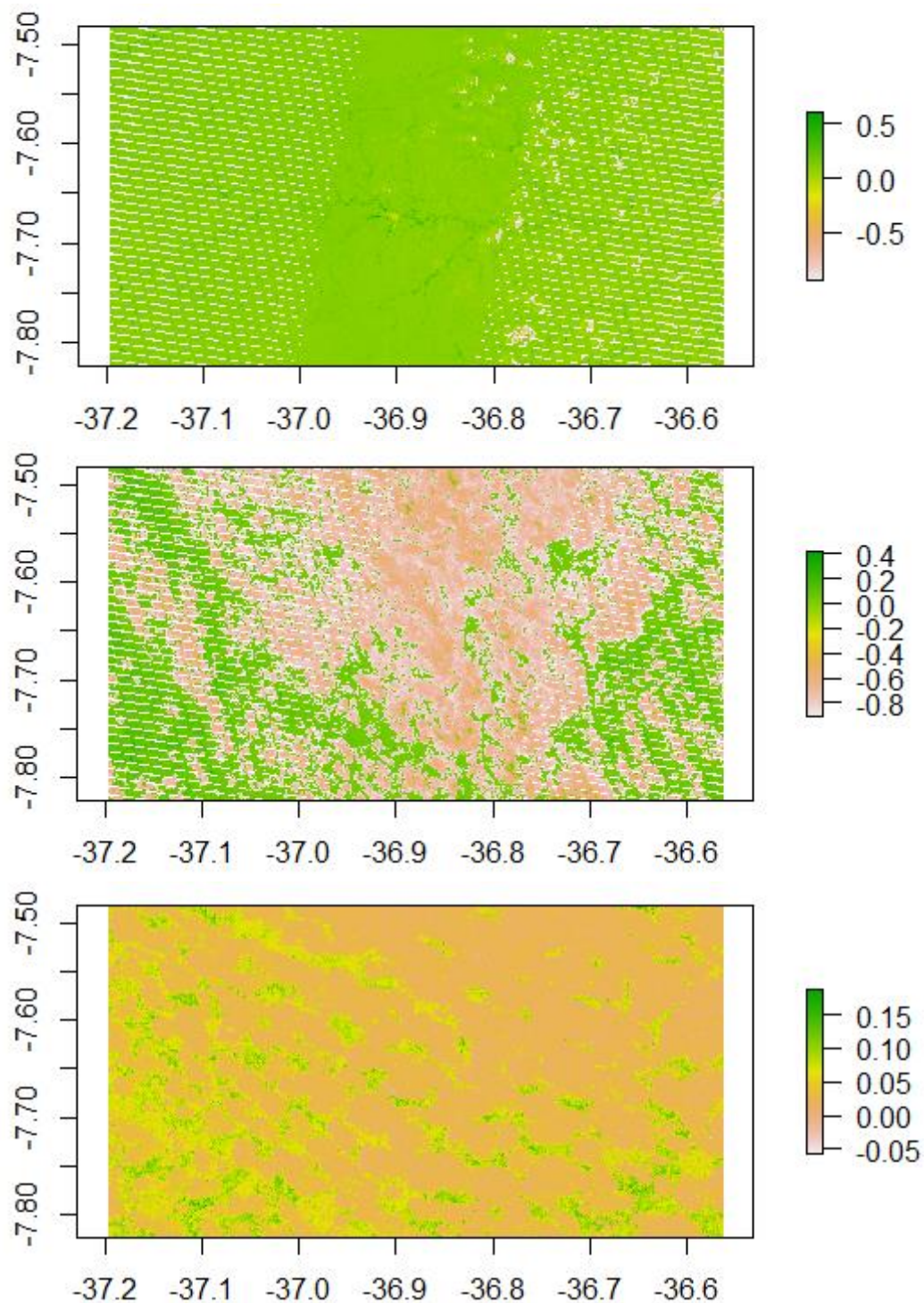


Figura 6. Produtos de SAVI da área em estudo para o período seco.

Os valores para o período seco variam de um valor mínimo de -0,8 a um valor máximo de 0,5, sendo, portanto, respectivamente, caracterizados como área construída, solo exposto ou corpos d'água e vegetação densa na região em estudo. Para Sousa et al. (2007), valores próximos a -1,0 correspondem a uma área com nível de degradação muito grave.

O índice SAVI expressa valor que representa maior índice de vegetação quando estão mais próximos ao +1 correspondendo à

vegetação mais densa representados, enquanto os valores que apresentam baixos índices de vegetação estão mais próximos do zero. Os valores negativos correspondem à área construída, solo exposto e corpos d'água (RÊGO, 2012).

Para Heute et al. (1988), este índice de vegetação, constata-se que o brilho do solo, principalmente em tons escuros aumenta o valor dos índices de vegetação, essencialmente

para cobertura vegetal com aproximadamente 50% de a cobertura verde.

Na Figura 7 nota-se o SAVI para a bacia do rio Sucuru para o período úmido.

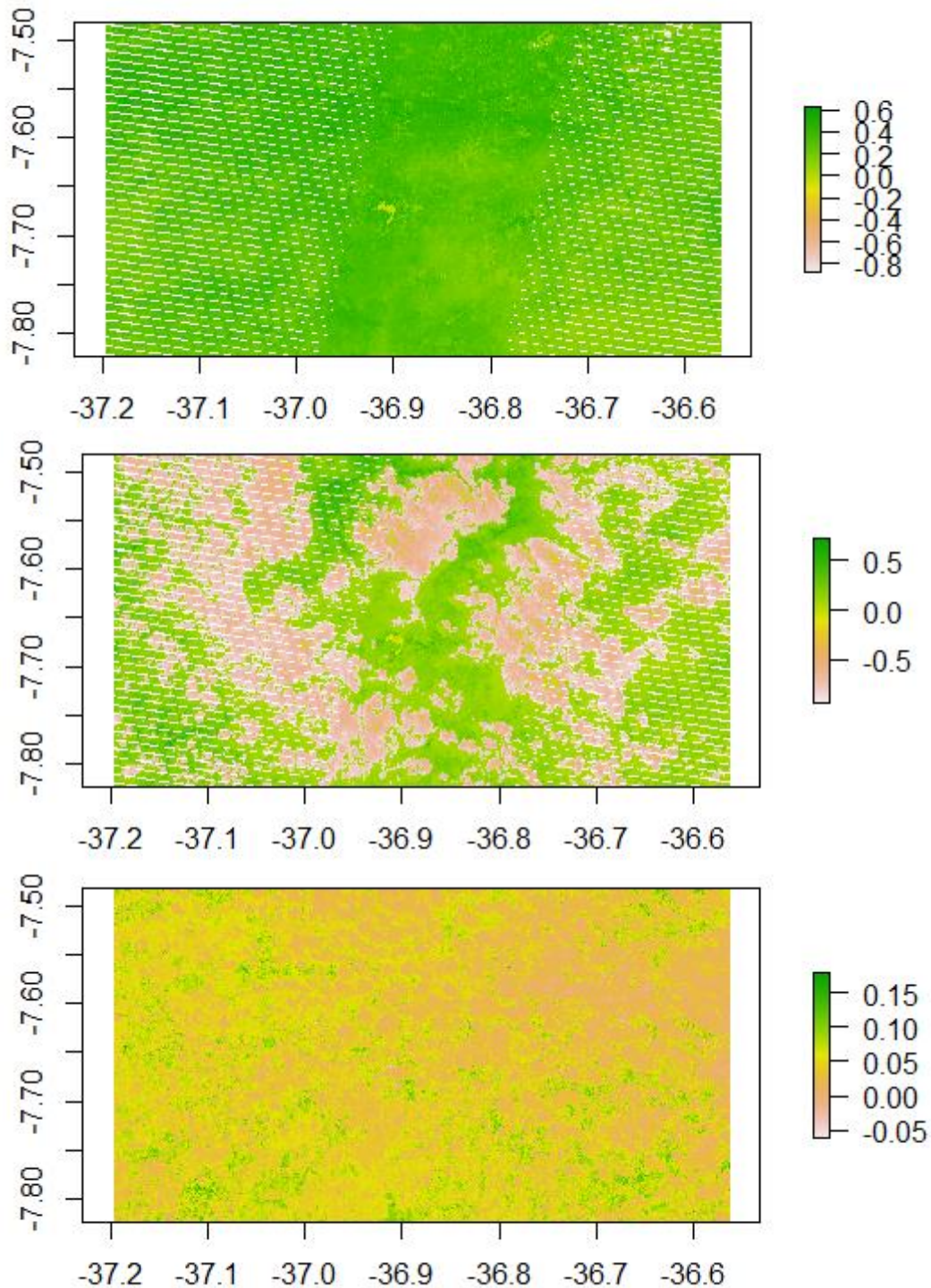


Figura 7. Produtos de SAVI da área em estudo para o período úmido.

Os valores para o período úmido variam de um valor mínimo de -0,8 a um valor máximo de 0,6, sendo assim, respectivamente, caracterizados como área construída, solo exposto ou corpos d'água e vegetação densa na região em estudo. Em pesquisa realizada por Gameiro et al. (2016), o SAVI apresentou valor de 0,7 para o período úmido, o qual consiste em um aumento da área verde, portanto,

apresentando vegetação densa e intermediária, corroborando assim com a referida pesquisa. Boratto e Gomide (2013), encontraram valores para o SAVI no período seco de -0,03 a 0,55 e para o período úmido variando de -0,60 a 0,86, em estudo realizado na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais.

Os resultados do SAVI apresentam semelhanças em relação aos resultados obtidos com os valores de NDVI, o que diferencia é o fato do SAVI possuir valores mais amplos em suas médias e, assim, destacando as características, tanto das regiões vegetadas quanto das não vegetadas, bem como dos corpos d'água.

Em virtude das poucas diferenças para os resultados do SAVI e do NDVI, concomitantemente com o acréscimo do valor das classes no índice SAVI nos aponta que o fato desse índice eliminar os efeitos do solo, faz com que se tenha uma visão mais real da situação da área em estudo (GAMEIRO et al., 2016).

### Conclusão

Para o período seco, o NDVI variou entre valores de -0,2 a 0,4, caracterizando, respectivamente como solo exposto e a presença de vegetação rala, enquanto para o período úmido os valores de NDVI variaram de 0,0 a -1,0, sendo, respectivamente, classificados como limite limiar e região de açude.

O NDWI para o período seco apresentou valores variando entre -1,0 a 0,6 e para o período úmido valores em torno de -0,8 a 0,6, apontando como área de solo exposto e com presença de áreas agricultáveis ou cursos hídricos, respectivamente.

O SAVI variou de -0,8 a 0,5 para o período seco, enquanto para a época úmida o SAVI apresentou valores máximo e mínimo, respectivamente 0,6 a -0,8, sendo, portanto, caracterizados para os dois períodos em estudo como vegetação densa e áreas de alta degradação.

A produção desses mapas foi de extrema rapidez, quando comparado ao método comum, que utiliza apenas uma cena por vez, para a produção dos mapas dos diferentes índices de vegetações analisados.

### Referências

ALENCAR, M. L. S. Os sistemas Hídricos, o bioma Caatinga e o social na bacia do Rio Sucuru: Riscos e vulnerabilidades. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Departamento de Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2008.

ALMEIDA, A. Q.; SILVA, G. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; RIBEIRO, C. A. D. Enhanced Vegetation Index (EVI) na análise da dinâmica da vegetação da reserva biológica de Sooretama, ES. *Revista Árvore*, v.32, n.6, p.1099-1107, 2008.

AMARAL, M. R. S.; CESARIO, C. V. Apostila do minicurso: Software R. Universidade do Estado

do Rio de Janeiro – UERJ, 2009. Disponível em: <

<https://www.ime.uerj.br/~mrubens/slae/minicursosoftwareR.pdf>> Acesso em: 05 de Agosto de 2019.

ANDRADE, C. B.; OLIVEIRA, L. M. M.; OMENA, J. A. M.; VILLAR, A. C.; GUSMÃO, L.; ROGRIGUES, F. B. Avaliação de índices de vegetação e características fisiográficas no Sertão Pernambucano. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v.4, n.1, 2018.

BORATTO, I. M. P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 16, 2013, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, 2013.

BOTELHO, R. G. M.; DA SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. Reflexões sobre a geografia física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p.153-192, 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório – Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro: Convênio MA/CONTAP/USID/BRASIL (Boletim DFSS-EPE-MA, 15 – Pedologia, 8), 1972.

BRENNER, V. C.; GUASSELLI, L. A. Índice de Diferença Normalizada da Água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2015, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2015.

CRUZ, M. A. S.; SOUZA, A. M. B.; JESUS, J. S. Avaliação da cobertura vegetal por meio dos índices de vegetação SR, NDVI, SAVI e EVI, na bacia do rio Japarutuba-Mirim em Sergipe. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2011, Curitiba. Anais... Curitiba, 2011.

CUNHA, J. E. B. L.; PEREIRA, T. E.; PEREIRA, E.; RUFINO, I. A. A.; GALVÃO, C. O.; VALENTE, F.; BRASILEIRO, F. A. High-throughput shared service to estimate evapotranspiration using LANDSAT imagery. *Environmental Modelling & Software*, 2018.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo–SP usando imagens LANDSAT 5. *Ra'ega*, v.21, p.234-27, 2011.

ENCINA, C. C. C.; MARQUES, M. R.; DIODATO, M. A.; PEREIRA, L. E.; ALBREZ, E. A.; OLIVEIRA, A. P. G.; MIOTO, C. L.; MIRANDA, V. R.; MIRANDA, L. M.; COELHO, L. S.; DALMAS, F. B.; PARANHOS FILHO, A. C. Geotecnologias aplicadas à análise



- ambiental da bacia hidrográfica do Rio Olho d'Água, município de Jardim, Mato Grosso do Sul – Brasil. Anuário do Instituto de Geociências, v.41, p.577-584, 2018.
- FERREIRA JUNIOR, J. J.; DANTAS, M. J. F. Análise do albedo da superfície e de índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do Rio Pacoti/CE. Revista Tecnológica, 2018.
- FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, H. S.; SILVA, H. A.; SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D. Análise espaço-temporal da dinâmica da vegetação da caatinga no município de Petrolina- PE. Revista Brasileira de Geografia Física, v.5, n.4, p.904-922, 2012.
- FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.
- GAMEIRO, S.; TEIXEIRA, C. P. B.; SILVA NETO, T. A.; LOPES, M. F. L.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; ZIMBACK, C. R. L. Avaliação da cobertura vegetal por meio de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) na sub-bacia hidrográfica do Baixo Jaguaribe, CE. Revista Terrae, v.13, n.13(1-2), p.15-22, 2016.
- GUO, D.; WESTRA, S.; MAIER, H. R. An R package for modelling actual, potential and reference evapotranspiration. Environmental Modelling & Software, v.78, p.216–224, 2016.
- HUETE, A. R. A. Soil-adjusted vegetation index (SAVI). Remote Sensing of Environment, v.25, p.295-309, 2016.
- JENSEN, J. R. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parêntese, 2009.
- KARNIELI, A.; GABAI, A.; ICHOKU, C.; ZAADY, E.; SHACHAK, M. Temporal dynamics of soil and vegetation responses in a semi-arid environment. International Journal of Remote Sensing, v.23, n.19, p.4073-4087, 2002.
- MAGALHÃES, I. A. L.; CARVALHO JUNIOR, O. A.; SANTOS, A. R. Análise comparativa entre técnicas de sensoriamento remoto para mensuração da vegetação urbana no município de Alegre, ES. Revista Cerrados, v.15, n.1, p.156-177, 2017.
- MALDONADO, F. D. Desenvolvimento e avaliação de uma metodologia de detecção de mudanças na cobertura vegetal do semiárido. 311f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos, 2005.
- MCFEETERS, S. K. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. International Journal of Remote Sensing, v.17, n.7, p.1425-1432, 1996.
- OLIVEIRA, W. M. de; CHAVES, I. de B.; LIMA, E. R. V. Índices espectrais de vegetação de caatinga em um Neossolo Litólico do semiárido paraibano. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, 2009. Anais... Natal, 2009.
- PEREIRA, L. E.; LASTORIA, G.; PARANHOS FILHO, A. C. P.; MARCATO JÚNIOR, J. M. Application techniques of digital image processing in different orbital sensors. Anuário do Instituto de Geociências, v.39, n.3, p.15-24, 2016.
- POVOA, L. V.; MANZIONE, R. L.; WENDLAND, E. C. Rotinas para análises geoestatísticas utilizando a linguagem R: Um exemplo com dados agroambientais. In: Simpósio de Geoestatística em Ciências Agrárias, 2,2011. Anais..., 2011.
- RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri-PB. Revista Geonorte, v.2, n.4, p.1217–1229, 2012.
- ROSENDO, S. J.; ROSA, R. Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2007.
- SANTOS, F. A. DOS; SILANS, A. M. B. P. DE; PORTO, R. DE Q.; ALMEIDA, C. DAS N. Estimativa e análise do volume dos pequenos açudes através de imagem de satélite e levantamento de campo na bacia hidrográfica do açude Sumé. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009, Campo Grande. Anais...Campo Grande, 2009.
- SENA, J. P. DE O.; LUCENA, D. B.; RIBEIRO, G. N. Eventos extremos de precipitação no sertão paraibano: Variação espaço-temporal. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.12, n.4, p.748–755, 2017.
- SILVA, A. R.; TOMASIELLO, D. B.; PRADO, B. R.; VIEIRA, M. A.; BARBARISI, B. F.; ORTIZ M. J. Extração da cobertura vegetal de áreas urbanas utilizando imagens do satélite Geoeye-1. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais...Curitiba, 2011.
- SILVA, J. F.; DINIZ, J.; BORTOLUZZI, M. A. Minicurso de Estatística Básica: Introdução ao software R. Programa de Educação Tutorial -

Engenharia Elétrica - Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: <[http://www.uft.edu.br/engambiental/prof/cat\\_alunha/arquivos/r/r\\_bruno.pdf](http://www.uft.edu.br/engambiental/prof/cat_alunha/arquivos/r/r_bruno.pdf)>. Acesso em: 24 de julho de 2019.

SILVA, F. H. B. Caracterização dos padrões de drenagem a partir de técnicas de sensoriamento remoto para uso em levantamentos de reconhecimento (Alta intensidade) de solos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande, 1994.

SILVA, L. G.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Comparativa da Variação nos Índices NDVI e SAVI no Sítio PELD - 22, em Petrolina - PE, Revista Brasileira de Geografia Física, v.6, p.1446-1456, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: Hidrologia: Ciência e aplicação. 4. ed. UFRGS, Cap. 2, p.35-51, 2009.

SOUSA, R. F.; BARBOSA, M. P.; SOUSA, S. P.; GUIMARÃES, C. L. Estudo da degradação das terras do município de São Domingos do Cariri - Estado da Paraíba. Caminhos da Geografia, v.8, n.22, p.130-136, 2007.

USGS. United States Geological Survey. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/>> Acesso em: 24 nov. 2016.

VIÑA, A.; GITELSON, A. A.; ROBERTSON, A. L.; PENG, Y. Comparison of different vegetation indices for the remote assessment of green leaf area index of crops. Remote Sensing of Environment, v.115, n.12, p.3468-3478, 2011.

**Capítulo 14****ESTIMATIVA E ANÁLISE DO VOLUME HÍDRICO DO AÇUDE PÚBLICO DE SUMÉ-PB POR MEIO DE IMAGEM DE SATÉLITE**

**Herlanne Campos Porto<sup>1</sup>**  
**George do Nascimento Ribeiro<sup>2</sup>**  
**Paulo da Costa Medeiros<sup>3</sup>**  
**Paulo Roberto Megna Francisco<sup>4</sup>**  
**Júlio Cesar Rodrigues de Sales<sup>5</sup>**  
**Halanna Campos Porto<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Graduada em Eng. de Biosistemas, UFCG, Sumé-PB, herlanne\_cp@hotmail.com

<sup>2</sup> Dr. Prof. Adjunto, UFCG, Sumé, georgenribeiro@gmail.com

<sup>3</sup> Dr. Prof. Adjunto, UFCG, Sumé-PB, medeirospc@gmail.com

<sup>4</sup> Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com

<sup>5</sup> Mestrando em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, julio5rodrigues@outlook.com

<sup>6</sup> Graduanda em Tecnologia em Agroecologia, UFCG, Sumé-PB, camposporto987@gmail.com

**Introdução**

O recurso natural de maior importância para todos os sentidos de sobrevivência dos organismos vivos é a água, sem este componente não existiria vida. Considerado um solvente universal que mantém a dinâmica da natureza, participa e dinamiza todos os ciclos ecológicos, ou seja, é essencial para a manutenção dos ciclos biogeoquímicos da natureza, e que assegura o equilíbrio dos ecossistemas (TUNDISI, 2003).

O Brasil possui vantagem de dispor a maior reserva de água doce do mundo. Sem considerar a parte concentrada nas geleiras e no lençol freático, a água doce total disponível corresponde a 3%, deste valor, aproximadamente 12% encontra-se em terras brasileiras. Porém, uma das maiores problemáticas vivida no país em relação a este recurso natural está na distribuição, pois é naturalmente desigual. No Norte do país, está localizada a Bacia Amazônica, que concentra um potencial hídrico de 80% do volume total da água disponível. Não obstante, as regiões próximas ao Oceano Atlântico no Brasil, em particular, no Nordeste, que é uma região bem mais populosa, este potencial hídrico compreende menos de 3% dos recursos hídricos do país (ANA, 2018).

Caracterizado pela ocorrência do bioma caatinga, bioma único e exclusivamente brasileiro, a região semiárida do país, no qual de acordo com a nova delimitação relatada pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2017), é composta por 1.262 municípios, abrange grande parte dos estados da região Nordeste se estendendo até o norte do estado de Minas Gerais. Esta Região é marcada pelo clima seco e

quente, apresentando temperaturas elevadas e irregularidade das chuvas, quanto aos volumes das precipitações e os intervalos que ocorrem ao longo do tempo, e também por possuir uma grande concentração de solos pouco profundos, limitando a capacidade de infiltração (SUASSUNA, 2002). Tais características fazem com que, a disponibilidade de água seja tema fundamental para as atividades humanas no semiárido.

Com a finalidade de adaptar o homem às condições do semiárido e/ou tornar a população menos vulnerável aos efeitos das secas, o Brasil tem elaborado políticas públicas desde o final da década de setenta. As intervenções são efetivadas pelo órgão federal encarregado de viabilizar e executar as políticas governamentais de combate às secas no Nordeste brasileiro o DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) (MENDONÇA, 2010).

Em Sumé, município localizado no semiárido paraibano, encontra-se um dos maiores reservatórios de água da região do Cariri. Construído pelo DNOCS, o Açude Público de Sumé, possui capacidade máxima de 44.864.100 m<sup>3</sup> (AES, 2018). Entre os anos 2015 e 2017, após longos períodos de estiagem no semiárido nordestino, o total de água recebida nos reservatórios foi menor que a de suas perdas e demandas, resultando em situações críticas e baixos índices de armazenamento de água. Para garantir o aporte hídrico, utilizou-se como solução de emergência, a interligação do açude de Sumé ao sistema adutor do Congo, já que o açude Cordeiro que abastece este sistema encontrava-se em situação crítica. Desta forma, possibilitou-

se que Sumé, Monteiro, Serra Branca, Prata e mais outras seis cidades do Cariri paraibano não ficassem sem o abastecimento de água para as demandas prioritárias (dessedentação humana e animal) (QUEIROZ, 2015).

Nessa perspectiva, é evidenciada a necessidade do monitoramento do volume de água de açudes. Entretanto, a determinação do volume não é realizada com frequência em razão do método direto (batimetria) ser considerado oneroso, além de exigir mão-de-obra especializada e tempo disponível, como citado por Robaina et al. (2009), dificultando a realização desta prática, ainda mais em locais com açudes classificados como pequeno ou médio.

Por outro lado, o uso de ferramentas de sensoriamento remoto vem se destacando em diversas áreas de atuação, em que através de imagens e programas computacionais, é possível auxiliar no planejamento e assegurar tomadas de decisões com mais rapidez, para que se consiga obter os melhores resultados (TULLIO, 2018). Neste cenário, é crescente a aplicabilidade dessa técnica no que se refere aos recursos hídricos, com destaque ao que corresponde estas tecnologias como solução prática para estimativa dos volumes de reservatórios, conforme destacado por Santos et al. (2009), obtendo credibilidade, devido sua eficiência.

Atentando a necessidade de acompanhar o volume de água de reservatórios e, considerando a praticidade de realizar essa função através do uso de ferramentas de sensoriamento remoto, bem como associados à fórmulas matemáticas para estimativa do volume, fundamenta-se este recurso como

procedimento apropriado para a atividade proposta.

O presente trabalho analisa a importância do recurso hídrico como potencial hídrico armazenado, através de estimativa de volume de reservatórios. Ação indispensável, principalmente em regiões em que há irregularidades espacial e temporal das chuvas, sendo importante informação diante de uma gestão das águas cada vez mais necessária frente as adversidades do semiárido. Assim sendo, este trabalho tem como objetivo estimar e analisar o volume de água armazenada do açude público de Sumé-PB por meio de imagens de satélites.

### Material e Métodos

A área analisada localiza-se no município de Sumé, Estado da Paraíba, nas coordenadas geográficas 7°40'18" S, 36°52'54" W. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), a estimativa para a população no ano de 2018 foi de 16.864 habitantes, e possui uma extensão territorial de 838,070 km<sup>2</sup>. A principal fonte de abastecimento hídrico do município é o açude público de Sumé (Figura 1).

O açude Sumé está localizado na bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba, região do Cariri Paraibano, possuindo uma capacidade máxima de armazenamento de 44,8 milhões de m<sup>3</sup> com a respectiva área de espelho d'água de 8,5 milhões de m<sup>2</sup>. Possui, ainda, a montante os açudes Ouro Velho, Prata II e São Paulo. Esta ressalva diz respeito à capacidade destes três reservatórios de promoverem alterações no escoamento superficial no açude Sumé (DANTAS & SILVA, 2019, p. 89).

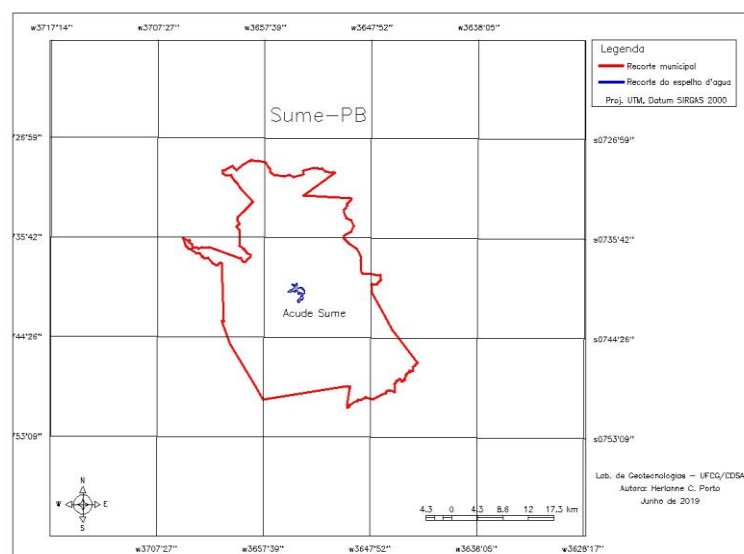


Figura 1. Localização geográfica do açude de Sumé.

A bacia hidrográfica do açude Sumé está localizada no Sertão do Cariri paraibano, inserida totalmente nas cidades de Sumé, Monteiro, Prata, Ouro Velho e Amparo sendo que, sua maior parte fica localizada na cidade de Sumé. A bacia possui 631 açudes distribuídos em 769 km<sup>2</sup>, sendo que 620 açudes, ou seja, 98% dos reservatórios, possuem área inferior a 20 ha (SANTOS et al., 2009).

O clima local predominante, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Bsh (semiárido quente), com precipitações médias anuais abaixo de 500mm. Temperaturas médias anuais de 24°C, com mínimas mensais de 18 a 22°C entre os meses de julho e agosto, e máximas mensais de 28 a 31°C entre os meses de novembro e dezembro. Estando em normalidade a umidade relativa do ar em 57% e dados de evaporação anual em tanque classe A são de 2.800mm (SILVA, 2016).

A vegetação natural que predomina é a Caatinga Hiperxerófila, que tem porte arbóreo baixo ou arbóreo arbustivo com alta densidade, exceto em alguns trechos já danificados pelo homem ou de solos muito degradados (SILVA NETO, 2004).

Os tipos de solo são: Luvisso Crômico Órtico e Neossolo Flúvico Eutrófico; formados pela degradação de rochas do tipo granito, gnaisse e gnaisse com veios de quartzo. Na área específica são em grande parte de origem Aluvial Eutrófico, depositados pelo Rio Sucuru e seus afluentes, com ausência de uniformidade em sua distribuição (SILVA, 2016). Ocorre na área os Neossolos Litólicos Eutróficos e os Vertissolos relevo suave ondulado e ondulado predominam nas partes mais baixas, no entorno da drenagem e os Planossolos Nátricos em relevo plano e suave ondulado (FRANCISCO et al., 2012).

A rede hidrográfica regional, está inserida na bacia do Rio Paraíba, em específico, na região do Alto Curso do Rio Paraíba e seus afluentes apresentam características de rios intermitentes, como é o caso do Rio Sucuru, que é o principal afluente que abastece o açude de Sumé (SILVA, 2016).

A área de estudo é composta por rochas do Pré-Cambriano Indiviso e sedimentos recentes do Período Quaternário, estando localizada entre as zonas de cisalhamento de Patos e Pernambuco, nos limites da Província da Borborema, mais precisamente no sistema de Dobramentos Pajéu-Paraíba (SILVA NETO, 2004).

Situada no Planalto da Borborema, é caracterizada por três principais unidades geomorfológicas distintas: formas aguçadas, formas convexas e formas tabulares. O relevo da área de estudo apresenta-se com forma suave ondulado a ondulado, com declives variando de 2 a 12%, vertentes longas e índice erosivo bastante acentuado devido à ação antrópica (SILVA, 2016).

#### *Seleção e processamento das imagens*

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas imagens orbitais dos satélites: LANDSAT 8/ OLI, e foram adquiridas junto ao site do Serviço Geológico dos Estados Unidos pelo portal Earth Explorer; e do LANDSAT 5/TM e ETM, e LANDSAT 7/TM e ETM+.

As imagens utilizadas dos satélites LANDSAT 5, 7 e 8 sensor TM e sensor OLI, foram adquiridas para órbita e cena 215/65, levando em consideração os anos de 2002, 2008, 2009, 2010, 2015 e 2016. Um dos critérios para a seleção das cenas foi a pouca quantidade de nuvens encontrada nas imagens.

Após, foi verificado os valores quantitativos percentuais dos volumes hídricos do açude de Sumé, junto ao site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA).

O sistema utilizado para o processamento digital de informações georreferenciadas foi o SPRING, versão 5.4.3, em que, foram realizados: o Contraste através de técnicas de realce de contraste das imagens; Componentes Principais (CP) utilizando as bandas 5, 4 e 3 (LANDSAT 5 e 7) e 6, 5 e 4 (LANDSAT 8); foram realizadas operações aritméticas para elaboração do cálculo do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN) e geração da imagem índice, e após foi elaborado o Realce por Decorrelação (DECO); logo após, foi elaborada a Composição Multiespectral Ajustada (CMA) utilizando as bandas b3 + IVDN + b1 para o LANDSAT 5 e 7; para o LANDSAT 8 foram utilizadas as bandas b4 + IVDN + b1; e, a Falsa composição de cor pela emissão dos canhões RGB para as bandas 5-4-3 do LANDSAT 5 e 7, e bandas 6-5-4 do LANDSAT 8, respectivamente. Vale a ressalva que foram sempre utilizadas uma banda posterior para o LANDSAT 8, ou seja, quando utilizada a banda 3 para o LANDSAT 7 e 5, foi associada a banda 4 para o LANDSAT 8, e assim sucessivamente. Para melhorar a qualidade da visualização das imagens, objetivando uma

melhor visualização do alvo, foi aplicado o contraste de imagens em todos os métodos.

Após o processamento digital das imagens, foi procedida uma edição vetorial para a produção dos recortes das áreas do espelho d'água do açude. As áreas foram mensuradas utilizando a rotina Medidas de classes, do menu temático do SPRING.

Foi procedida a seleção dos valores de níveis digitais dos pixels das imagens, considerados como o alvo "água", para evitar a incongruência de dados na edição vetorial. A análise visual de imagens foi realizada por meio de um estudo comparativo entre as propriedades espectrais e texturais que cada fenômeno espacial (pixel) assume nas diversas cenas registradas, associando diferentes níveis de refletância do alvo primordial, à água. Para tal, fez-se necessário a observação conjunta dos elementos: drenagem, relevo, tonalidade, textura e uso da terra.

#### *Método de análise do volume hídrico*

Para se calcular o volume de aporte hídrico, foi utilizado o método proposto por Molle e Cadier (1992), em que se realizou o cálculo da estimativa do volume de água pela Equação 1.

$$V = (A * H) / \alpha \text{ (Eq.1)}$$

Em que: V: volume do açude; A: área do espelho d'água do açude; H: profundidade máxima do açude;  $\alpha$ : Coeficiente de forma do açude; considerado o valor médio de  $\alpha = 2,70$ .

Os valores máximos da profundidade H, da superfície e do volume V do açude, correspondem à cota de sangria (MOLLE & CARDIER, 1992). Para encontrar a profundidade máxima (cota H), fez-se necessário rearranjar a fórmula anterior, no qual isola-se a variável que se pretende descobrir (H) e, para as outras variáveis, foram adotados valores de quando o açude encontrava-se com 100% de sua capacidade, correspondente à área do espelho d'água (A) que equivale a  $8,5 \times 10^6 \text{m}^2$  de acordo com Dantas e Silva (2019), e, para volume (V), foi utilizado o valor de  $44.864.100 \text{m}^3$  conforme dados da

AESA. Assim sendo, obteve-se 14,25m para cota de altura máxima (H), que foi utilizado como constante para determinar os volumes pretendidos e logo após transformados em percentuais.

Vale ressaltar que, durante a análise dos volumes (em  $\text{m}^3$ ) de referência, no que concerne os dados oriundos da AESA, encontrou-se desacerto em relação a porcentagem, visto que o percentual do volume hídrico para a data 15/09/2002 apresentava 7,9%. Não obstante, ao conferir os dados foi encontrado o valor de 5,9%, para respectiva data, no qual adotou-se como correto.

#### *Análise estatística*

A estatística dos valores encontrados foi realizada utilizando-se planilha eletrônica MS Excel®. A análise foi do tipo inferencial ou indutiva, em que, se promove a análise e interpretação dos dados e testes de percentuais do volume obtidos pelo método de análise do volume hídrico de Molle e Cadier (1992). Foi procedida uma análise de regressão linear ( $R^2$ ) entre os dados de porcentagem do volume hídrico.

Para analisar a significância entre os métodos, utilizou-se a Correlação de Pearson, na qual refere-se à associação linear entre as variáveis, onde o valor alcançado varia de -1 a 1. Os valores próximos de 1 se aproximam da correlação perfeita positiva, e de -1 da correlação perfeita negativa, e o 0 (zero) expressa que as variáveis não possuem correlações (GUIMARÃES, 2017).

Foi feita a análise para verificar se existe ou não uma diferença estatística entre os valores percentuais obtidos pelas metodologias de processamentos das imagens, e para a seleção da melhor técnica de avaliação do volume hídrico dos açudes.

#### **Resultados e Discussão**

De acordo com a metodologia utilizada de processamento digital de imagens, por conseguinte, a obtenção da área do espelho d'água e utilizando a equação de Molle e Cadier (1992), foi possível obter os dados de porcentagem de volume hídrico representados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados de porcentagem do volume hídrico das datas estudadas para o açude de Sumé

Seqüência	Datas	AESA (%)	CMA (%)	CMA-CP (%)	CMA-DECO (%)	RGB-CONTRASTE (%)
1	15_09_2002	5,93	5,09	6,6	6,5	7,78
2	02_05_2008	86,71	74,47	83,75	77,65	83,89
3	13_01_2009	75,56	63,43	73,49	65,95	72,24
4	28_08_2010	68,45	57,99	58,75	57,69	64,64
5	03_02_2015	23,14	24,4	24,64	23,4	23,77
6	06_05_2015	19,63	25,63	29,02	23,11	23,52
7	28_09_2016	5,35	5,56	9,75	12,42	5,39

Legenda: AESA = Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba; CMA = Composição Multiespectral Ajustada; CMA-CP = Composição Multiespectral Ajustada por Componentes Principais; CMA-DECO = Composição Multiespectral Ajustada por Decorrelação; RGB-CONTRASTE = Red, Green, Blue com aplicação de contraste.

No total, no que concerne às manipulações das imagens e seus respectivos anos, foram elaboradas 35 imagens para o procedimento do recorte das bacias hidráulicas do açude de Sumé, porém, foram selecionados alguns exemplos para figurar no presente estudo, uma vez que se tornaria inviável a exposição de várias imagens com a mesma

técnica, pois a metodologia é de igual teor para ambas.

Na Figura 2, observa-se a CMA para a data de 3 de fevereiro de 2015, como forma de exemplo, no qual para todas as sequências de datas trabalhadas foi utilizado a mesma metodologia.

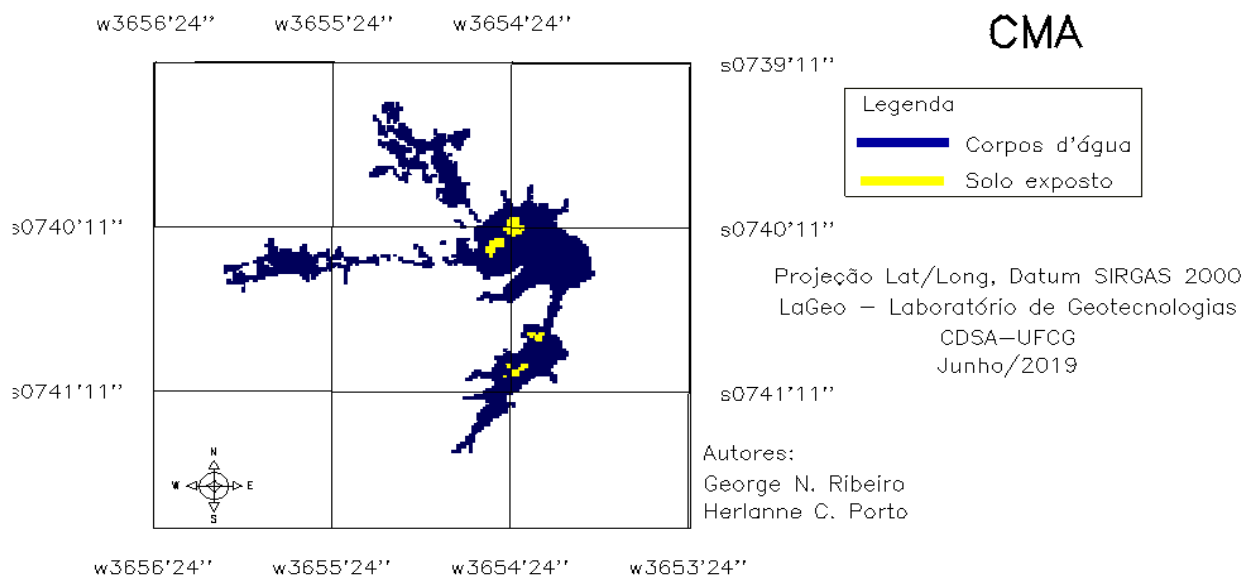


Figura 14. Mapa da composição multiespectral ajustada para 03/02/2015.

As composições coloridas para o mapeamento de áreas permitem a observação mais facilitada do alvo requerido, no qual cada banda deve estar associada a uma das cores primárias (RGB), que podem ser agrupadas em várias composições. Silva Neto et al. (2009) reportam que, as Composições Multiespectral Ajustadas (CMA), utilizando o IVDN, são eficientes e práticas para estudo e acompanhamento espaço-temporal da ação antrópica nos espelhos d'água.

De acordo com o INPE (2019a), o contraste entre dois objetos pode ser definido como a razão entre os seus níveis de cinza médios, no qual utiliza-se a técnica de realce de

contraste para aprimorar a qualidade das imagens de acordo com as peculiaridades da visão humana. A aplicação deste procedimento não apresenta informações novas, apenas os dados brutos de maneira que o alvo fique mais evidente ao usuário.

Pela metodologia utilizada de CMA, observa-se resultados satisfatórios na interpretação visual da bacia hidráulica, no qual o alvo "água", de acordo com a Figura 2, se apresenta de forma clara e precisa. Consta-se que, não há quaisquer obstáculos que impedem a digitalização do recorte da bacia hidráulica.

As distribuições dos valores percentuais do volume hídrico, concernentes à CMA e à

AESA, confrontados estão apresentadas na Figura 3. É possível observar que, os dados demonstram uma correlação significativa, com proximidade entre as linhas de distribuição.

Na Figura 4 observa-se a visualização do alvo, aplicado pelo método de Componentes Principais (CP), para a data de 3 de fevereiro de 2015.

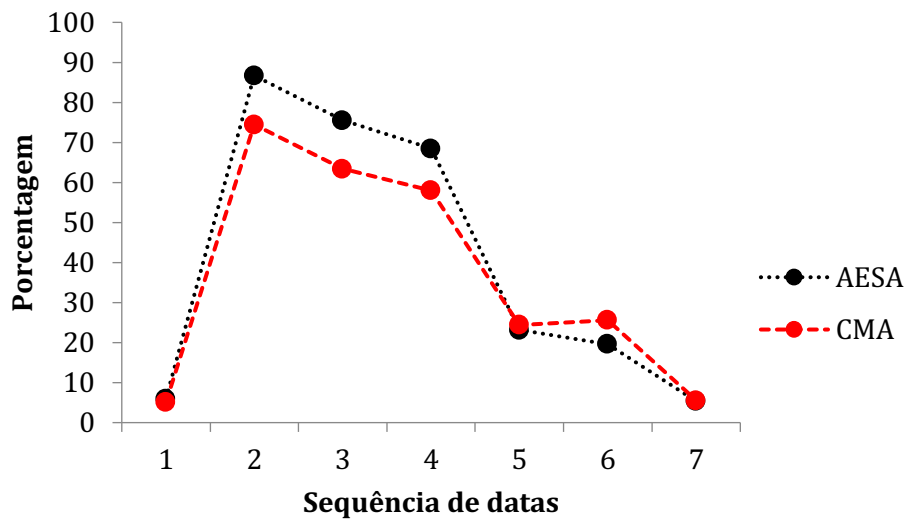


Figura 3. Correlação entre valores obtidos através da CMA e dados da AESA.

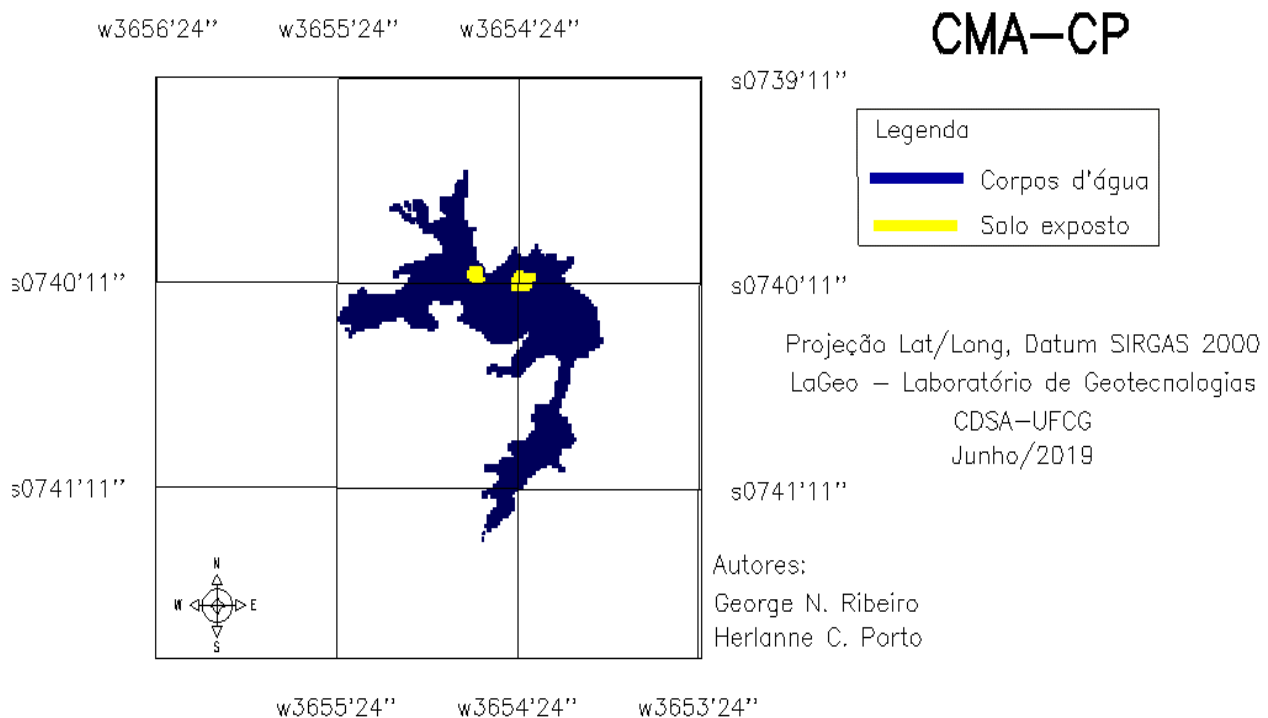


Figura 15. Mapa da transformação por Componentes Principais para 03/02/2015.

A técnica de CP auxilia no realce que reduz ou remove a redundância espectral, ou seja, tem a finalidade de gerar um novo conjunto de imagens, no qual não apresente informações repetidas em cada uma dessas bandas individuais. A aplicação desta técnica gera um conjunto de imagens, onde conforme o INPE (2019b), cada valor de "pixel" é uma combinação linear dos valores originais. Assim, originou três novas imagens, no qual são ordenadas de acordo com o decréscimo da

variância de nível de cinza. Para estas, configurou o RGB para unificar e promover uma melhor visualização.

Nota-se na Figura 4 que, com a aplicação desta técnica, a distinção do alvo apresenta-se de maneira concisa e objetiva, onde a identificação da água que forma a bacia hidráulica do açude fica nítida.

Para cada data da sequência estudada, utilizou-se o mesmo procedimento, no qual obteve-se os valores das áreas do espelho



d'água e conseqüentemente os volumes, respectivos. A fim de tornar mais notável a correlação entre esse procedimento, uso da CP e os valores da AESA, os volumes estão

apresentados em porcentagem, conforme a Figura 5. Constata-se semelhança entre os valores adotados como base (AESA) e os obtidos com a metodologia proposta (CMA-CP).

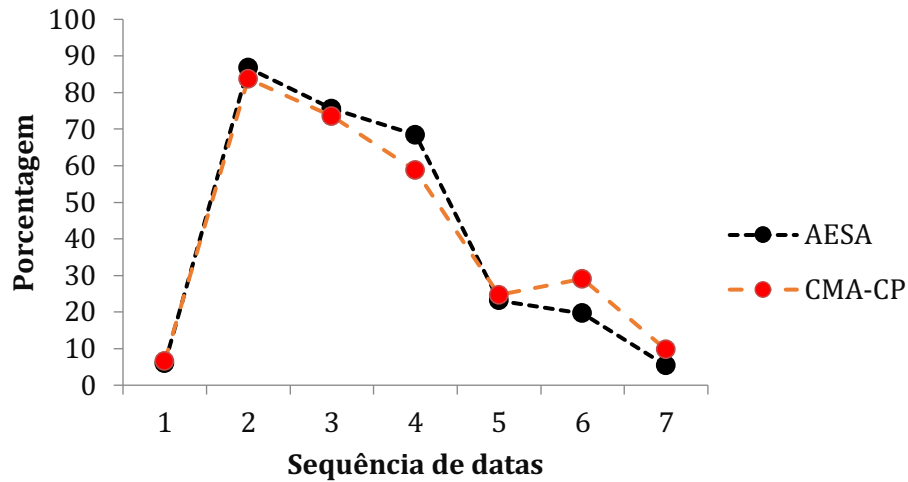


Figura 16. Correlação entre valores obtidos através da CMA-CP e dados da AESA.

A confecção dos mapas de Realce por Decorrelação foi produzido para toda sequência da pesquisa, como resultado dessa técnica têm-se a Figura 6, no qual representa as demais.

Pelos resultados obtidos observa-se que, é positivo a representação da transformação avaliada, no qual a separabilidade do alvo pretendido e os demais itens são perceptíveis.

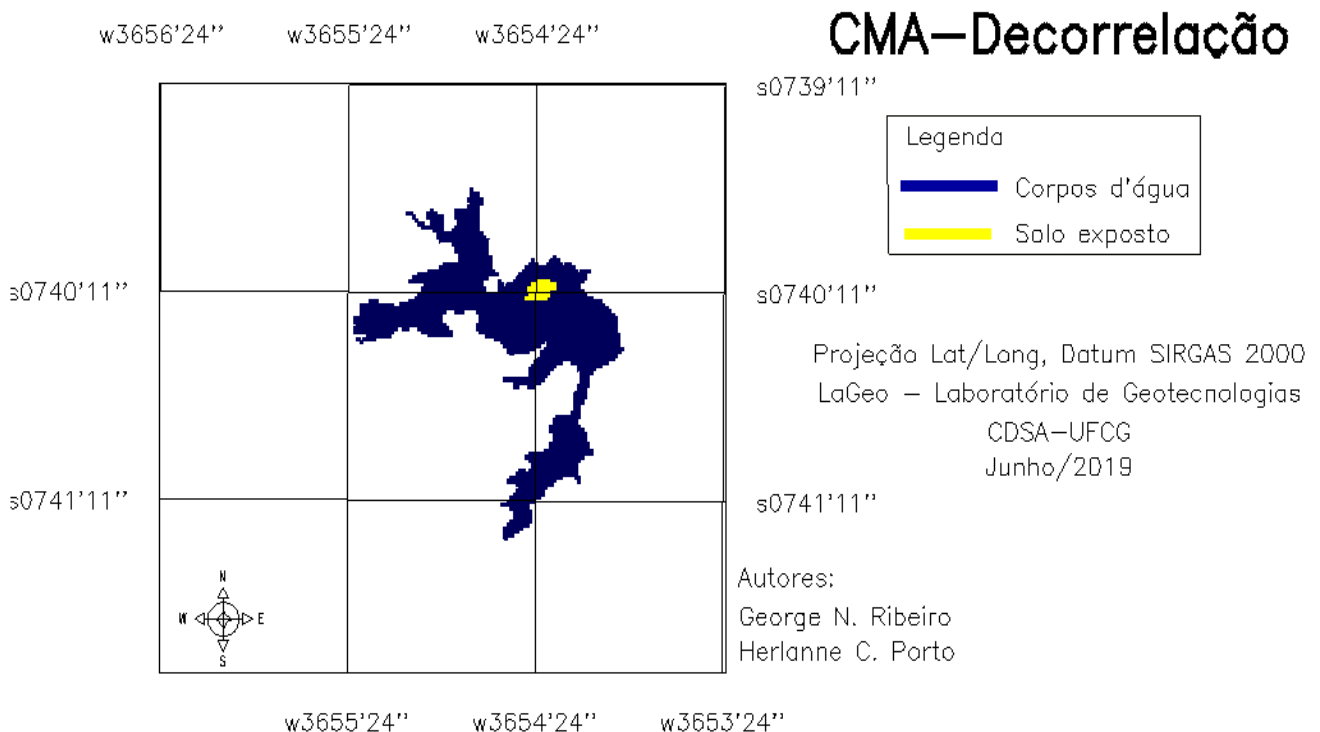


Figura 17. Mapa Realce por Decorrelação para 03/02/2015.

Semelhante ao método anterior, a transformação por Decorrelação também gerou três novas imagens com variância de níveis de

cinza, no qual esse conjunto de novas bandas foram associadas aos canais R, G e B para a formação da composição colorida.

Na Figura 7, observa-se os valores em porcentagens do volume hídrico. Percebe-se que, os valores quando comparados são muito

próximos, por isso têm-se uma correlação alta entre eles.

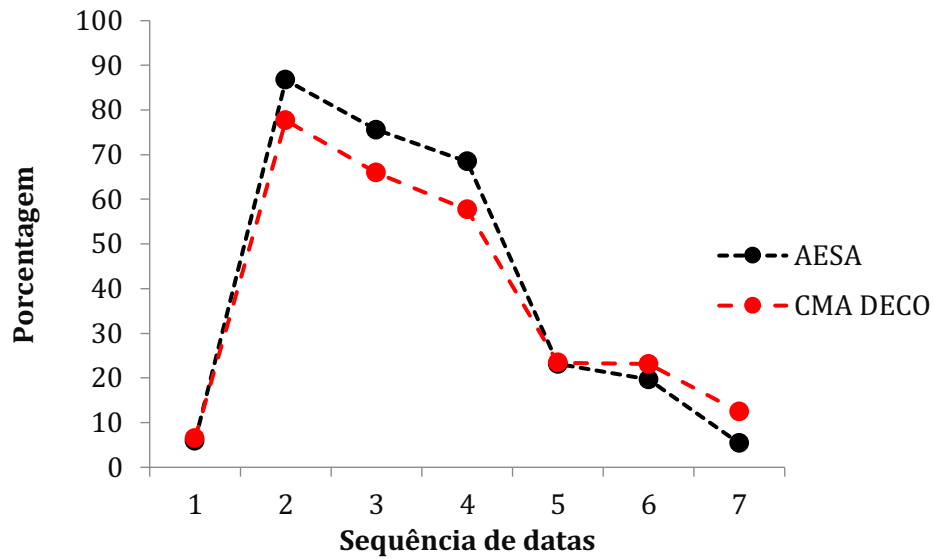


Figura 18. Correlação entre valores obtidos através da CMA-Deco e dados da AESA.

Na Figura 8 apresenta-se o espelho d'água do açude de Sumé após a execução da técnica de RGB, da qual foi realizada para as 7 datas analisadas. Dentre os métodos

observados o RGB Contraste apresenta a menor manipulação realizada, durante o processamento.

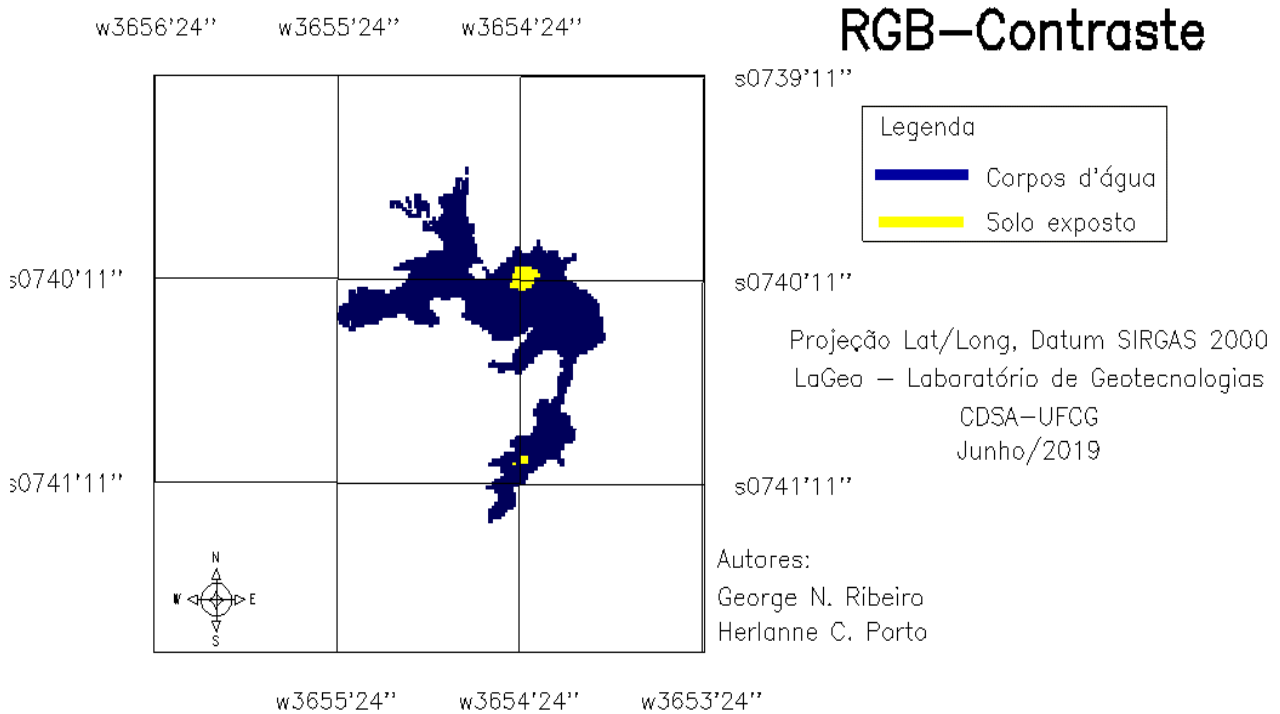


Figura 19. Mapa do RGB contraste para 03/02/2015.

Conforme apresenta-se na Figura 9, fica perceptível a semelhança entre as linhas de distribuição, no qual evidencia a correlação alta

entre os valores de referência e a metodologia utilizada.

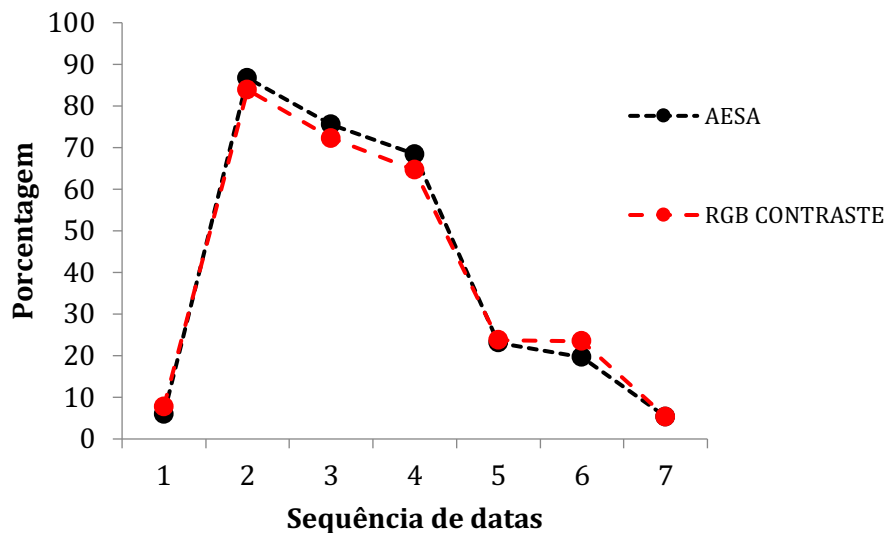


Figura 20. Correlação entre valores obtidos através da RGB-Contraste e dados da AESA.

Para monitorar o volume de água do reservatório Jaguari/Jacareí, Namikawa (2015) propôs uma metodologia similar à que foi utilizada neste trabalho, utilizando imagens do satélite LANDSAT 8 e técnicas de processamentos de imagens que detectam lâminas de água, através do SPRING. As imagens utilizadas foram dos anos de 2013, com 7 datas entre 26 de abril e 20 de novembro, e 2014 entre 7 de janeiro e 7 de novembro, em seus

resultados encontrou valores com diferença média menor que 2% e máxima de 5,3% quando comparado com os valores da ANA.

Observar-se na Tabela 2, os métodos de análise utilizados no trabalho onde apresentam correlação forte, tanto entre o valor de referência (AESAs) como entre eles. Todos apresentam correlação acima de 0,99, ou seja, possuem nível de correlação de 99%.

Tabela 1. Correlação entre os métodos

Correlação	AESA	CMA	CMA-CP	CMA-DECO	RGB-CONTRASTE
AESA	1				
CMA	0,993599818	1			
CMA-CP	0,990321596	0,994840276	1		
CMA-DECO	0,995973984	0,993972493	0,99589665	1	
RGB-CONTRASTE	0,998810566	0,996945297	0,99414818	0,996024162	1

Legenda: AESA = Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba; CMA = Composição Multiespectral Ajustada; CMA-CP = Composição Multiespectral Ajustada por Componentes Principais; CMA-DECO = Composição Multiespectral Ajustada por Decorrelação; RGB-CONTRASTE = Red, Green, Blue com aplicação de contraste.

Entre o método de referência e as metodologias propostas, o RGB\_Contraste é o que apresenta a mais forte correlação (0,9988), seguido de AESA\_DECO (0,9959), o AESA\_CMA (0,9936) e o AESA\_CMA\_CP (0,9903).

Na Figura 10 e nos dados da Tabela 2, é possível observar a correlação entre os métodos estudados neste trabalho.

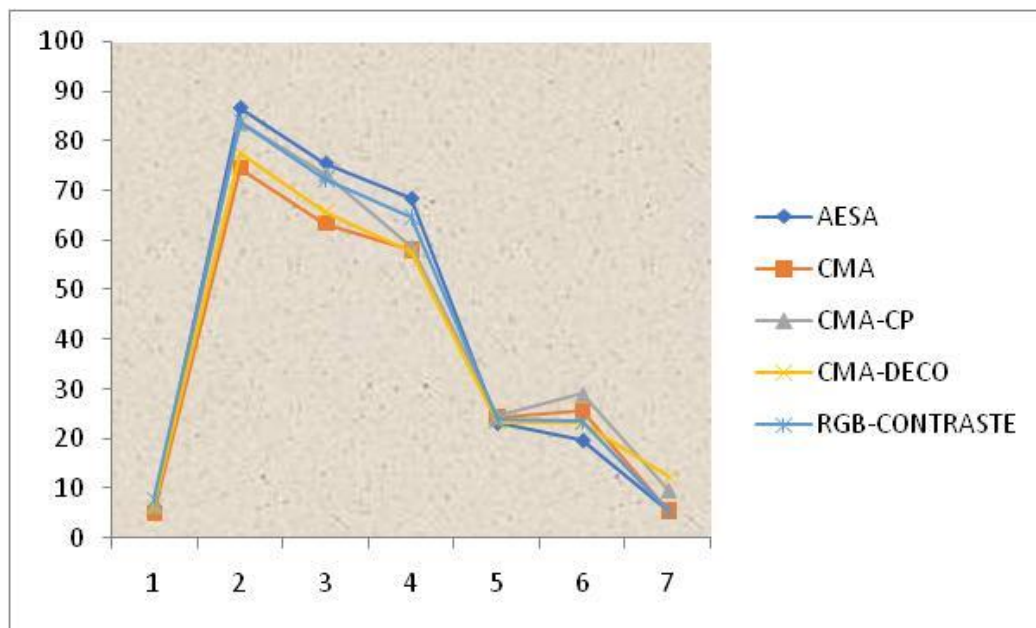


Figura 21. Correlação entre todos os métodos.

### Conclusão

Através de trabalho foi possível concluir que, o sensoriamento remoto foi eficiente para o estudo de recursos hídricos, e que correspondeu a uma técnica de baixo custo e apresentou resultados ágeis e precisos.

A metodologia proposta foi satisfatória, em que foi possível delimitar e calcular as áreas de espelhos d'água. Também, o modelo matemático proposto por Molle e Cadier foi eficaz para o cálculo dos volumes do açude para as datas analisadas.

A eficiência ( $R^2$ ) acima de 0,99 demonstrou que as metodologias foram adequadas.

A correlação entre os volumes hídricos e o processamento digital foram acima de 99%, entre elas, e a que apresentou melhores resultados foi a RGB-contraste.

### Referências

AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Monitoramento. Disponível em: <<http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/volumesAcudes.do?metodo=preparaGraficos&codAcude=532>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

ANA. Agência Nacional das Águas. Quantidade de água. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/aguas-no-brasil/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

DANTAS, J. C.; SILVA, R. M. Notas sobre a centralidade dos açudes para a gestão da água no semiárido brasileiro. Revista Geografia em Atos, v.1, n.9, p.78-103, 2019.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. de B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. de; BRANDÃO, Z. N.; SILVA, B. B. Análise espectral e avaliação de índices de vegetação para o mapeamento da caatinga. In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 6, 2012, Aracaju. Anais...Aracajú, 2012.

GUIMARÃES, P. R. B. Análise de correlação e medidas de associação. 2017. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~jomarc/correlacao.Pdf>>. Acesso em: 26 jun. 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasil em síntese. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/sume/p-anorama>>. Acesso em: 05 abr. 2019.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Realce de Contraste. Disponível em: <[http://C:\Program Files \(x86\)\Spring543\\_Portugues\\_x86\helpport\c\\_contra.htm](http://C:\Program Files (x86)\Spring543_Portugues_x86\helpport\c_contra.htm)>. Acesso em: 19 jun. 2019a.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Transformação por Principais Componentes. Disponível em: <[http://C:\Program Files \(x86\)\Spring543\\_Portugues\\_x86\helpport\c\\_crot.htm](http://C:\Program Files (x86)\Spring543_Portugues_x86\helpport\c_crot.htm)>. Acesso em: 19 jun. 2019b.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Nova delimitação expande o Semiárido até o Maranhão: 73 novos municípios foram incluídos. 2017. Disponível em: <<https://portal.insa.gov.br/noticias/1070-nova-delimitacao-expande-o-semiarido-ate-o-maranhao-73-novos-municipios-foram-incluidos>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

MENDONÇA, J. R. N. Do oásis à miragem: Uma análise da trajetória do Perímetro Irrigado de

- Sumé - PB no contexto das políticas de desenvolvimento para o Nordeste. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais). Centro de Humanidades. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.
- MOLLE, F. Geometria dos pequenos açudes. Recife, 1994. 126p.
- MOLLE, F.; E CADIER, E. Manual do pequeno açude. Recife, 1992. 523p.
- NAMIKAWA, L. M. Imagens LANDSAT 8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens Jaguari e Jacareí do sistema Cantareira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2015.
- QUEIROZ, J. CAGEPA define novo rodízio para abastecimento no Cariri. Paraíba Mix, Serra Branca-PB, 2015. Disponível em: <<http://www.paraibamix.com.br/noticias-destaque1/cagepa-define-novo-rodizio-para-abastecimento-no-cariri>>. Acesso em: 14 nov. 2018.
- ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; PARIZI, A. R. C.; SOARES, F. C.; GOMES, A. C. S. Modelagem do volume de reservatórios de irrigação para fins de outorga e planejamento agrícola. Ciência Rural, v.39, n.9, p.2482-2487, 2009
- SANTOS, F. A. dos; SILANS, A. M. B. P. de; PORTO, R. de Q.; ALMEIDA, C. das N. Estimativa e análise do volume dos pequenos açudes através de imagem de satélite e levantamento de campo na bacia hidrográfica do açude Sumé. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18, 2009, Campo Grande. Anais... Campo Grande, 2009.
- SILVA NETO, A. F. Estudo das vulnerabilidades agro-ambientais frente aos eventos ENOS e a construção social dos riscos em municípios do Cariri Ocidental - Paraíba: uma análise comparativa. 205f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande, 2004.
- SILVA NETO, A. F.; BARBOSA, M. P.; MORAIS NETO, J. M.; SILVA, J. M.; FILGUEIRA, H. J. A. As composições multiespectrais e a dinâmica vegetal em municípios do Cariri Ocidental da Paraíba - Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. Anais... Natal, 2009.
- SILVA, S. A. F. Análise multicritério espacial no gerenciamento dos recursos hídricos no perímetro irrigado de Sumé-PB. 149f. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2016.
- SUASSUNA, J. Semi-árido: proposta de convivência com a seca. Fortaleza. Fundação Konrad Adenauer. 2002. 13p.
- TULLIO, L. Aplicações e princípios do sensoriamento remoto. v.2. Ponta Grossa: Atena Editora, 2018. 280p.
- TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. Ciência e Cultura, v.55, n.4, p.31-33, 2003.

**Capítulo 15****CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO GRAMAME, PB – BRASIL**

**Fabiana Donato Soares Lisboa<sup>1</sup>**  
**Guttemberg da Silva Silvino<sup>2</sup>**  
**Maria Cristina dos Santos Pereira<sup>3</sup>**  
**Roseilton Fernandes dos Santos<sup>4</sup>**  
**Maurício Javier De Leon<sup>5</sup>**  
**Saulo Cabral Gondim<sup>6</sup>**  
**Haile Silvino Guimarães<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Consultora Ambiental, fdslisboa@gmail.com

<sup>2</sup>Professor Associado, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, guttembergs@gmail.com

<sup>3</sup>Técnico Administrativo, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, mariacristtina@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, roseilton\_santos@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia,

<sup>6</sup>Professor Titular, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, saulogondim@gmail.com

<sup>7</sup>Acadêmico em Agronomia, CCA/UFPB/Campus II Areia, hailesguimaraes@gmail.com

**Introdução**

Bacias hidrográficas, bacia de drenagem ou de contribuição são terminologias utilizadas para caracterizar uma área definida topograficamente, drenada por um rio principal e seus afluentes, cuja delimitação é feita a partir de um divisor topográfico, também chamado de divisor de águas. A drenagem interna de uma bacia é o principal fator a ser considerado, pois a entrada da água, seguindo da formação e da ação de seus cursos, pode ser entendida como um dos componentes do processo morfogenético mais ativo na esculturação da paisagem terrestre (VILELA & MATOS, 1975).

O geoprocessamento é um sistema complexo que permite a representação do mundo por meio da captura, armazenamento, processamento e modelagem de dados referenciados a um sistema de coordenadas geográficas ou planas em meio digital. Cada aspecto, variável, característica e/ou propriedade deste mundo real é representado por um único mapa, plano ou camada de informação, formando um conjunto. Cada mapa é um desenho plano indicando a natureza, a posição relativa e o tamanho da característica selecionada dentro de uma área geográfica (TOMLIN, 1990).

Os instrumentos computacionais (softwares) do geoprocessamento são denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), e permitem a realização de análises complexas com o uso das informações geográficas, sendo as principais técnicas de aquisição de dados, o sensoriamento remoto e o posicionamento por satélites. Os SIGs tornam

possível ainda, a automatização da produção de documentos cartográficos (CÂMARA, 1998).

As tecnologias de geoprocessamento, em constante desenvolvimento, têm se mostrado ferramentas eficientes no auxílio à tomada de decisão na gestão de recursos naturais, pois, a partir desta, são evidenciados os fatores antrópicos, a influência marcante no que tange à conservação física de determinada área e a perspectiva de integrá-la à questão da ocupação urbana e sua dinâmica (BELTRAME, 1994).

Nesse sentido, o uso de geotecnologias é fundamental na caracterização dos atributos ambientais, a exemplo dos recursos hídricos superficiais, formas de relevo, solos e uso e ocupação do solo, e a partir da produção e levantamento de dados primários e secundários obtidos na área da bacia em estudo, e da utilização de técnicas de mapeamento, apoiados pela utilização de sensores remotos e por sistemas de informações geográficas. Dessa forma, torna-se possível averiguar o atual cenário físico-ambiental da bacia para o conhecimento dos diferentes tipos de uso e ocupação do solo e o reconhecimento de suas fragilidades ambientais (SILVA, 2012).

A morfometria é o estudo matemático das formações e configurações da superfície de uma bacia hidrográfica, que podem ser divididas em características geométricas, características da rede de drenagem e características do relevo. O cálculo das características morfométricas, também denominadas morfológicas ou simplesmente físicas, de uma bacia hidrográfica, é fator

primordial para seu conhecimento. Tais características são extremamente úteis na orientação dos técnicos durante a elaboração de projetos hidroagrícolas, na construção de barragens, na escolha de fontes de abastecimento de água, na regularização e regionalização de vazões, dentre outros (NOVAES et al., 2004).

As características morfométricas são fundamentais para qualquer estudo hidrológico, sendo de grande importância para a definição de uma sequência de prioridades na gestão e elaboração de planos de ação.

Neste trabalho, objetiva-se identificar e espacializar as características fisiográficas da

bacia hidrográfica do Rio Gramame e estabelecer os parâmetros morfométricos da área de estudo, utilizando ferramentas de geoprocessamento com o intuito de subsidiar, assim, estudos mais específicos desta bacia, utilizando ferramentas de geoprocessamento.

## Material e Métodos

### Caracterização da área de estudo

Para a realização deste trabalho foi selecionada a área da bacia hidrográfica do Rio Gramame localizada entre as latitudes 7°11' e 7°23' sul e as longitudes 34°48' e 35°10' oeste, localizada no litoral sul do Estado da Paraíba, que drena uma área de 581,32 km<sup>2</sup> (Figura 1).

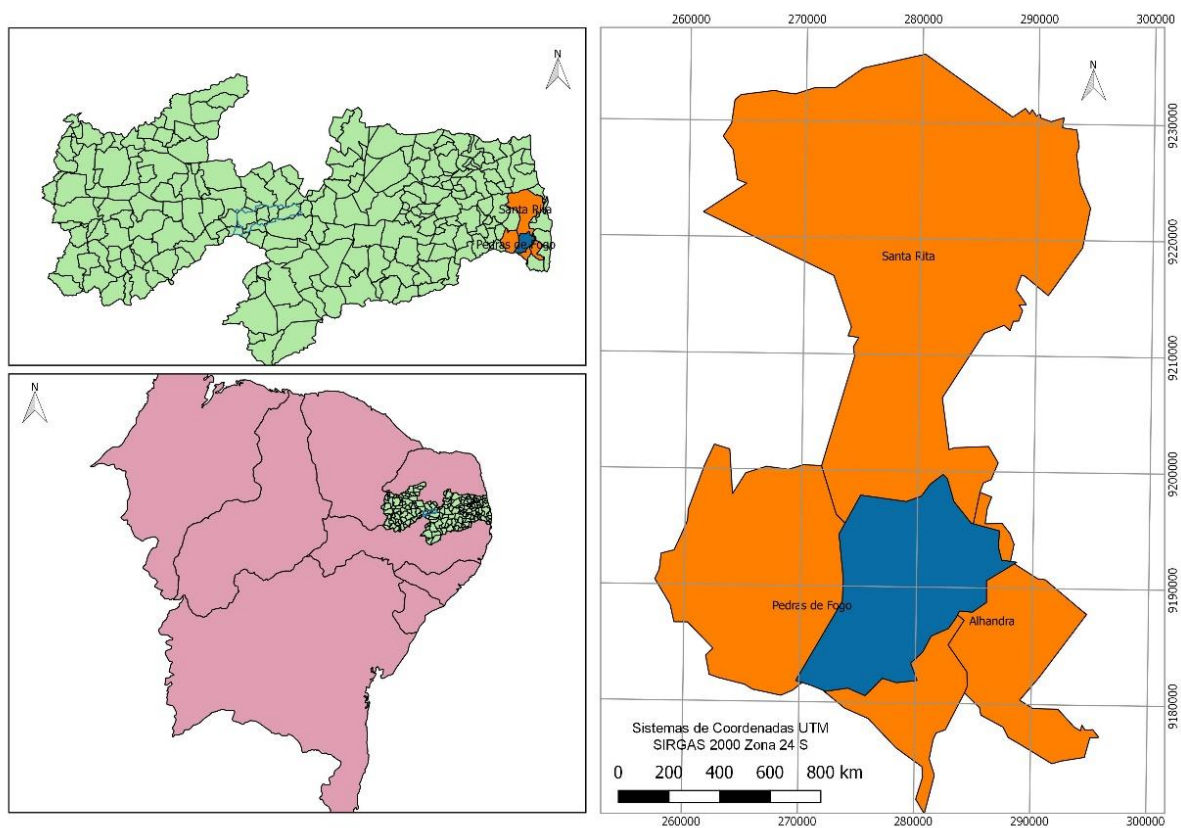


Figura 1. Localização da área de estudo.

A área de drenagem da bacia é de 581,32 km<sup>2</sup>. O principal curso d'água é o rio Gramame, com extensão de 54,3 km, e seus principais afluentes são os rios Mumbaba, Mamuaba e Água Boa (PARAIBA, 2010). A bacia é responsável por cerca de 70% do sistema de abastecimento d'água da Grande João Pessoa, que compreende os municípios de João Pessoa, Cabedelo, Bayeux e parte de Santa Rita, e das cidades de Pedras de Fogo e Conde (PARAIBA, 2010).

Para o desenvolvimento do presente trabalho utilizou-se de bases cartográficas de

dados de imagens de radar SRTM, com resolução espacial de 30 metros, obtidas no INPE. Foi utilizado software ArcGIS® v.9.3 para a elaboração dos mapas de área, comprimento, declividade e de hipsometria.

### Características morfométricas e geométricas

A morfometria da bacia hidrográfica foi representada pelas características e pelos índices apresentados na Tabela 1, sendo que, o fator de forma relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia.

Tabela 1. Características morfométricas

Características geométricas	
Área total	Fator de forma (F)
Perímetro total	Índice de circularidade (IC)
Coeficiente de compacidade (Kc)	Padrão de drenagem
Características do relevo	
Orientação	Declividade
Características de rede de drenagem	
Comprimento do curso d'água principal	Densidade de drenagem (Dd)
Comprimento total dos cursos d'água	Ordem dos cursos de água

Foram calculadas as seguintes características morfométricas associadas a características geométricas:

#### Coeficiente de compacidade (kc)

O coeficiente de compacidade (kc) relaciona a forma da bacia com um círculo. Constitui a relação entre perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual a da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia. Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular.

O coeficiente de compacidade (Equação 1), onde "p" é o perímetro em km, e "a" é a área da bacia em km<sup>2</sup>. Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (VILLELA & MATTOS, 1975).

$$kc = 0,28 \left( \frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (\text{Eq.1})$$

#### Fator de forma (kf)

Uma bacia com fator de forma baixo indica que, a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA & MATTOS, 1975). Para o cálculo do fator de forma foi utilizado a Equação 2.

$$kf = \frac{A}{LX^2} \quad (\text{Eq.2})$$

Em que: kf é o fator de forma; a é a área da bacia em km<sup>2</sup>; e lx é o comprimento axial da bacia em km.

#### Razão de alongação (re)

Razão de alongação é a relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia e o comprimento do eixo da bacia (MOSCA, 2003). Para o cálculo da razão de alongação foi utilizado a Equação 3.

$$re = 1,128 \left( \frac{A^{0,5}}{Lx} \right) \quad (\text{Eq.3})$$

Onde: A=Área da bacia hidrográfica; Lx=Comprimento axial da bacia hidrográfica.

#### Índice de circularidade (ic)

Para o cálculo da razão do índice de circularidade foi utilizado a Equação 4 utilizando a metodologia proposta de Tonello (2006).

$$ic = 12,57 \left( \frac{A}{p^2} \right) \quad (\text{Eq.4})$$

Em que: ic é o índice de circularidade; A é a área em km<sup>2</sup>; e P é o perímetro em km.

#### Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO)

O ICO (Equação 5) pode ser calculado dividindo-se o diâmetro da bacia pela raiz quadrada da área, de acordo com Tonello (2006), onde o diâmetro da bacia equivale ao diâmetro da circunferência de mesmo perímetro da bacia. Em que, ICO é o índice entre comprimento e a área da bacia este índice apresenta significância para descrever e interpretar tanto a forma como o processo de alargamento ou alongamento da bacia hidrográfica. O seu significado advém do fato de poder utilizar figuras geométricas simples como ponto de referência. Quando o valor do ICO estiver próximo de 1,0, a bacia apresenta forma semelhante a um quadrado; quando o valor for acima da unidade, mais alongada será a forma da bacia (TONELLO, 2006).



$$ICO = \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (\text{Eq.5})$$

Onde: ICO = índice entre o comprimento e a área da bacia; P = Perímetro da bacia; A = Área da bacia.

#### *Densidade de drenagem (Dd)*

O índice de densidade de drenagem é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008). De acordo com Christofolletti (1980), o cálculo da densidade de drenagem é importante na análise das bacias hidrográficas porque apresenta relação inversa com o comprimento dos rios. À medida que aumenta o valor numérico da densidade, há diminuição quase proporcional do tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

Para o cálculo da densidade de drenagem foi utilizado a Equação 6 de acordo com a metodologia proposta por Villela e Mattos (1975).

$$Dd = \frac{L_{tot}}{A} \quad (\text{Eq.6})$$

Onde: Dd = densidade de drenagem, km e km<sup>2</sup>; e L<sub>tot</sub> = comprimento total de todos os cursos d'água, km.

#### *Coefficiente de torrencialidade (Ct)*

O coeficiente de torrencialidade permite quantificar a tendência de uma bacia hidrográfica em relação à ocorrência de inundações, através da multiplicação da densidade hidrográfica pela densidade de drenagem.

Para o cálculo do coeficiente de torrencialidade (Ct) foi utilizada a Equação 7 utilizando a metodologia proposta por Villela e Mattos (1975).

$$Ct = Dh \times Dd \quad (\text{Eq.7})$$

Onde: Ct – Coeficiente de Torrencialidade, Dh – Densidade Hidrográfica e Dd – Densidade de drenagem.

#### *Relação de bifurcação (Rb)*

Os valores da relação de bifurcação indicam o grau de dissecação da bacia hidrográfica, que quanto maior for o valor do

índice de bifurcação, maior será o grau de dissecação, valores geralmente abaixo de 2 indicam relevo colinoso (CASTRO & CARVALHO, 2009).

Para o cálculo da relação de bifurcação foi utilizado a Equação 8 pela metodologia proposta por Alves e Castro (2003).

$$Rb = \frac{Nu}{Nu+1} \quad (\text{Eq.8})$$

Onde: Rb = relação de bifurcação,; Nu = número de segmentos de determinada ordem; Nu+1 = número de segmentos da ordem imediatamente superior.

#### *Sinuosidade do curso d'água (Sin)*

A sinuosidade do canal principal é um fator controlador da velocidade do fluxo de água (NOVAES et al., 2004), pois quanto maior a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo deslocamento da água no seu caminho até a foz, implicando numa menor velocidade. A sinuosidade é representada pela relação entre o comprimento do rio principal e o comprimento de seu talvegue (Equação 9), que seria o comprimento reto do canal medido da nascente até a foz, conforme Alves e Castro (2003).

$$SIN = \frac{Lp}{Lt} \quad (\text{Eq.9})$$

Em que: Sin = sinuosidade do curso d'água, adimensional; Lp = comprimento do canal principal (km); e Lt = comprimento do talvegue (km).

#### *Características relacionadas ao relevo*

##### *Coefficiente de rugosidade (CR)*

O risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas pode ser estimado pelo Cr, obtido do produto entre a densidade de drenagem e sua declividade média.

Para o cálculo do retângulo equivalente foi utilizada a Equação 10 proposta por Villela e Mattos (1975).

$$CR = Hdm \times Dd \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde: CR = coeficiente de rugosidade, adimensional; Hdm = declividade média da bacia (m/m) e Dd = Densidade de Drenagem.

O coeficiente de rugosidade direciona o uso potencial do solo em microbacias hidrográficas (ROCHA, 1997). A análise do Cr, baseia-se em classes definidas por Pissarra et al.

(2004). Desta forma, as quatro classes (a, b, c e d), foram assim estipuladas: classe a (solos apropriados para a agricultura)  $Cr < 23$ ; classe b (solos apropriados para pastagens/pecuária)  $Cr$  entre 23 e 43; classe c (solos apropriados para pastagem/reflorestamento)  $Cr$  entre 44 e 63; classe d (solos apropriados para reflorestamento)  $Cr > 63$ .

## Resultados e Discussão

As características físicas da área de estudo são apresentadas na Tabela 2. Pode-se afirmar que, as principais medidas da bacia hidrográfica do açude Gramame são a área de drenagem com  $581,32 \text{ km}^2$  e seu perímetro é de  $122,80 \text{ km}$ .

Tabela 2. Características físicas da área de estudo

Características Físicas	Resultados
Área de drenagem	581,32 ( $\text{km}^2$ )
Perímetro	122,80 (km)
Comprimento do eixo da bacia	42,11 (km)
Comprimento do rio principal	50,72 (km)
Comprimento total dos corpos d'água	399,57 (km)
Padrão de drenagem	Perene
Coefficiente de compacidade ( $K_c$ )	1,42
Fator de forma ( $K_f$ )	0,33
Índice de circularidade ( $I_c$ )	0,48
Ordem da bacia	4
Densidade de drenagem ( $D_d$ )	0,68 ( $\text{km}/\text{km}^2$ )
Declividade	Plano

De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a bacia hidrográfica do rio Gramame mostra-se pouco suscetível a enchentes em condições normais de precipitação, em exceção a eventos de intensidades anormais, pelo fato do valor do coeficiente de compacidade apresentar valor maior que a unidade (1,42) e em relação ao baixo valor encontrado ao seu fator de forma (0,33). Estes valores podem ser comparado com Silva e Mello (2006), onde o mesmo afirma a não ocorrência de grandes enchentes.

Observa-se que a bacia em estudo não possui forma circular possuindo uma tendência de forma alongada, isso pode ser comprovado pelo índice de circularidade, por possuir valor de 0,48, uma vez que de acordo com Borsato (2005), em bacias com forma circular, há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal.

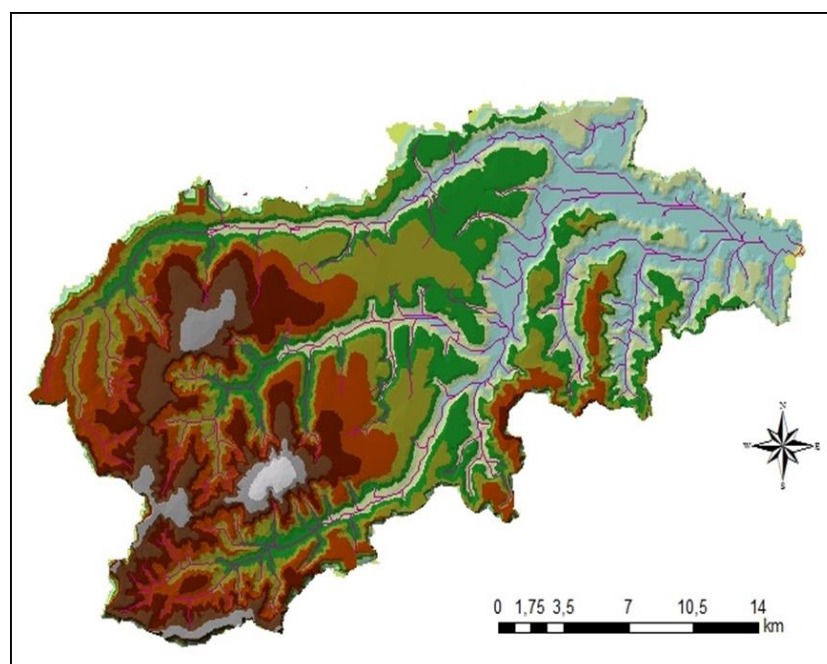


Figura 2. Carta hipsométrica da bacia hidrográfica da área de estudo.

De acordo com Azevedo (1995), em estudo realizado em Teixeira de Freitas - BA, constatou que, uma bacia com área igual a 0,589 km<sup>2</sup> com 67,3% da área ocupada por floresta e outra área de 0,257 km<sup>2</sup>, com ocupação de 100% de pastagem, onde foram encontrados índices de circularidade na ordem de 2,96 e 2,01, respectivamente. Observou também que, picos de vazão com aumento da precipitação proporcionaram a saída rápida da água dessas bacias depois da precipitação.

A densidade de drenagem encontrada na bacia hidrográfica do rio Gramame é de 0,68 (km/km<sup>2</sup>). De acordo Villela e Mattos (1975), esse índice pode variar de 0,5 km/km<sup>2</sup> em bacias com drenagem pobre à 3,5 km/km<sup>2</sup>, ou mais, nas bacias excepcionalmente bem drenadas. Nesse sentido pode-se afirmar que a bacia em estudo, apresenta baixa capacidade de drenagem.

Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas impermeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração de precipitação. Esse índice indica que, a bacia em questão é pobre de drenagem, a qual possui baixa capacidade de escoamento na sua área.

Em estudo realizado por Santos (2001), foi encontrado um índice de densidade de

drenagem para a bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, em MG, de 4,6 km/km<sup>2</sup>, mostrando que aquela bacia, apresenta elevada capacidade de drenagem. Já no trabalho de Euclides (1992), apresenta resultados onde a bacia hidrográfica do rio Juatuba, MG, obteve valores de densidade de drenagem para bacias de áreas equivalentes a 5,2 km<sup>2</sup>, 80,2 km<sup>2</sup> e 265,0 km<sup>2</sup>, iguais a 1,63; 1,50; e 1,91, respectivamente. Assim, de acordo com esse autor, essas bacias poderiam ser enquadradas como medianamente drenadas.

De acordo com Araújo et al. (2006), a ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada a maior declividade, conduzirá a maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação. Assim, a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial.

A declividade encontrada na bacia hidrográfica é variável (Figura 3), observa-se que as regiões planas as quais apresentam maior área de abrangência, estão localizadas junto ao baixo curso do rio Gramame.

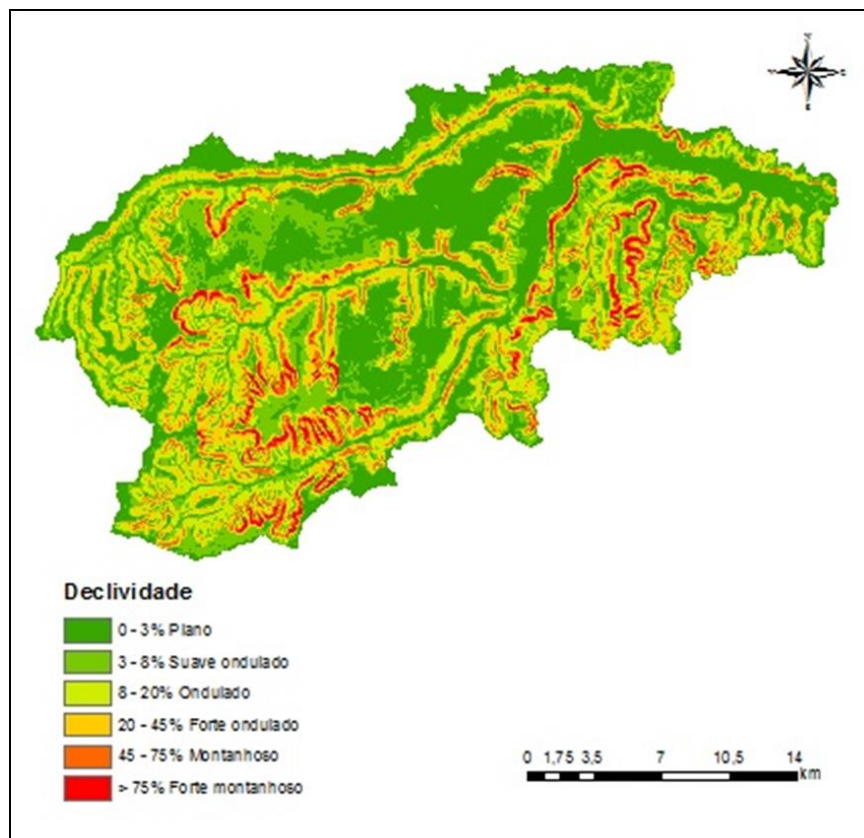


Figura 3. Carta de declividade da bacia hidrográfica.

Observa-se ainda que as altitudes variam de 2 metros, no nível do mar, atingindo até 214 metros nas cabeceiras de drenagem, ou seja, um desnível de aproximadamente 212 metros distribuído ao longo de um eixo de 42,11 km, onde, de acordo com Tonello et al. (2006), considera este aspecto relevante no planejamento de bacias hidrográficas, tanto para com o cumprimento da legislação quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e possui importante papel na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo, dentre outros processos.

### Conclusão

A partir da análise dos dados morfométricos e a interpretação dos resultados obtidos na bacia hidrográfica, pôde-se concluir que, a bacia do Rio Gramame com relação ao padrão de drenagem, apresentou padrão perene (dendrítico).

Apesar da bacia hidrográfica possuir um sistema de drenagem com ramificações significativas, demonstrou ser susceptível ao escoamento por ser mais alongada.

A bacia hidrográfica demonstrou um sistema de drenagem pobre, com índice de densidade de drenagem estimado de 0,68 km/km<sup>2</sup>. Apresentou ainda, menor risco de grandes cheias em condições normais de pluviosidade anual, e topografia favorável ao escoamento superficial, que afeta diretamente sobre o escoamento superficial.

A análise morfométrica de bacias hidrográficas constituiu elemento importante para melhor compreensão de diversas questões associadas à dinâmica hidrológica e ambiental.

Dessa forma, nenhum dos parâmetros morfométricos, deve ser entendido como isoladamente, capaz de simplificar a complexa dinâmica de uma bacia hidrográfica, a qual tem variação temporal.

### Referência

ARAÚJO C. C.; DIAS, H. C. T.; BOECHAT S.; CARLOS P.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio de Bossan, Nova Friburgo, RJ. Revista Árvore, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

AZEVEDO, E. C. Vazão e características físicas e químicas do deflúvio de microbacias hidrográficas cobertas com mata nativa, pastagem e Eucalyptus grandis. 1995. 92f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de

Plantas). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1995.

BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio ambiente físico de bacias hidrográficas: modelo de aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994. 112p.

BORSATO, F. H. Caracterização física das bacias de drenagem do município de Maringá e os postos de combustíveis como potenciais poluidores. Dissertação (Mestre em Geografia). Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2005.

CÂMARA, G.; Medeiros, J. S. de. (1998). Geoprocessamento para projetos ambientais. 2.ed. INPE. São José dos Campos, 194p.

CARVALHO, N. O.; JÚNIOR, N. P. F.; SANTOS, P. M. C.; LIMA, J. E. F. W. Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios. Brasília, DF. ANEEL, 2000. 140p.

EUCLYDES, H.P. Regionalização de vazões máximas e mínimas para a bacia do rio Juatuba - MG. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1992.

MOSCA, A. A. O. Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas. 120f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz USP. Piracicaba, 2003.

NOVAES, L. F.; AMARAL, L. G. H.; TERRA, A. A. Determinação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Corrente. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 10, 2004, Porto Alegre. Anais...Porto Alegre, 2004.

PARAÍBA. PDRH-PB - Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba. João Pessoa/PB: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA)/Governo do Estado da Paraíba. 2006. Disponível em: [www.aesa.pb.gov.br](http://www.aesa.pb.gov.br). Acesso em: janeiro, 2019.

ROCHA, J. S. M. Manual de projetos ambientais. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. 423p.

SANTOS, A. R. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo, Viçosa, MG. 141f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2001.

SILVA, B. T. Uso de Geotecnologias na determinação das condições ambientais e do assoreamento do açude Vaca Brava. 81f. Dissertação (Mestrado). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2012.

TOMLIN, C. D., Geographic information systems and cartographic modeling. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 1990. 249p.  
TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. Morfometria da

bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. Revista Árvore, v.30, n.5, p.849-857, 2006.  
VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

**Capítulo 16****POTENCIAL PRODUTIVO DAS TERRAS DA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO CUNHA, BREJO PARAIBANO, BRASIL**

**Valmir de Lima<sup>1</sup>**  
**Guttemberg da Silva Silvino<sup>2</sup>**  
**Fabiana Donato Soares Lisboa<sup>3</sup>**  
**Maurício Javier De Leon<sup>4</sup>**  
**Roseilton Fernandes dos Santos<sup>5</sup>**  
**Saulo Cabral Gondim<sup>6</sup>**  
**Haile Silvino Guimarães<sup>7</sup>**

<sup>1</sup>Professor Adjunto, UEMA/Imperatriz-MA, valmirlima1@gmail.com

<sup>2</sup>Professor Associado, UFPB/CCA/DSEER/Campus II Areia, guttembergs@gmail.com

<sup>3</sup>Consultora Ambiental, fdslisboa@gmail.com

<sup>4</sup>Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSEER/Campus II Areia, mjleon26@gmail.com

<sup>5</sup>Professor Adjunto UFPB/CCA/DSEER/Campus II Areia, roseilton\_santos@yahoo.com.br

<sup>6</sup>Professor Titular, UFPB/CCA/DSEER/Campus II Areia, saulogondim@gmail.com

<sup>7</sup>Acadêmico em Agronomia, CCA/UFPB/ Campus II Areia, hailesguimaraes@gmail.com

**Introdução**

A falta de planejamento durante o crescimento populacional, associado a intensificação das atividades agrícolas e ao uso e ocupação inadequado dos solos, elevam o grau de degradação ambiental em bacias hidrográficas (ORTEGA & CARVALHO, 2013), ocasionando a redução da qualidade e da quantidade de água necessária às atividades humanas, e conseqüentemente, do desenvolvimento sustentável de zonas rurais e urbanas.

A degradação nas bacias hidrográficas relaciona-se não somente com a redução da cobertura vegetal, mas também com o aumento da duração da precipitação, que eleva o escoamento superficial direto, provocando aumento da produção de sedimentos (MACEDO et al., 2012). Neste contexto, observa-se o potencial de produção de sedimentos na região do Planalto da Borborema, devido ao efeito orográfico do mesmo sobre as massas úmidas vindas do Atlântico, que de acordo com Reis et al. (2004), provocam chuvas de alta intensidade.

Devido a complexidade do planejamento adequado de bacias hidrográficas, tem-se utilizado o Sistema de

Informação Geográfica (SIG), o Sensoriamento Remoto (SR), e o geoprocessamento para detectar alterações ambientais, minimizar o tempo necessário para obtenção de dados precisos (PAULA & SOUZA, 2011), possibilitar a gestão dos recursos hídricos (CAVALLARI et al., 2007), e elevar a eficiência da ação de órgãos de planejamento (FARINA, 2006).

Este trabalho objetiva avaliar o potencial produtivo e a degradação das terras da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Cunha, através do uso das ferramentas de geoprocessamento.

**Material e Métodos***Caracterização da área de estudo*

A área de estudo deste trabalho representa a sub-bacia hidrográfica do Riacho do Cunha, que está localizada na divisa dos municípios de Areia e Remígio, no Estado da Paraíba (Figura 1), e representa 13,7% da área da bacia hidrográfica da barragem Vaca Brava, responsável pelo abastecimento de água na área urbana dos referidos municípios. A região tem clima quente e úmido (AS') (KÖPPEN & GEISER, 1936) e apresenta precipitação anual de 1.273mm (AES, 2013).

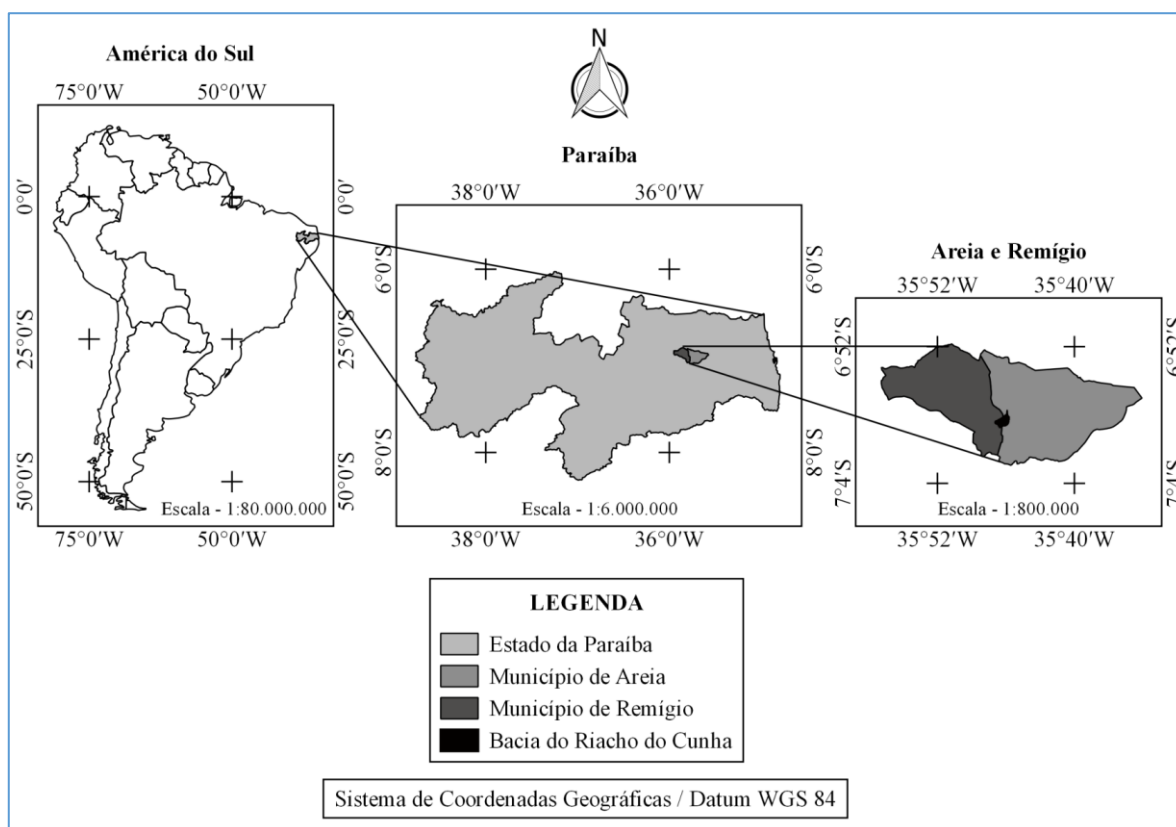


Figura 1. Localização da bacia do Riacho do Cunha, Paraíba, Brasil.

Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

#### Elaboração do mapa base

A área da sub-bacia do Riacho da Cunha foi obtida através de um levantamento topográfico, realizado com um aparelho Pentax 325 C (Estação total), e georreferenciada a partir de uma base geográfica, localizada no Departamento de Solos e Engenharia Rural (DSER) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II, Areia – PB, e de dois pontos topográficos de referência, levantados dentro da área de estudo com dois aparelhos de GPS (March II).

Os dados do GPS foram processados com o software PC-GPS 2.7 no Laboratório de Recursos Hídricos (LRH) do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O mapa base foi decalcado em papel vegetal a partir do mosaico fotográfico controlado, logo após o ajuste dos contornos da planta topográfica. Este foi digitalizado no software AutoCad e editado no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas SPRING 5.1.5 (CÂMARA et al., 1996).

#### Elaboração dos mapas temáticos

Após a delimitação da sub-bacia do Riacho do Cunha, realizou-se a elaboração dos

mapas de solos, uso atual, declividade, capacidade de uso da terra e degradação da terra.

O mapa de solos foi elaborado a partir de fotografias aéreas, utilizando a metodologia de Brasil Neto (2001), que tem por base a fotointerpretação das unidades de paisagem e o auxílio do trabalho de campo. O mapa foi editado no programa SPRING 5.1.5 (CÂMARA et al., 1996) e elaborado para layout no programa QGIS 2.10.1 'Pisa' (GOVEIA et al., 2015).

O mapa de uso atual foi decalcado numa cópia do mapa base colocado sobre o mosaico semicontrolado da área. Utilizou-se a visualização direta das imagens, em face da alta resolução e boa qualidade das fotografias. A cobertura vegetal foi classificada de acordo com a intensidade de mobilização da terra, baseado no Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2006) e no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) (Tabela 1). Para as áreas cultivadas foram identificados os sistemas de manejo adotados: tipo de culturas, uso de insumos e práticas conservacionistas. O mapa foi editado no software SPRING 5.1.5 (CÂMARA et al., 1996) e elaborado para layout no programa QGIS 2.10.1 'Pisa' (GOVEIA et al., 2015).

Tabela 1. Classificação da cobertura vegetal para avaliação da sub-bacia do Riacho do Cunha

Classe	Símbolo
Pecuária Extensiva com finalidade mista	PEcl
Agricultura de Subsistência	AS
Vegetação secundária 1 (capoeirinha, pastagens naturais e plantadas)	Capoeirinha
Vegetação secundária 2 (capoeira e capoeira rala)	Capoeira
Áreas Especiais com legislação de destinação para Reservas	AER
Agricultura Tradicional com cultura permanente	ATp
Reflorestamento com espécies exóticas tipo sabiá	RS
Pecuária Intensiva com finalidade mista	Plcl
Extrativismo Mineral	EM

O mapa de declividade foi obtido a partir de um mapa planialtimétrico, separando-se as classes, da mais plana para a mais declivosa, a partir dos seus limites e da escala do mapa topográfico (Tabela 2). Posteriormente, o mapa

foi editado no software SPRING 5.1.5 (CÂMARA et al., 1996) e elaborado para layout no programa QGIS 2.10.1 'Pisa' (GOVEIA et al., 2015).

Tabela 2. Classes de declividade para avaliação da sub-bacia do Riacho do Cunha, Paraíba, Brasil

Classe	Declividade (%)
A	0 - 3
B	3 - 6
C	6 - 12
D	12 - 20
E	20 - 40
F	40 - 60

A capacidade de uso da terra foi definida com base no manual para Levantamento Utilitário e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 2015), que leva em consideração o sistema de classes (Tabela 3), subclasses (Tabela 4) e unidades de uso (Tabela 5). A identificação das limitações foi

realizada em um ponto central representativo de cada unidade de paisagem. O mapa de capacidade de uso da terra foi editado no software SPRING 5.1.5 (CÂMARA et al., 1996) e elaborado para layout no programa QGIS 2.10.1 'Pisa' (GOVEIA et al., 2015).

Tabela 3. Classes de capacidade de uso da terra

Classe	Descrição
I	Terras sem ou com ligeiras limitações permanentes em relação ao risco de degradação para o uso agrícola intensivo
II	São terras cultiváveis com problemas simples de conservação, por apresentar limitações permanentes e/ou risco de degradação em grau moderado para uso agrícola intensivo
III	São terras cultiváveis, mas com problemas complexos de conservação, por apresentar limitações permanentes e/ou risco de degradação em grau severo para uso agrícola intensivo
IV	São terras que devem ser cultivadas ocasionalmente ou com extensão limitada, por apresentar limitações permanentes e/ou risco de degradação em graus muito severos se usadas para cultivos intensivos
VI	São terras que devem ser usadas somente para pastagens, reflorestamento, e/ou culturas permanentes protetoras do solo, por apresentar limitações permanentes e/ou risco de degradação em grau severo
VII	São terras que podem ser usadas para pastagens e/ou reflorestamento, se manejadas com extremo cuidado, por apresentar limitações permanentes e/ou risco de degradação em grau muito severo
VIII	São terras impróprias para culturas, pastagens ou reflorestamentos, e devem ser destinadas ao abrigo e à proteção da fauna e da flora silvestre, aos ambientes de recreação protegidos, e ao armazenamento de águas

Fonte: Lepsch et al. (2015).



Tabela 4. Unidades de capacidade de uso da terra

<b>Símbolo</b>	<b>Limitação</b>	<b>Descrição</b>
E	Erosão	Terras onde a erosão presente ou sua suscetibilidade a esse fator constitui o principal problema para o uso agrícola
S	Solo	Problemas na zona passível de enraizamento, como pequena espessura, presença de pedras, baixa capacidade de retenção de água ou salinidade
A	Água em excesso	Drenagem deficiente, encharcamento, lençol freático elevado ou inundações
C	Clima	Secas prolongadas, ventos intensos e frequentes em áreas desprotegidas e baixas temperaturas (geadas)

Fonte: Lepsch et al. (2015).

Tabela 5. Unidades de capacidade de uso da terra em função da subclasse

<b>Subclasse</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Unidade de uso</b>
E	e - 1	Declive acentuado
	e - 2	Declive longo
	e - 3	Mudança textural abrupta
	e - 4	Erosão laminar
	e - 5	Erosão em sulcos
	e - 6	Erosão em voçorocas
	e - 7	Erosão eólica
	e - 8	Depósito de erosão
	e - 9	Permeabilidade baixa
	e - 10	Horizonte A arenoso
S	s - 1	Pouca profundidade
	s - 2	Textura arenosa em todo perfil
	s - 3	Pedregosidade
	s - 4	Argilas expansivas
	s - 5	Caráter álico ou aluminico
	s - 6	Ácidos sulfatados ou sulfetos
	s - 7	Alta saturação com sódio
	s - 8	Excesso de sais solúveis
	s - 9	Excesso de carbonatos
A	a - 1	Lençol freático elevado
	a - 2	Risco de inundação
	a - 3	Subsidência em solos orgânicos
	a - 4	Deficiência de oxigênio no solo
C	c - 1	Seca prolongada

Fonte: Adaptado de Lepsch et al. (2015).

O mapa de degradação das terras foi confeccionado a partir dos mapas de capacidade de uso da terra e uso atual. As glebas com o mesmo grau de erosão foram agrupadas independentemente das classes ou subclasses

de capacidade de uso, gerando-se os níveis de degradação, que receberam a mesma nomenclatura descritiva da erosão laminar (Tabela 6).

Tabela 6. Classes para avaliação do grau de erosão do solo

<b>Classe</b>	<b>S</b>	<b>Descrição da erosão</b>
Não aparente	-	Erosão não aparente, tal como ocorre em solos virgens recobertos de vegetação original
Ligeira	1	< 25% do horizonte A removido
	2	> 15 cm do horizonte A remanescente
Moderada	1	25 - 75% do horizonte A removido
	2	5 - 15 cm do horizonte A remanescente
Severa	1	75 - 100% do horizonte A removido e horizonte B aflorando
	2	< 5 cm do horizonte A remanescente
Muito severa	-	Todo horizonte A removido e 75 - 100% horizonte B removido
Extremamente severa	-	Maior parte do horizonte B removido, e horizonte C atingido

Legenda: S - Situação; 1 - Com horizonte A de um solo virgem como referência; 2 - Sem horizonte A de um solo virgem como referência. Fonte: Lepsch et al. (2015).

## Resultados e Discussão

A bacia do Riacho do Cunha com 213,3 ha apresenta predominância de Neossolos Regolíticos distróficos típicos em 97,2 há, e

Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos em 80,7 ha, correspondendo a 45,6 e 37,8%, respectivamente da área total (Figura 2).

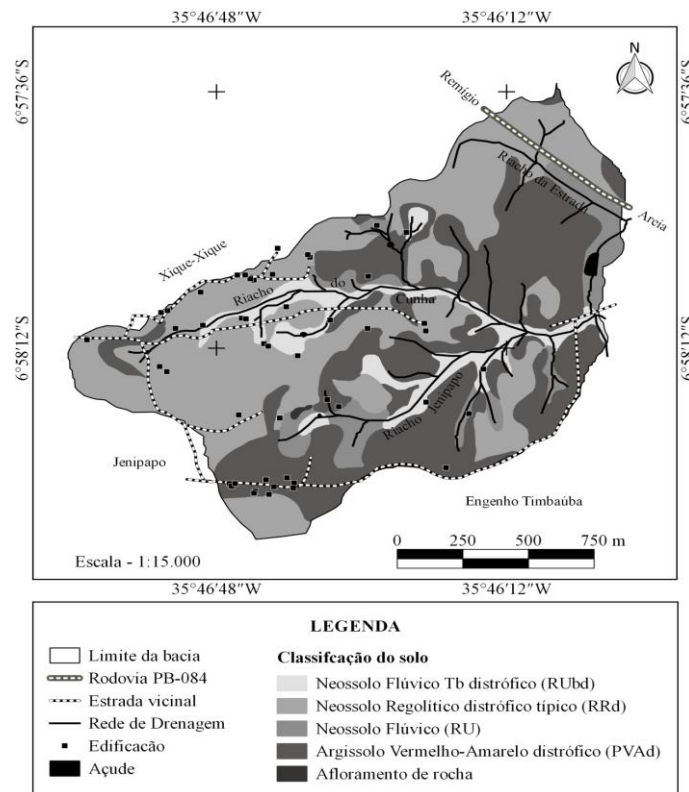


Figura 2. Classes de solos na sub-bacia do Riacho do Cunha.

De acordo com EMBRAPA (2013), os Neossolos Regolíticos distróficos típicos apresentam contato lítico a uma profundidade maior que 50 cm, horizonte A sobrejacente a horizonte C ou Cr, e saturação por bases baixa (< 50%) na maior parte do horizonte C dentro de 120 cm do solo. Estes solos também apresentam, na maioria dos casos, baixos teores de P (MENEZES et al., 2005), representando um problema para o crescimento e desenvolvimento das plantas, tendo em vista que, este macronutriente é necessário para fotossíntese, respiração, função celular, transferência de genes e reprodução (STAUFFER & SULEWSKI, 2004).

Os Argissolos Vermelho-Amarelos distróficos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, e saturação por bases < 50% na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (EMBRAPA, 2013). Estes solos, apresentam baixos teores de P (MENEZES

et al., 2005), ocasionando restrições relacionadas a fertilidade, e por ocorrerem em áreas de relevos mais acidentados, podem apresentar susceptibilidade à erosão, sendo recomendados para proteção e abrigo da flora e fauna silvestres, como ambiente para atividades de recreação e educação ambiental ou para fins de armazenamento de água (MENDONÇA et al., 2006).

Os principais usos do solo na bacia são a pecuária extensiva com finalidade mista, agricultura de subsistência e capoeira, que ocupam 58,5% (124,8 ha), 24,9% (53,2 ha) e 7,2% (15,4 ha) da área, respectivamente. Enquanto que, os usos extrativismo mineral, áreas especiais com legislação de destinação para reservas e reflorestamento com espécie exótica ocupam as menores áreas, com 0,15% (0,3 ha), 0,30% (0,6 ha) e 0,40% (0,8 ha), respectivamente.

Na Figura 3 observa-se o uso das terras do riacho do Cunha.

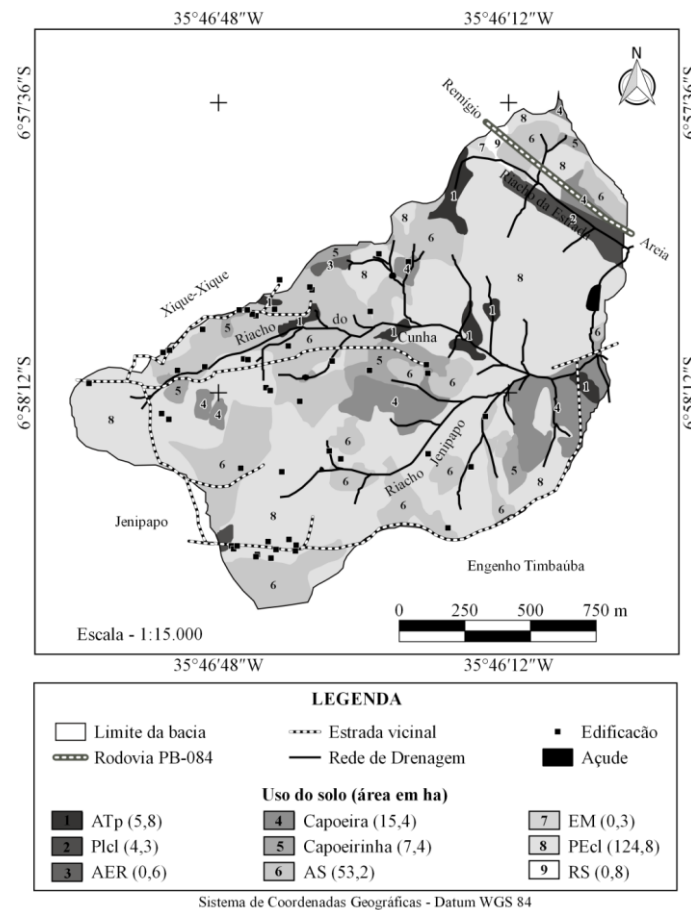


Figura 3. Uso das terras da sub-bacia hidrográfica do Riacho do Cunha.

Com relação a declividade, a classe C é a predominante com 98,3 ha, 46,1% da área total, e ocorre principalmente em áreas próximas aos riachos da estrada e do Cunha, e entre as comunidades Xique e Jenipapo. A classe E é a segunda mais representativa com 47,5 ha (22,2%), e ocorre principalmente em áreas de depressões próximas as redes de drenagens dos riachos do Jenipapo e do Cunha (Figura 4).

A predominância da classe C é um bom indicador de qualidade para produção agrícola, levando-se em consideração que, estas áreas apresentam fraca fragilidade as intervenções humanas, como descrito por Ross (1994).

Contudo, o fato da classe E ocupar 22,2% da área da sub-bacia é preocupante, tendo em vista que, segundo Dortzbach et al. (2011), em relevos com declividade acima de 20%, diminuem-se as alternativas de uso e a intensidade com que as terras podem ser utilizadas, do ponto de vista agrícola. Portanto, recomenda-se que, essas áreas sejam destinadas ao desenvolvimento de atividades de pecuária, silvicultura e áreas de preservação ambiental, corroborando com Oliveira et al. (2013).

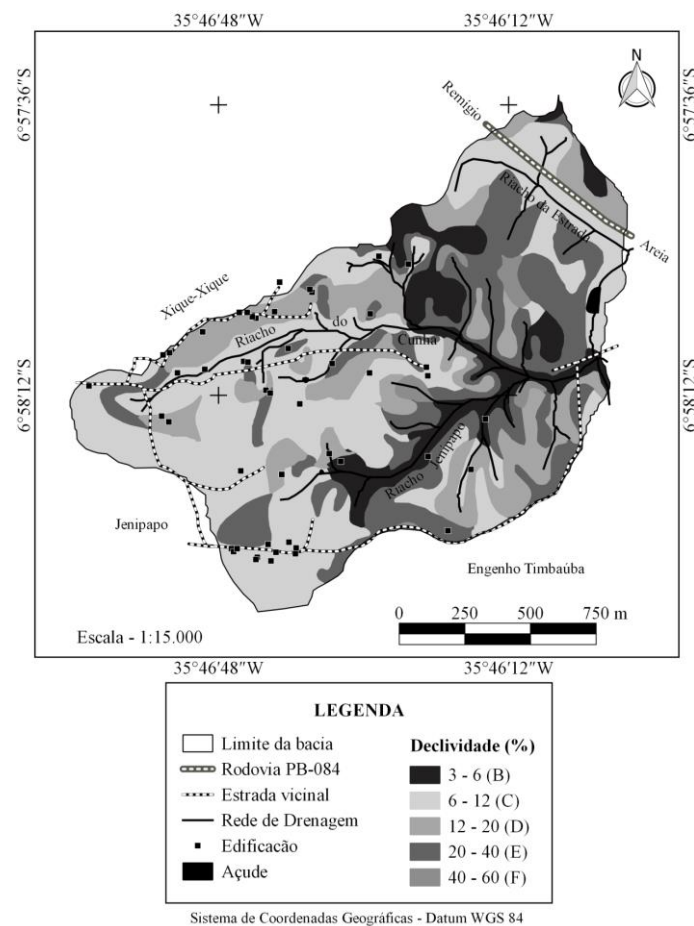


Figura 4. Classes de declividade na sub-bacia do Riacho do Cunha.

Para a capacidade de uso, verifica-se o predomínio da Classe III (91,78 ha), seguido das Classes IV (46,56 ha) e VI (30,08 ha), que representam respectivamente 43,0, 21,8 e 14,1% da área total da bacia. Enquanto que, a Classe VIII (0,23 ha) representa apenas 0,1%.

Os resultados demonstram que, a maior parte da área da sub-bacia apresenta terras com limitações permanentes e/ou risco de degradação severos à muito severos se usadas para cultivos intensivos (Figura 5).

Considerando-se o uso atual das Áreas Especiais com legislação de destinação para Reservas (AER), Reflorestamento com espécies exóticas tipo sabiá (RS), Capoeira, Extrativismo Mineral (EM) e a Rodovia PB-084, que somam 17,8 ha, e correspondem a 8,3% da área total. Constata-se que, existe um conflito de uso da terra quando se compara com as áreas das classes de capacidade de uso VII e VIII, que totalizam 23,9 ha, correspondendo a 11,2% da área total.

No entanto, muitas destas áreas com Áreas Especiais com legislação de destinação para Reservas (AER) e Capoeira, ocorrem em algumas áreas aptas para agricultura de

subsistência ou pecuária extensiva com finalidade mista e vice-versa, principalmente nas cabeceiras dos riachos.

De acordo com os resultados obtidos observa-se que, há necessidade de uma melhor distribuição no uso das terras, já que a agricultura vem sendo desenvolvida em áreas com capacidade de uso restrita, e as áreas com melhor capacidade estão sendo utilizadas para reservas legais. Devido a isso, deve-se proceder um remanejamento dessa ocupação para que as terras sejam utilizadas de acordo com o seu potencial de capacidade de uso, como sugerido na literatura (ARAÚJO FILHO et al., 2007; ROCHA & SEER, 2008; ALTMANN, 2009; SILVA & SANTOS, 2011; PRADO et al., 2010).

A análise dos sistemas indica a capacidade de suporte natural ou ambiental de uma determinada área, uma vez que, fornece o conhecimento das características do ambiente natural e da dinâmica dos componentes do mesmo. Aliado a isso, é necessário dimensionar mediante métodos específicos, a vulnerabilidade que esses ambientes apresentam às intervenções antrópicas ou naturais (PRADO et al., 2010).

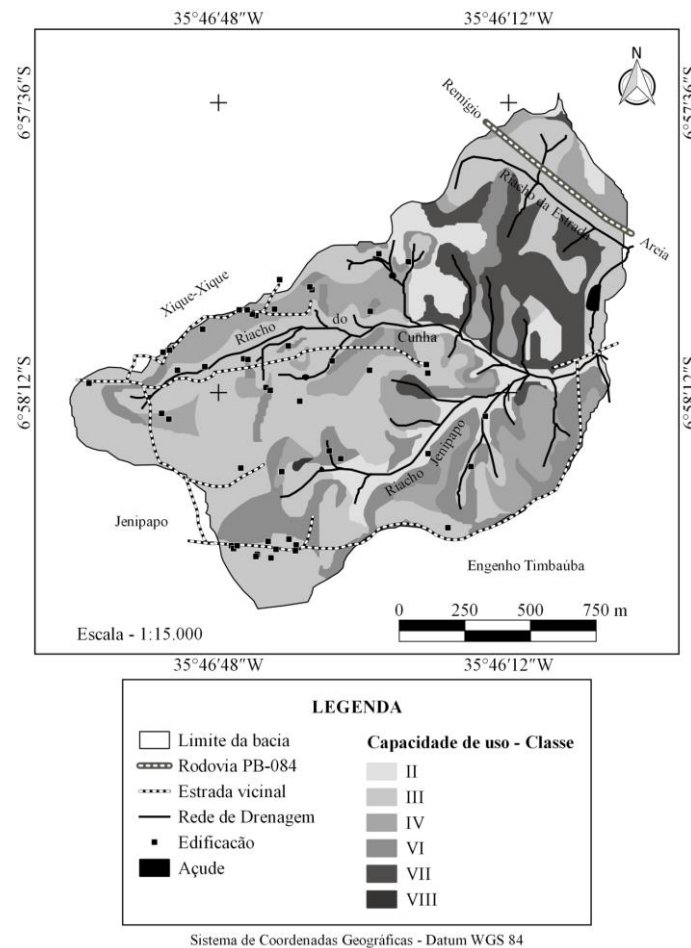


Figura 5. Classes de capacidade de uso das terras na sub-bacia do Riacho do Cunha.

O grau de erosão na sub-bacia varia de não aparente à extremamente severa, contudo, com predominância das classes ligeira com 104,5 ha, não aparente com 62,6 ha e moderada com 24,0 ha, que representam 49,0; 29,3 e 11,3% da área, respectivamente.

Levando em consideração o grau de erosão atual das terras (Figura 6), como parâmetro para avaliar a sua degradação, observa-se que, mesmo tendo uma situação favorável ao uso de pecuária extensiva com finalidade mista (PEcl) em 58% da área, ocorrem problemas de degradação em algumas áreas com esse uso, provavelmente devido a

problemas de fertilidade do solo. Esses resultados, além de causarem preocupação devido à escassez de áreas para produção agropecuária, também geram preocupação no contexto ambiental, tendo em vista que, a bacia apresenta um grande percentual de áreas com forte declive.

O aumento da declividade favorece o processo erosivo, assim, em áreas com essas condições devem ser adotados manejos conservacionistas, visando a conservação dos recursos naturais e, conseqüentemente, a elevação ou manutenção da produtividade agrícola da região.

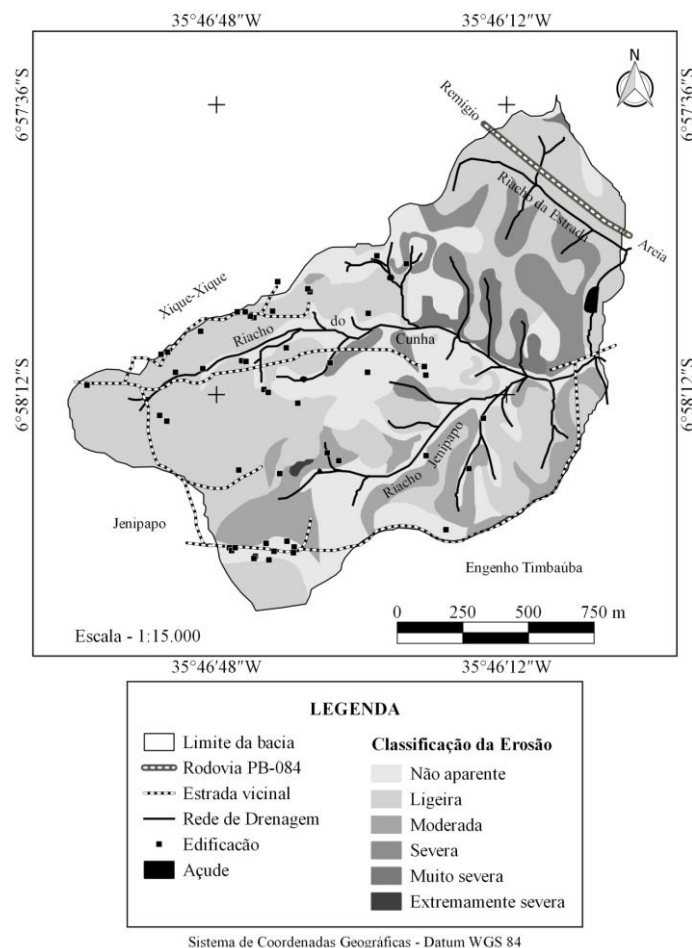


Figura 6. Mapa de erosão atual das terras.

## Conclusão

Na área da bacia do Cunha foi observado que, cerca de 115,6 ha (54,2%) das terras são aptas para Agricultura de Subsistência; 73,8 ha (34,6%) tem aptidão para agricultura tradicional permanente e pecuária extensiva com finalidade mista; e 23,9 ha (11,2%) deve ser destinada a áreas especiais com legislação de destinação para reserva de fauna e flora.

A declividade média determinada pela soma dos percentuais acumulados de 50% das terras ficou entre 12 e 20% (Classe D), o que caracteriza a área como de declividade moderada. A classe C (6 a 12%) é a que predominou na sub-bacia, ocupando 98,3 ha (46,1%) da área, seguida da classe E (20 a 40%) com 47,5 ha (22,2%), classe D (12 a 20%) com 42,6 ha (20,0%), classe B (3 a 6%) com 21,3 ha (10,0%), e a classe F (40 a 60%) com 3,6 ha (1,7%).

Ocorreu uma relação direta entre a intensidade de uso e o grau de degradação das terras, o que demonstrou a ausência de práticas de manejo conservacionistas.

As áreas em condições de sobre utilizações identificadas com agricultura de subsistência deveriam receber prioritariamente

uma maior atenção para reversão do estado atual de degradação que se encontram.

Com um plano de recuperação e manejo das áreas com pecuária extensiva com finalidade mista, poderia haver um aumento da produtividade das terras e minimizar o processo erosivo, que tem como principal causa o excesso de pisoteio pelos animais no super pastoreio.

## Referência

- AESA. Chuvas acumuladas no ano de 2013. Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/monitoramentoPluviometria.do>. Acesso em: 13 de agosto de 2019.
- ALTMANN, A. L.; ECKHARDT, R. R.; REMPEL, C. Evolução temporal do uso e cobertura da terra - estudo de caso no município de Teutônia - RS - Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.61, n.3, p.273-283, 2009.
- ARAUJO FILHO, M. DA C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.59, n.2, p.171-179, 2007.

- BRASIL NETO, F. T. Potencial produtivo e degradação das terras das sub-bacias hidrográficas jardim e olho d'água (Projeto Vaca Brava), Areia, PB. 53f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2001.
- CAVALLARI, R. L.; TAMAE, R. Y.; ROSA, A. J. A importância de um sistema de informações Geográficas no estudo de microbacias Hidrográficas. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, v.6, n.11, p.1-7, 2007.
- DORTZBACH, D.; RIBEIRO, R.; BACIC, I. L. Z.; SILVA, E. B.; LAUS NETO, J. A.; CHANIN, Y. M. A.; BLAINSKI, E. 2011. Análise fisiográfica como ferramenta para o mapeamento de solos na microbacia Ribeirão Gustavo, município de Massaranduba, SC. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 33, 2010, Uberlândia. Anais... Uberlândia, 2010.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Solos. Brasília-Brasil. 2013. 353p.
- FARINA, F. C. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. *Cadernos EBAPE.BR*, v.4, n.4, p.1-16, 2006.
- GOVEIA, S. S.; NANNI, A.; SOUZA, M. S.; PEREIRA FILHO, N. S.; DESCOVI FILHO, L.; BARROS, F. S. QGIS - Versão 2.10.1 'Pisa'. 2015. Disponível em: <http://www.qgis.org>. Acesso em: 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico de Uso da Terra. Editora IBGE. Rio de Janeiro-Brasil. 2006. 91p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Editora IBGE. Rio de Janeiro-Brasil. 2012. 271p.
- KÖPPEN, W.; R. GEIGER. *Handbuch der Klimatologie*. Berlin, 1936. 44p. Disponível em: [https://www.climond.org/Public/Data/Publications/Koepfen\\_1936\\_GeogSysKlim.pdf](https://www.climond.org/Public/Data/Publications/Koepfen_1936_GeogSysKlim.pdf). Acesso em: 13 de agosto de 2019.
- LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; VISCHI FILHO, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Editora SBCS. Viçosa - Brasil, 2015. 170p.
- MENDONÇA, I. F. C.; LOMBARDI NETO, F. E.; VIÉGAS, R. A. Classificação da capacidade de uso das terras da Microbacia do Riacho Una, Sapé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.10, n.4, p.888-895, 2006.
- MENEZES, R. S. C.; GARRIDO, M. S.; MARIN, A. M. P. Fertilidade dos solos no semiárido. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 30, 2005, Recife. Anais...Recife, 2005.
- MACEDO, F. L.; MÉLLO JÚNIOR, A. V.; MARCELLINI, S. S.; PEDROTTI, A. Modelagem da produção de sedimentos na sub-bacia hidrográfica do Riacho Jacaré - SE. *Revista RAEGA*, v.24, n.1, p.272-289, 2012.
- NOBRE, M. F.; GARCIA, G. J. Avaliação de três diferentes métodos de análise para a determinação da vulnerabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Corumbataí (SP). *Revista Brasileira de Cartografia*, v.62, n.2, p.169-179, 2010.
- OLIVEIRA, L. F. C.; CALIL, P. M.; RODRIGUES, C.; KLIEMANN, H. J.; OLIVEIRA, V. Á. Potencial do uso dos solos da bacia hidrográfica do alto rio Meia Ponte, Goiás. *Revista Ambiente & Água*, v.8, n.1, p.222-238, 2013.
- ORTEGA, D. J. P.; CARVALHO, S. L. Avaliação dos efeitos das atividades antropóicas nos recursos hídricos na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Ipê - SP. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.18, n.3, p.97-108, 2013.
- PAULA, E. M. S.; SOUZA, M. J. N. Sistemas de informações geográficas na análise da vulnerabilidade ambiental da bacia do Rio Ceará-CE. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.63 n.4, p.545-554, 2011.
- PRADO, B. R. DO.; MARTINS, V. A.; HAYAKAWA, E. H.; TAVARES JUNIOR, J. B.; SHIMABUKURO, Y. E. Identificação de classes de cobertura da terra na Amazônia utilizando imagens ALOS/PALSAR e classificação orientada a objeto. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.62, n.3, p.563-569, 2010.
- REIS, R. J.; GUIMARÃES, D. P.; COELHO, C. W. G. A.; PAIXÃO, G. M.; NASCIMENTO, J. S.; SIMÕES, T. K. S. L. Determinação das áreas de potencial de riscos de precipitações intensas em Belo Horizonte. *Caderno de Geografia*, v.14, n.23, p.127-134, 2004.
- ROCHA, M. B. B.; SEER, H. J. Fisiografia e uso da terra no município de Araxá, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.60, n.2, p.111-118, 2008.
- ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v.8, n.1, p.63-74, 1994.
- SILVA, F. F.; SANTOS, J. R. Imagens ALOS/PALSAR na classificação da cobertura vegetal da região semiárida brasileira. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.63, p.27-83, 2011.
- CÂMARA, G.; SOUZA R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & Graphics*, v.20, n.3, p.395-403, 1996.

STAUFFER, M. D.; SULEWSKI, G. Fósforo -  
essencial para a vida. In: YAMADA, T.; STIPP, S.

R. A. Fósforo na agricultura brasileira. 1.ed.  
Piracicaba: Potafos, 2004. p.1-12.



**Capítulo 17****ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO REGIONAL SUSTENTÁVEL APLICADO AOS MUNICÍPIOS DA REGIÃO METROPOLITANA DO CARIRI CEARENSE**

**Mirelle Tainá Vieira Lima<sup>1</sup>**  
**Carlos Wagner Oliveira<sup>2</sup>**  
**Allan Bruno Dantas Gonçalves<sup>3</sup>**  
**Francisca Katiane Ernesto de Melo<sup>4</sup>**  
**Maria Inácio da Silva<sup>5</sup>**

<sup>1,3,4,5</sup>Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável, UFCA, Crato-CE, mirellet.vieira@gmail.com; allanbrunoeng@gmail.com; katyaneernesto@hotmail.com; nacymarim@gmail.com

<sup>2</sup>Dr. Prof. Associado, UFCA, Crato-CE, carlos.oliveira@ufca.edu.br

**Introdução**

Há algumas décadas atrás, o conceito de desenvolvimento não instigava reflexões que fossem além da compreensão de crescimento econômico. Com o passar dos anos, no entanto, a intensificação e velocidade da globalização, junto às preocupações sobre os impactos causados por esse crescimento, contribuíram para a ampliação deste ponto de vista. Não se pode mais pensar o desenvolvimento de forma tão unilateral, visto que não há mais sentido pensá-lo longe das dimensões ambientais, sociais, culturais, institucionais e demais aspectos que abraçam a pluralidade das atuais sociedades humanas. Sachs (2008), reforça de forma concisa o desenvolvimento sustentável, como aquele que atende as necessidades presentes, sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

De acordo com Feil e Schreiber (2017), os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, apesar de serem usados de forma sinônima, possuem conceitos diferentes. Para os mesmos, o termo sustentabilidade tem origem e foco no viés ambiental, que decorre das preocupações acerca da deterioração da ecologia global em prol do desenvolvimento econômico, tendo relação com a solução da escassez de recursos naturais vinculados a questões energéticas e recursos naturais. Enquanto que o desenvolvimento sustentável, objetiva o crescimento econômico sem agredir o meio ambiente, propondo mudanças em longo prazo que vão além da perspectiva ambiental, mas que também envolvem o comportamento da humanidade, através de estratégias, processos e práticas. O conceito de desenvolvimento sustentável se dá em meio a debates construídos historicamente. Para Veiga (2015), definir Desenvolvimento Sustentável é

compreender o desenvolvimento em um contexto histórico, político e de questões socioeconômicas, desde a proteção dos direitos humanos, acesso à educação e a condição participativa construída pela democracia.

Para Abramovay (2010), os indicadores de desenvolvimento sustentável constituem uma ferramenta de grande potencial como via para a governança. Onde a sistematização de indicadores de sustentabilidade implica a construção de um modelo capaz de refletir a cadeia causal das ações antrópicas (CARVALHO & BARCELLOS, 2009). Conforme Silva et al. (2009), embora seja dificultoso eleger e reunir os principais fatores que influenciam no desenvolvimento, eles estão presentes em inquietações expressas relacionadas ao estilo de vida atual e futuro, à qualidade de vida, à prosperidade econômica e, de forma generalizada, ao futuro do planeta terra.

De acordo com Carvalho e Barcellos (2009), a partir dos anos 80, os indicadores ambientais começaram a ser desenvolvidos em vários países europeus. Canadá e Nova Zelândia, que se consolidou no acordo gerado entre 179 países durante a Agenda 21, onde se afirmou a necessidade de se desenvolver indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS) por parte dos países signatários. No ano 2000, 147 chefes de estado e de governo de 189 países, incluindo o Brasil, reuniram-se na Cúpula do Milênio da ONU, em Nova York, comprometendo-se com os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (OMS) até 2015, por meio de ações específicas de combate à fome e à pobreza, promoção de políticas de saúde, saneamento, educação, habitação, igualdade de gênero, meio ambiente, entre outros. A fim de dar continuidade ao tratado após 2015, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável foram lançados

no documento final da Conferência Rio+20 em 2012, intitulado “O futuro que queremos”, onde foram abertos grupos de trabalho intergovernamentais designados para a elaboração dos ODS (CARVALHO & BARCELOS, 2015).

Índices ou indicadores de sustentabilidade são meios úteis e de grande importância para descrever a sustentabilidade de sistemas, entretanto, faz-se necessário considerar seu real significado e alcance (SICHE et al., 2007). Quanto ao conceito atribuído aos indicadores, pode se tratar de uma medida quantitativa ou qualitativa que carrega um valor intrínseco capaz de medir ou expressar informações sobre algum aspecto da realidade ou conceito. De acordo com o IBGE (2014), os indicadores de desenvolvimento sustentável são estatísticas, que podem ser valores absolutos, razões ou outros índices, utilizadas na mensuração do nível de sustentabilidade

social, ambiental, econômica e institucional de uma sociedade ou território, onde buscam representar um elemento do mundo real através de um valor.

Numa escala local, o presente trabalho pretende comparar o nível de desenvolvimento regional alcançado entre os 9 municípios da Região Metropolitana do Cariri (RMC), analisando indicadores ambientais, econômicos e sociais. Mais especificamente, indicadores de órgãos governamentais, submetidos ao índice desenvolvido pelo Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura (IICA).

### Material e Métodos

O universo do trabalho compreende a região de estudo, composta pelos 9 municípios da região metropolitana do Cariri cearense, sendo eles Juazeiro de norte, Crato, Barbalha, Caririçu, Farias Brito, Missão Velha, Nova Olinda, Jardim e Santana do Cariri (Figura 1).

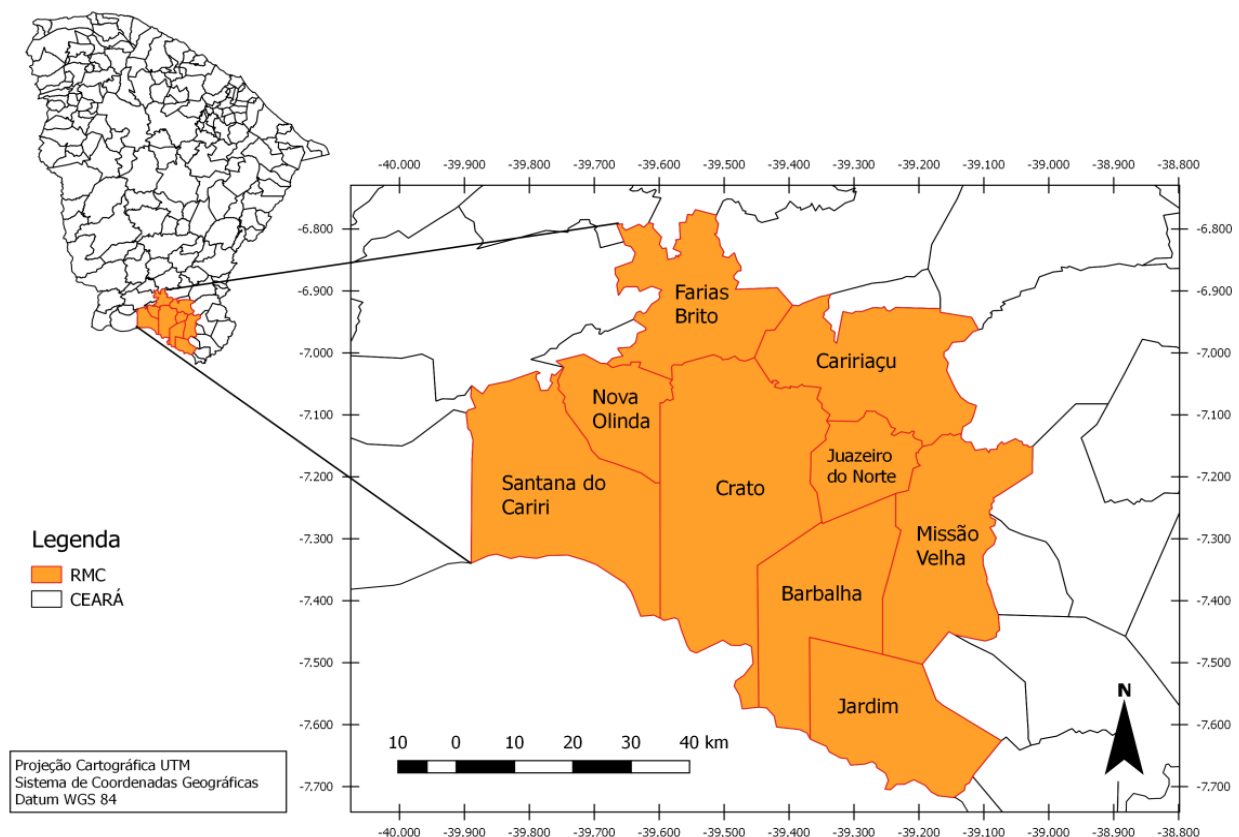


Figura 22. Mapa de localização da região metropolitana do Cariri cearense.  
Fonte: Adaptado do IPECE (2019).

A região do Cariri está inserida na região semiárida do Nordeste brasileiro e possui peculiaridades na vegetação em relação às áreas ao entorno, presentes em abundância na Floresta Nacional do Araripe (FLONA), e umidade superior promovida pela depressão do

Cariri, principalmente nos municípios de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha (BRANDÃO, 2014). A Floresta Nacional do Araripe foi uma das primeiras áreas protegidas e a primeira criada no Brasil, por meio do Decreto N° 9.226, em 2 de maio de 1946. De acordo com o órgão

responsável pela sua administração, o ICMBio, com sede no município de Crato/CE, a mesma foi criada para manter as fontes de água do semiárido e barrar o avanço da desertificação no Nordeste, e atualmente constitui uma Unidade de Conservação (UC). A FLONA/ARARIPE abriga uma grande diversidade de espécies, que mantem o equilíbrio hidrológico, climático, ecológico e edáfico do Complexo Sedimentar do Araripe, e possui importância social e econômica, por suscitar a extração de produtos alimentícios.

Os dados utilizados foram selecionados (Tabela 1) com base no documento Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (2014) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), e através de dados adquiridos por meio da plataforma IBGE cidades, dos relatórios de perfil municipal disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará –

IPECE, e do Atlas Brasil (ATLAS, 2018), onde foram extraídos dados dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010.

Os valores de domicílios beneficiados por coleta de lixo, abastecimento de água e volume de água tratada publicados pelo IBGE (2010) foram divididos pelo número de domicílios de cada município, a fim de refletir fielmente as condições disponibilizadas, de forma proporcional. Da plataforma DATUSUS foram obtidos os dados referentes ao número de famílias beneficiadas pelo Bolsa Família, e o número de famílias que estão fora da extrema pobreza. Os dados de número de homicídios e Taxa de homicídio (Óbitos/100 mil hab.) foram obtidos do Ministério de Desenvolvimento Social (MDS). Cada indicador foi adquirido em função dos dados mais recentes disponibilizados pelos órgãos pesquisados.

Tabela 1. Dados selecionados para participar da amostra de variáveis analisadas em cada dimensão da sustentabilidade, em cada município

<b>Dimensão Social</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte (Ano)</b>
Analfabetismo	%	IBGE (2010)
Esperança de vida	Anos	ATLAS (2010)
Mortalidade infantil	%	IBGE (2014)
Densidade demográfica	%	IBGE (2010)
Razão de dependência	%	ATLAS (2010)
Índice de desenvolvimento municipal	Coeficiente	IPECE (2016)
Índice de desenvolvimento social	Coeficiente	IPECE (2016)
Índice de desenvolvimento humano	Coeficiente	IBGE (2010)
Total de estabelecimentos de saúde por mil habitantes	Unid./100 hab.	IBGE (2010)
Taxa de escolarização ens. Infantil	%	IPECE (2016)
Taxa de escolarização ens. Fundamental	%	IPECE (2016)
Taxa de escolarização ens. Médio	%	IPECE (2016)
População em domicílios com água encanada	%	ATLAS (2010)
População com banheiro e água encanada	%	ATLAS (2010)
População reside com > 2 pessoas por dormitório	%	ATLAS (2010)
População em domicílios com coleta de lixo	%	ATLAS (2010)
População em domicílios com energia elétrica	%	ATLAS (2010)
Pessoas em domicílios com paredes inadequadas	%	ATLAS (2010)
População total em domicílios particulares permanentes	Habitantes	ATLAS (2010)
Número de Famílias beneficiadas pelo Bolsa Família	Famílias	MDS (2018)
Famílias fora da extrema pobreza devido Bolsa Família	Famílias	MDS (2018)
Número de homicídios	Óbitos	DATASUS (2013)
Taxa de homicídio	Óbitos/100 mil hab.	DATASUS (2013)
<b>Dimensão Ambiental</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte (Ano)</b>
Frota veículos	Unidades	IBGE (2010)
Arborização	%	IBGE (2010)
Urbanização	%	IBGE (2010)
Esgoto adequado	%	IBGE (2010)
Esgoto inadequado	%	IBGE (2010)
Esgoto semi-adequado	%	IBGE (2010)
Coleta de lixo	Domicílios	IBGE (2010)
Abastecimento de água	Domicílios	IBGE (2010)
Abastecimento de água em residências	Domicílios	IBGE (2010)
Volume de água tratada	m <sup>3</sup> /dia	IBGE (2010)
Área de lavoura permanente	ha	IBGE (2010)
Área total destinada a APP	ha	IBGE (2010)
<b>Dimensão Econômica</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte (Ano)</b>
Índice <i>Gini</i> da renda	Coeficiente	IBGE (2010)
População ocupada	Habitantes	IBGE (2015)
Taxa de pobreza	%	IBGE (2010)
Salário médio mensal dos trabalhadores formais	Salários mínimos	IBGE (2015)
PIB <i>per capita</i>	R\$	IBGE (2010)
Finanças municipais	R\$	IPECE (2016)
Consumo de energia elétrica	Mwh	IPECE (2016)
PIB a preços correntes	(x1000) R\$	IBGE (2015)

O método utilizado para transformar os valores brutos, com unidades de medida diferentes, em valores de índice corresponde de 0 a 1, conforme a metodologia utilizada por Waquil (2010) e foi operacionalizado a partir das Equações 1 e 2 de normalização.

$$\text{Se a relação é positiva: } I = \frac{X-m}{M-m} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\text{Se a relação é negativa: } I = \frac{M-x}{M-m} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: I = índice calculado referente a cada variável, para cada município analisado; x = valor observado específico para aquela variável e município; m = valor mínimo observado; M = valor máximo observado.

Após de transformados em índices, comparando-se os resultados dos municípios entre si, os valores foram classificados de acordo com o seu desempenho, conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classificação do índice de sustentabilidade

Índice (intervalo)	Desempenho
0,0000 e 0,2500	Situação crítica
0,2501 e 0,5000	Situação de alerta
0,5001 e 0,7500	Situação aceitável
0,7501 e 1,0000	Situação Ideal

Fonte: Adaptado de Macedo et al. (2016).

### Resultados e Discussão

O conjunto de informações básicas que envolvem renda e trabalho, educação, saúde, segurança, infraestrutura, acesso às políticas públicas de distribuição de renda e seus

respectivos desempenhos, oriundos da média aritmética dos resultados individuais obtidos em cada município de estudo, seguem na Tabela 3.

Tabela 3. Conjunto de Indicadores da Dimensão Social, considerando a média de cada uma das variáveis nos municípios da RMC entre os anos 2010 e 2016

Indicador	Índice	Desempenho
População total em domicílios particulares permanentes	0,206	Situação crítica
Número de Famílias beneficiadas pelo Bolsa Família	0,232	Situação crítica
Total de estabelecimentos de saúde por mil habitantes	0,323	Situação de alerta
Índice de desenvolvimento municipal	0,370	Situação de alerta
População em domicílios com coleta de lixo (%)	0,378	Situação de alerta
Taxa de escolarização ensino médio	0,424	Situação de alerta
Analfabetismo	0,457	Situação de alerta
Índice de desenvolvimento humano	0,471	Situação de alerta
Índice de desenvolvimento social	0,478	Situação de alerta
População em domicílios com água encanada (%)	0,506	Situação aceitável
População com banheiro e água encanada (%)	0,513	Situação aceitável
Pessoas em domicílios com paredes inadequadas	0,525	Situação aceitável
Taxa de homicídio	0,526	Situação aceitável
Famílias fora da extrema pobreza devido Bolsa família	0,529	Situação aceitável
Taxa de escolarização ens. Infantil	0,531	Situação aceitável
Taxa de escolarização ens. Fundamental	0,532	Situação aceitável
Razão de dependência	0,537	Situação aceitável
Mortalidade infantil	0,559	Situação aceitável
Esperança de vida	0,571	Situação aceitável
População reside com > 2 pessoas por dormitório (%)	0,615	Situação aceitável
População em domicílios com energia elétrica (%)	0,734	Situação aceitável
Número de homicídios	0,800	Situação Ideal
Densidade demográfica	0,856	Situação Ideal
<b>Média</b>	<b>0,507</b>	<b>Situação aceitável</b>

Analisando os índices de educação, observa-se que Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha possuem as menores taxas de analfabetismo, que correspondem respectivamente a 15; 16,2 e 18,7%. Entretanto, municípios como Caririçu e Santana do Cariri possuem respectivos 31,7 e 29,9%, aproximadamente o dobro do percentual. A taxa de escolarização no ensino médio varia 43,56% em Santana do Cariri e 71,64% em Nova Olinda. Os dados de escolarização disponibilizados pelo IPECE (2016) são de fonte da SEDUC, que adotou a metodologia do INEP/MEC no cálculo deste indicador, para que possa ser compatível com outras unidades da federação.

A taxa de escolarização no ensino médio, bem como de analfabetismo são consideradas em situação de alerta nos municípios estudados e podem ser decorrentes da carência de oferta de vagas na rede pública de ensino ou das condições sociais de cada indivíduo, por muitas vezes ter que abandonar os estudos em detrimento do trabalho.

Pelos resultados obtidos observa-se que, o índice de densidade demográfica neste trabalho pode ser considerada como um fator que influencia negativamente nos resultados, visto que, a alta concentração de pessoas em uma determinada área pode acarretar diversos problemas sociais, muitas vezes, em função da insuficiência do estado em gerir recursos e suprir as necessidades daquela população. Alguns problemas inerentes à locais muito populosos, e que podem ser facilmente observados, são o acúmulo de lixo, a fácil disseminação de doenças, as deficiências na mobilidade urbana, a baixa infraestrutura, a baixa capacidade dos setores públicos em atender as demandas de saúde, educação, segurança, dentre outros fatores.

Observa-se que, as populações migram para os grandes centros urbanos em busca de

uma melhor qualidade de vida e maior oferta de emprego. Portanto, outros fatores devem ser levados em consideração. Para ser sustentável, o município deve oferecer condições proporcionais ao tamanho da população.

Observa-se que, o município de Juazeiro do Norte, possui a maior densidade demográfica da região, enquanto Nova Olinda possui 20,7 pessoas por km<sup>2</sup>, Juazeiro do Norte possui 1.004,45 pessoas por km<sup>2</sup>. Seguido por Crato e Barbalha, mesmo estes possuindo aproximadamente 10 vezes menos densidade demográfica. No entanto, Juazeiro do Norte oferece 56,78% de todas as vagas de trabalho disponíveis para a região.

Quanto ao percentual da população que vive em domicílios com água encanada, observa-se que, há um contraste entre Juazeiro do Norte e Jardim, que possuem um percentual de, respectivamente, 95,04 e 48,75% da população. Já quanto ao percentual da população que vive em domicílios com banheiro e água encanada, Santana do Cariri apresenta o menor índice, 44,32%, e o maior índice em Juazeiro de 90,63%.

Nova Olinda e Santana do Cariri possuem o menor total de estabelecimentos de saúde por mil habitantes, com apenas 7. Enquanto isso, Juazeiro do Norte possui uma razão de 95 unidades de saúde por mil habitantes.

Macedo e Cândido (2011), avaliaram o nível de desenvolvimento do município de Alagoa Grande-PB e reforçaram a importância da inclusão social, da educação tanto social quanto ambiental, e a mudança da conscientização dos setores da sociedade para efetivar o processo do desenvolvimento sustentável. Os dados que representam o setor econômico na região estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Conjunto de Indicadores da Dimensão Econômica considerando a média de cada uma das variáveis nos municípios da RMC entre os anos 2010 e 2016

<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>	<b>Desempenho</b>
PIB a preços correntes	0,183	Situação crítica
Finanças municipais	0,214	Situação crítica
População ocupada	0,363	Situação de alerta
PIB <i>per capita</i>	0,412	Situação de alerta
Índice Gini da renda	0,506	Situação aceitável
Taxa de pobreza	0,507	Situação aceitável
Salário médio mensal dos trabalhadores formais	0,644	Situação aceitável
Consumo de energia elétrica	0,813	Situação ideal
<b>Média</b>	<b>0,405</b>	<b>Situação de alerta</b>

O Produto Interno Bruto (PIB) per capita apresenta-se em situação de alerta, já o PIB a preços correntes, que representa o valor nominal bruto adquirido naquele ano, sem correção monetária pela inflação, arrecadado em todos os setores da sociedade, bem como as finanças municipais, que compreende o valor disponível pela prefeitura para a administração da cidade, ambas encontram-se em situação crítica.

De acordo com Tokarnia e Oliveira (2018), o relatório da Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) aponta que, o Brasil precisa aumentar o investimento para poder crescer mais, visto que o país ocupa uma das piores posições entre os países membros e parceiros do grupo. No ranking dos países da OCDE, o Brasil aparece na quarta pior posição de investimento em relação ao Produto Interno Bruto (PIB), considerados os valores de 1990 a 2016. Nesse período, o investimento do país não chegou a 20% do PIB – soma de todos os bens e serviços produzidos pelo país. O nível do investimento tem declinado continuamente desde 2013, e está baixo na comparação internacional. O relatório ressalta que, um maior nível de investimento elevaria o potencial de crescimento da economia e fortaleceria o crescimento da produtividade, possibilitando aumentos salariais sem colocar em risco a competitividade dos produtores domésticos.

Crato apresenta a menor taxa de pobreza 44,3%, contrastando com o município de Santana do Cariri com 71,78%, esse percentual é calculado com base na população com renda familiar mensal per capita de até meio salário mínimo, em determinado espaço geográfico e de tempo. Apesar do programa Bolsa Família contribuir para que algumas famílias carentes possam sobreviver e estar fora da extrema pobreza, o índice do número de famílias beneficiadas é considerado crítica.

A Razão de dependência compõe o número de pessoas dependentes no município

(0 a 14 anos e maiores de 65 anos) sobre o total da população economicamente ativa (14 a 64 anos), multiplicado por 100. Na região esse percentual se encontra entre 50,20% (Crato) e 67,70% (Santana do Cariri). Isso pode ser um indicador do nível de oportunidade de emprego entre jovens.

Na dimensão econômica, o consumo de energia é destaque, apresentando índice ideal. Entretanto, é necessário trabalhar cada vez mais na conservação, pois, a economia de energia está associada não somente à redução de custos, mas também a fatores como a preservação de recursos naturais, como a água, considerando que quase toda energia gerada no país é feita através de hidrelétricas, que geram cerca de 90% da energia do país, conforme a ANEEL (2002).

O índice Gini entre os municípios de estudo se apresentam entre 0,4 e 0,49, considerando que, de acordo com o IBGE (2015), o Brasil obteve um índice Gini correspondente a 0,491 no ano de 2015, portanto, os municípios estão de acordo com a média nacional.

De acordo com Wolffenbüttel (2004), em texto vinculado à revista Desafios do Desenvolvimento (IPEA), o Índice de Gini é um instrumento utilizado para medir o grau de concentração de renda em um determinado grupo, marcando a diferença entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos, cujo resultado varia de zero a um.

Nesse caso, se cada um dos indivíduos de toda a população concentrasse a mesma quantidade de renda, o valor de índice Gini seria 0 (zero), pois representa uma situação de igualdade, no oposto, o valor 1 (um) representaria uma situação extrema em que apenas uma pessoa detém toda a riqueza.

Os dados elaborados a fim de analisar a dimensão ambiental, dentro do contexto de desenvolvimento regional sustentável estão dispostos da Tabela 5.

Tabela 5. Conjunto de Indicadores da Dimensão Ambiental, considerando a média de cada uma das variáveis nos municípios da RMC entre os anos 2010 e 2016

<b>Indicador</b>	<b>Índice</b>	<b>Desempenho</b>
Área de lavoura permanente	0,238	Situação crítica
Área total destinada a APP	0,356	Situação de alerta
Volume de água tratada	0,358	Situação de alerta
Coleta de lixo	0,422	Situação de alerta
Urbanização	0,456	Situação de alerta
Esgoto adequado	0,467	Situação de alerta
Abastecimento de água	0,488	Situação de alerta
Esgoto inadequado	0,547	Situação aceitável
Arborização	0,610	Situação aceitável
Esgoto semi-adequado	0,644	Situação aceitável
Frota veículos	0,809	Situação ideal
<b>Média</b>	<b>0,424</b>	<b>Situação de alerta</b>

Na dimensão ambiental, a elevada frota de veículos apresenta índice negativo, visto que, está diretamente relacionada à emissão de CO<sup>2</sup> e contribui com o efeito estufa. Enquanto, em 2010, Santana do Cariri apresenta 3.250 unidades de veículos, Juazeiro apresenta um total de 109.058 unidades. Ao mesmo tempo em que, representa um fator negativo ao meio ambiente, pode indicar o nível de desenvolvimento econômico e social, associado ao nível de urbanização, crescimento das cidades e da renda da população. De maneira geral, a frota de veículos na RMC encontra-se numa faixa ideal, na perspectiva ambiental, de acordo com o índice utilizado.

O nível de urbanização dos municípios que compõem a RMC apresenta situação de alerta, com baixo índice de áreas de lavoura permanente, apesar do evidente potencial agrícola da região. A taxa de arborização inclui o mínimo de 64,7% em Nova Olinda, e máxima de 97,4% em Barbalha e Crato.

A gestão dos recursos hídricos é um fator que merece atenção, classificado no presente trabalho como em estado de alerta. Embora seja um elemento essencial, a água pode trazer riscos à saúde se for de baixa qualidade e utilizada sem o tratamento adequado. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS) e seus países membros, todas as pessoas, em quaisquer estágios de desenvolvimento e condições socioeconômicas têm o direito de ter acesso a um suprimento adequado de água potável e seguro (OPAS, 2001). Onde o termo “seguro”, refere-se a uma oferta de água que não represente um risco significativo à saúde, que tenha quantidade suficiente para atender a todas as necessidades domésticas, que seja disponível continuamente e que tenha um custo acessível (OPAS, 2001).

A região apresenta baixo percentual tanto de esgoto inadequado, como de esgoto adequado, a maioria dos esgotos encontram-se em situação de semi-adequado. Possui média de 23,2% de esgoto inadequado, com mínima de 2,5% em Juazeiro e máxima de 48,3% em Jardim; média de 24% de esgoto adequado, com mínima de 5,2% em Caririçu, e máxima de 45,6% em Juazeiro e média de 52,7% de esgoto adequado, com mínima de 20,2% em Caririçu e máxima de 70,7% em Juazeiro.

A coleta de lixo, abastecimento de água e volume de água tratada, em média apresenta estado de alerta, dada a discrepância entre os municípios. Enquanto Juazeiro trata 93,58 m<sup>3</sup>/dia, Farias Brito trata apenas 11,14 m<sup>3</sup>/dia, enquanto Juazeiro abastece 90,38% da população, Santana do Cariri abastece apenas 38,08%, e enquanto Juazeiro coleta o lixo de 92,67% dos domicílios, Jardim coleta apenas 33,19%.

Juazeiro do Norte constitui uma das cidades mais desenvolvidas economicamente e de maior taxa de crescimento urbano do interior do estado do Ceará (HOLANDA & AMORA, 2011). Entretanto, apesar de oferecer maiores oportunidades, concentra grandes problemas decorrentes do crescimento desordenado e do planejamento público ineficiente. O elevado índice de homicídios apresentado é preocupante, sendo necessária uma investigação detalhada dos fatores que interferem e ocasionaram estes resultados, e que sejam desenvolvidas mais políticas públicas, eficientes e eficazes, e que sejam implantadas não somente nessas regiões estudadas, como também nas demais regiões do estado do Ceará. Enquanto Jardim apresenta 2 homicídios em 2013, Juazeiro apresenta 140, com taxa de óbitos por 100 mil habitantes



equivalente a 53,58%. A segurança pública é um fator vital a ser observado pelos órgãos competentes.

De uma forma geral das dimensões analisadas por municípios, Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha apresentam desempenho aceitável, cujo triângulo é formado pelas cidades consideradas melhores desenvolvidas

da região. Os demais municípios, Missão Velha, Caririçu, Jardim, Farias Brito e Nova Olinda, apresentam-se em situação de alerta, seguido por Santana do Cariri, que apresenta situação crítica quando comparada a outros municípios da região, a qual pertence os menores índices nas 3 dimensões analisadas (Tabela 6).

Tabela 6. Conjunto de Indicadores da Dimensão Social, Ambiental e Econômica nos municípios da Região Metropolitana do Cariri Cearense

Município	Dimensão			Média	Desempenho
	Social	Ambiental	Econômica		
Santana do Cariri	0,263	0,198	0,234	0,232	Situação crítica
Jardim	0,428	0,257	0,345	0,343	Situação de alerta
Nova Olinda	0,473	0,281	0,350	0,368	Situação de alerta
Farias Brito	0,547	0,291	0,349	0,396	Situação de alerta
Caririçu	0,367	0,547	0,395	0,437	Situação de alerta
Missão Velha	0,429	0,612	0,518	0,520	Situação aceitável
Barbalha	0,602	0,692	0,565	0,620	Situação aceitável
Crato	0,696	0,600	0,586	0,627	Situação aceitável
Juazeiro do Norte	0,641	0,546	0,756	0,647	Situação aceitável

Santana do Cariri apresenta situação crítica, os demais dividem-se entre situação de alerta ou aceitável. Da mesma forma, Macedo et al. (2016), aplicando o índice de desenvolvimento sustentável ao estado do Mato Grosso do Sul, identificou que a maioria dos municípios daquele estado encontravam-se em estado de alerta dentro das dimensões avaliadas.

Na dimensão social, o município de Crato apresenta o maior índice comparado aos demais municípios. Na dimensão ambiental, o município de Barbalha se destaca com o maior índice. A dimensão econômica é mais expressiva no município de Juazeiro do Norte. Isto pode estar diretamente relacionado com a religiosidade que impulsiona um fluxo constante de visitantes e romeiros e acaba ocasionando um crescimento econômico expressivo no município.

O desenvolvimento regional sustentável é um tema fundamental que deve ser discutido em todas as cidades, principalmente as de países subdesenvolvidos que necessitam de estratégias para fomentar o seu desenvolvimento. Para Sachs (2008), faz-se necessário abordar os problemas sociais de maneira holística, não se detendo apenas no manejo da gestão dos recursos naturais, mas também às possibilidades de transformações do padrão civilizatório contemporâneo.

Martins e Cândido (2012), aplicaram uma metodologia semelhante para inferir o

nível de sustentabilidade dos municípios da Paraíba e concluíram que, os índices de desenvolvimento sustentável podem contribuir para a viabilização do desenvolvimento sustentável, por retratar a realidade local e a gerar informações para a formulação e obtenção de objetivos sustentáveis.

### Conclusão

Dentro dos parâmetros analisados, os municípios mais desenvolvidos da região, como de conhecimento geral, foram Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha e Missão Velha respectivamente. Santana do Cariri foi o município constatado que necessita de maior atenção do poder público, em diversos setores.

### Referências

- ABRAMOVAY, R. Desenvolvimento sustentável: qual a estratégia para o Brasil?. Novos estudos - CEBRAP, n.87, p.97-113, 2010.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. Brasília, 2002. 153p. Disponível em: <[http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro\\_atlas.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/livro_atlas.pdf)> Acesso em: Agosto de 2019.
- BRANDÃO, R. L. Geodiversidade do estado do Ceará. Fortaleza: CPRM, 2014. 214p.
- CARVALHO, P. G. M. de; BARCELLOS, F. C. Construindo indicadores de sustentabilidade. Indicadores Econômicos FEE, v.37, n.1, p.1-14, 2009.

- CARVALHO, P. G. M. de; BARCELLOS, F. C. Os objetivos de desenvolvimento do Milênio: uma avaliação crítica. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, 2015. 52p.
- FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável: desvendando as sobreposições e alcances de seus significados. Cadernos EBAPE.BR, v.15, n.3, p.667-681, 2017.
- HOLANDA, V. C. C.; AMORA, Z. B. Cidades médias do Ceará, Estado do Nordeste do Brasil, e suas dinâmicas contemporâneas. Revista Geográfica de América Central, v.2, n.47, p.1-13, 2011.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico e Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 2015. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5801>> Acesso em: nov. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores de desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro, 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: 2 ed., 2004. 344p.
- IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. Anuário estatístico do Ceará 2016. Disponível em: <<http://www2.ipece.ce.gov.br/publicacoes/anuario/anuario2017>> Acesso em: nov. 2018.
- JARA, C. J.; SOUTO, M. V. M. As Dimensões Intangíveis do Desenvolvimento Sustentável. Brasília: IICA, 2001. 352p.
- MACEDO, L. O. B.; CÂNDIDO, G. A.; DE AGUIAR COSTA, C. G.; DA SILVA, J. V. F. Avaliação da sustentabilidade dos municípios do estado de Mato Grosso mediante o emprego do IDSM – índice de desenvolvimento sustentável para municípios. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v.12, n.3, p.323-345, 2016.
- MACEDO, N. M. M. N.; CANDIDO, G. A. Índice de Desenvolvimento Sustentável Local e suas influências nas políticas públicas: um estudo exploratório no município de Alagoa Grande-PB. Gest. Prod. São Carlos, v.18, n.3, p.619-632, 2011.
- MARTINS, F.; CÂNDIDO, G. Índices de desenvolvimento sustentável para localidades: uma proposta metodológica de construção e análise. Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental, v.6, n.1, p.03-19, 2012.
- MDS. Ministério do Desenvolvimento Social. Bolsa Família e Cadastro Único no seu Município. Disponível em: <<http://www.mds.gov.br/bolsafamilia>>. Acesso em: nov. 2018.
- MS. Ministério da Saúde. Indicadores e Dados Básicos - Brasil - 2012. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2012/matriz.htm>> Acesso em: nov. 2018.
- OPAS. Organização Pan-Americana de Saúde. Água e Saúde. 2001. Disponível em: [https://www.paho.org/bra/index.php?option=com\\_docman&view=document&layout=default&alias=203-agua-e-saude-3&category\\_slug=saude-e-ambiente-707&Itemid=965](https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_docman&view=document&layout=default&alias=203-agua-e-saude-3&category_slug=saude-e-ambiente-707&Itemid=965). Acesso em: agosto de 2019.
- SACHS, I. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável. 3ª edição. Rio de Janeiro: Ed. Garamond, 2008. 95p.
- SICHE, R.; AGOSTINHO, F.; ORTEGA, E.; ROMEIRO, A. Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. Ambiente & Sociedade, v.10, n.2, p.137-148, 2007.
- SILVA, M. G.; CÂNDIDO, G. A.; MARTINS, M. F. Método de construção do índice de desenvolvimento local sustentável: uma proposta metodológica e aplicada. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, v.11, n.1, p.55-72, 2009.
- TOKARNIA, M.; OLIVEIRA, K. Relatório da OCDE sugere ao Brasil aumentar o investimento para poder crescer. Brasília, 2018. Disponível em: <http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2018-02/ocde-recomenda-aumento-no-investimento-para-o-brasil-poder-crescer>. Acesso em: agosto de 2019.
- VEIGA, J. E da. Para entender o Desenvolvimento Sustentável. São Paulo: Ed.34, 2015. 232p.
- WOLFFENBÜTTEL, A. O que é? Índice de Gini. Desafios do Desenvolvimento. Brasília: IPEA. 2004. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com\\_content&id=2048:catid=28&Itemid=23](http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2048:catid=28&Itemid=23). Acesso em: agosto de 2019.

**Capítulo 18****CONFORTO TÉRMICO E PRODUTIVIDADE LEITEIRA EM PROPRIEDADE DE REGIÃO SEMIÁRIDA, NO MUNICÍPIO DE BARBALHA, CEARÁ****Mirelle Tainá Vieira Lima<sup>1</sup>****José Valmir Feitosa<sup>2</sup>****Maria Tamyres Barbosa do Nascimento Conrado<sup>3</sup>****Carlos Wagner Oliveira<sup>4</sup>****Antonio Nelson Lima da Costa<sup>5</sup>**<sup>1</sup>Mestranda em Desenvolvimento Regional Sustentável, UFCA, Crato-CE, mirellet.vieira@gmail.com<sup>2,4,5</sup>Dr. Prof. Associado, UFCA, Crato-CE, valmir.feitosa@ufca.edu.br<sup>3</sup>Graduanda em Agronomia, UFCA, Crato-CE, tamyres.nexa@gmail.com

carlos.oliveira@ufca.edu.br; nelson.costa@ufca.edu.br

**Introdução**

O gado bovino está presente no Brasil desde os primeiros anos da colonização portuguesa. Conforme Schlesinger (2017), historiadores indicam a pecuária bovina como a principal responsável por desenhar os contornos da atual extensão territorial do Brasil, devido a sua importância econômica ao longo do tempo.

Atualmente, a bovinocultura vem passando por modificações intensas nos seus meios de produção, tecnologias e produtividade das raças, através do melhoramento genético, nutrição, controle da sanidade, bem estar animal, dentre outros aspectos. O avanço dos estudos relacionados a estas áreas têm favorecido a melhora no desempenho da produção e adaptação animal.

De acordo com a CONAB (2018), o Brasil é o quinto maior produtor mundial de leite, responsável por cerca de 7% do leite produzido no mundo, e estima-se ter alcançado a produção de 33,6 milhões de toneladas em 2016, com previsão de aumentar 1%, alcançando 34,9 milhões de toneladas em 2017.

Contudo, o aumento da produtividade das fazendas leiteiras no Brasil deve-se principalmente a difusão de material genético oriundo da Europa e América do Norte, que são, portanto, de animais adaptados a climas temperados, o que constitui uma limitação à produtividade em algumas regiões do país. Apesar da região semiárida do Nordeste brasileiro ter a criação de ruminantes como a principal parcela da produção animal, a zona de clima semiárido é caracterizada por altas taxas de radiação solar e temperatura na maior parte do ano, causando desconforto térmico a estes animais, sobretudo às raças mais produtivas

oriundas de clima temperado (SOUSA JÚNIOR et al., 2008).

A produção de bovinos na pecuária brasileira se dá basicamente por sistemas extensivos de criação. Para Cattelam (2013), este fator em que os animais são submetidos torna-os bastante susceptíveis aos problemas decorrentes das intempéries climáticas. No Nordeste do Brasil, o regime de chuvas é caracterizado pela sua grande variabilidade no tempo e no espaço, enquanto a temperatura sofre poucas variações ao longo do ano, mantendo-se elevada (TOSETTO, 2014). É importante ressaltar que, tanto a produção quanto a sobrevivência de um animal depende de sua capacidade em manter estável a sua temperatura corporal, dentro de limites adequados (BRIDI, 2010).

Para Bond et al. (2012), a viabilidade da pecuária leiteira nacional com vistas para a qualidade de vida dos animais no Brasil, ainda é um assunto desconhecido pela escassez de publicações nesta área. É preciso aprofundar o conhecimento sobre a biologia da espécie de interesse e definir limites éticos, visto que, grande parte da discussão acerca do bem-estar animal está em torno da responsabilidade humana, de suas ações praticadas e o que poderia fazer a respeito, o que constitui, portanto, uma questão ética.

No momento atual, os produtos derivados de animais criados com bem estar possuem valores agregados, tanto nos aspectos éticos, quanto econômicos, atendendo à um público específico de consumidores (BOND et al., 2012). Para Costa (2004), é possível desenvolver práticas de criação que aliem bons índices de produtividade e alta qualidade do produto ao bem-estar dos animais.

Diante desta problemática, o presente trabalho se propõe a inferir o nível de conforto térmico animal através do índice de temperatura e umidade (ITU), e a sua influência sobre a produção leiteira e o consumo alimentar de bovinos em uma propriedade no município de Barbalha, Ceará.

### Material e Métodos

A área de estudo, a fazenda Mata dos Araçás, localizada nas coordenadas geográficas

7°17'15.2"S e 39°19'45.6"W (Figura 1) inserida no município de Barbalha, que apresenta clima Tropical Semiárido, temperatura que varia de 24 a 26°C e pluviosidade média anual de 1.153 mm/ano, com período chuvoso concentrado de janeiro a abril. Conforme a classificação Koppen-Geiger é a área apresenta clima do tipo Aw, e a classificação conforme Thornthwaite como B1 W A' a' (LIMA, 2017).



Figura 1. Imagem espacial da fazenda Mata dos Araçás, município de Barbalha. Fonte: Google Earth (2017).

A fazenda Mata dos Araçás possui uma área total de 100 ha, a qual comporta um rebanho de 210 cabeças, com média de 55 fêmeas bovinas da raça Girolando (3/4 Holandês 1/4 Gir e 7/8 Holandês 1/8 Gir), mantidas em lactação, cuja produção é distribuída na região. As vacas são mantidas em sistema extensivo e ordenhadas em instalações modernas, 2 vezes por dia, às 2:00 e às 14:00 horas. A escrituração zootécnica é feita por meio de planilhas de Excel, onde é realizado o controle da produção das vacas que são identificadas individualmente, bem como a identificação do estágio da criação (vaca seca, lactação, descarte), dentre outros fatores.

Foram obtidos dados acerca da pesagem do leite, temperatura e umidade locais, os quais foram coletados e tabelados utilizando o Excel para realização das análises estatísticas dos mesmos. Os dados de temperatura e umidade foram obtidos por meio de 2 termohigrômetros instalados, interna e externamente no galpão de ordenha, durante todo o ano. Semanalmente, eram anotadas a temperatura máxima e mínima

da fazenda, duas vezes durante a madrugada (03:00 e 04:00h), e duas vezes durante à tarde (13:00 e 14:00 h), com posterior obtenção de média para os períodos da manhã e tarde.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) constitui um método eficaz e prático, largamente utilizado em todo o mundo para estudos de bioclimatologia, incluindo a análise do nível de bem-estar de vacas em lactação. Para o cálculo do ITU foram utilizadas a temperatura ambiente (TA) e a umidade relativa do ar (UR), visto que a temperatura e umidade relativa do ar são os principais elementos climáticos que influenciam o estresse térmico em bovinos leiteiros. Os dados foram calculados de acordo com a Equação 1, adaptada por Buffington (1981).

$$ITU = (0,8 \cdot TA + (UR\%) \cdot (TA - 14,4) + 46,4) \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: TA: Temperatura do ambiente, °C; UR: Umidade relativa do ar (%).

Há certa aproximação de valores do ITU para indicar conforto ou estresse térmico entre

os pesquisadores (COSTA, 2014), como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação de conforto térmico para bovinos através do ITU, segundo diversos autores

Autor	Conforto	Alerta	Perigo	Emergência
Rosenberg et al. (1983)	< 75	75 - 78	79 - 83	> 83
Hahn (1985)	< 71	71 - 78	79 - 83	> 83
Baêta (1985)	< 74	74 - 78	79 - 84	> 84
Du Prez et al. (1990)	< 72	72 - 78	79 - 82	> 82
Júnior (2001)	< 70	70 - 72	72 - 82	> 82
Brown-Brandl et al. (2005)	< 74	74 - 78	78 - 84	> 84
Assís et al. (2016)	< 74	74 - 78	78 - 84	> 84

Neste trabalho foi considerada a classificação proposta por Pires e Campos (2004), onde o ITU Inferior a 70: Normal (os animais encontram-se numa faixa de temperatura e umidade ideal para seu desempenho produtivo); Maior que ou igual a 70 e menor que ou igual a 72: alerta (as condições climáticas estão no limite para o bom desempenho produtivo); Maior que 72 e menor que ou igual a 78: alerta, e acima do índice crítico para a produção de leite (nesta faixa, o desempenho produtivo está comprometido); Maior que 78 e menor que ou igual a 84: perigo (todas as funções orgânicas dos animais estão comprometidas); Superior a 84: emergência (providências urgentes devem ser tomadas).

A Estimativa da Redução do Consumo Alimentar (RCA), fornece a caracterização dos períodos críticos para a produção. A partir dos valores do índice de temperatura e umidade (ITU), também foi quantificada a redução do consumo alimentar dos animais leiteiros, expressa em  $\text{kg animal}^{-1} \text{d}^{-1}$ , a partir da equação citada por Hahn e Osburn (1969), conforme Equação 2. Esta fórmula permite estimar o quanto o animal reduz o seu consumo de alimento em função do aumento da temperatura e umidade relativa do ambiente.

$$\text{RCA} = -28,23 + 0,391 * \text{ITU} \text{ (Eq. 2)}$$

A Estimativa do Declínio da Produção de Leite (DPL) segue Hahn e Osburn (1969), e determina o quanto que as vacas deixaram de produzir de leite, em  $\text{kg animal}^{-1} \text{d}^{-1}$ , utilizando a Equação 3.

$$\text{DPL} = -1,075 - 1,736 \times \text{PN} + 0,02474 \times \text{PN} \times \text{ITU} \text{ (Eq. 3)}$$

Onde: DPL - é o declínio na produção de leite ( $\text{kg.dia}^{-1}$ ); PN é o Nível Normal de Produção ( $\text{kg.dia}^{-1}$ ), expresso em Kg por animal; PN - é o Nível Normal de Produção (considera os valores médios de produção de determinada região), dado em  $\text{kg animal}^{-1} \text{d}^{-1}$ .

O PN utiliza um valor padrão preestabelecido como referência para representar uma situação em que o animal apresenta produtividade normal, sob condições de termoneutralidade. Para este trabalho foi considerado os valores de PN de  $10 \text{ kg animal}^{-1} \text{d}^{-1}$ .

## Resultados e Discussão

Os resultados do ITU na propriedade estudada, dentro e fora do galpão, para os períodos da manhã e da tarde, estão expostos na Figura 2.

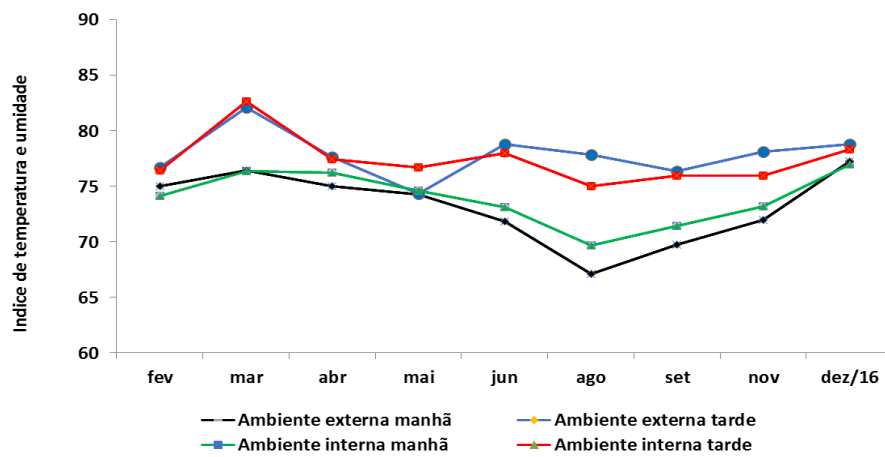


Figura 2. Índice de temperatura e umidade (ITU) médio mensal no período entre fevereiro e dezembro de 2016.

Como observa-se na Figura 2, tanto o ambiente interno como externo à tarde, ultrapassam a faixa ideal de conforto térmico, exceto no mês de maio. Durante o período da manhã, na maior parte dos casos, o ITU não excede a faixa de conforto, apresentando apenas uma elevação de agosto para dezembro. Observa-se que, o mês de agosto apresenta maior diferença de ITU entre os períodos manhã e tarde. Walker et al. (2018), relacionando os níveis de temperatura e umidade ao bem-estar de bovinos confinados em eventos agropecuários, observaram que, o horário da tarde é o que apresenta os maiores valores de ITU ao longo do dia.

O índice do ITU pode auxiliar na detecção de perdas na produção, deficiências reprodutivas e distúrbios na aclimação dos

animais (COSTA, 2014). Martfello (2006) e Bertoneceli et al. (2013), asseguram que, vacas holandesas apresentam situação de estresse e queda de produção de leite com valores de ITU acima de 72. Igono et al. (1992), consideram estressante para vacas com alta produção de leite, um ITU acima de 76. Em contrapartida, Zimelman et al. (2009), Collier et al. (2012) e Dalcin (2013) afirmam que, os reflexos negativos na produtividade em raças europeias de alta produção, como o declínio da produção de leite em vacas leiteiras, podem ser observados em ITU acima de 68.

A sensibilidade das vacas ao estresse térmico está bem evidenciada na fazenda, como pode-se observar na Figura 3, quando se compara a produção de leite nos 2 períodos estudados, ao longo do ano.

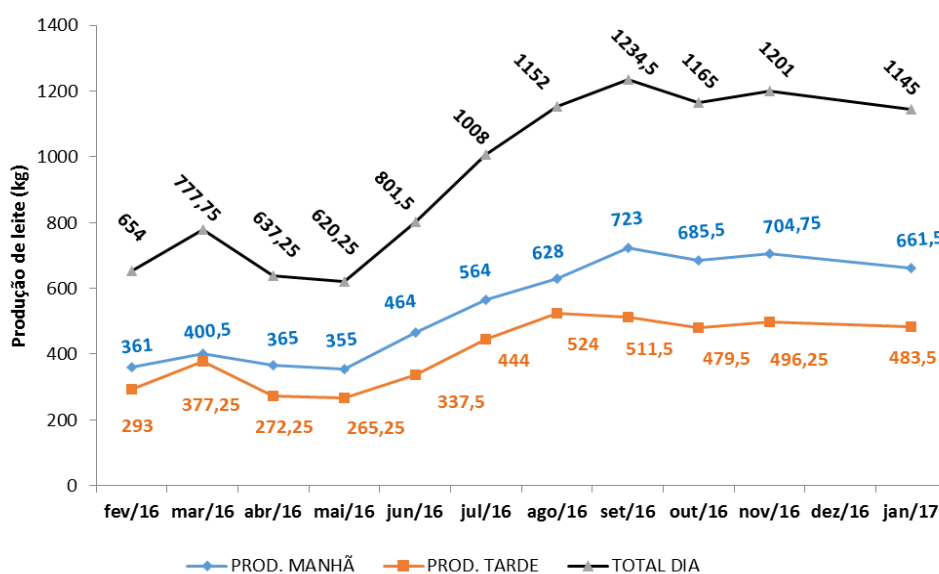


Figura 3. Produção média diária de leite nos períodos da manhã e da tarde, entre fevereiro de 2016 e janeiro de 2017.

Em todos os meses, a produção da manhã é superior à da tarde. O mês de março alcança o maior índice de ITU de 2016, tanto pela manhã quanto à tarde, e o provável reflexo é a produção da manhã se aproximar a da tarde. A queda do nível de ITU de junho a agosto,

preponderantemente durante a manhã, resulta no aumento da produção de leite.

Na Figura 4 observa-se o resultado da análise do declínio da produção de leite (DPL) do ano de 2016.

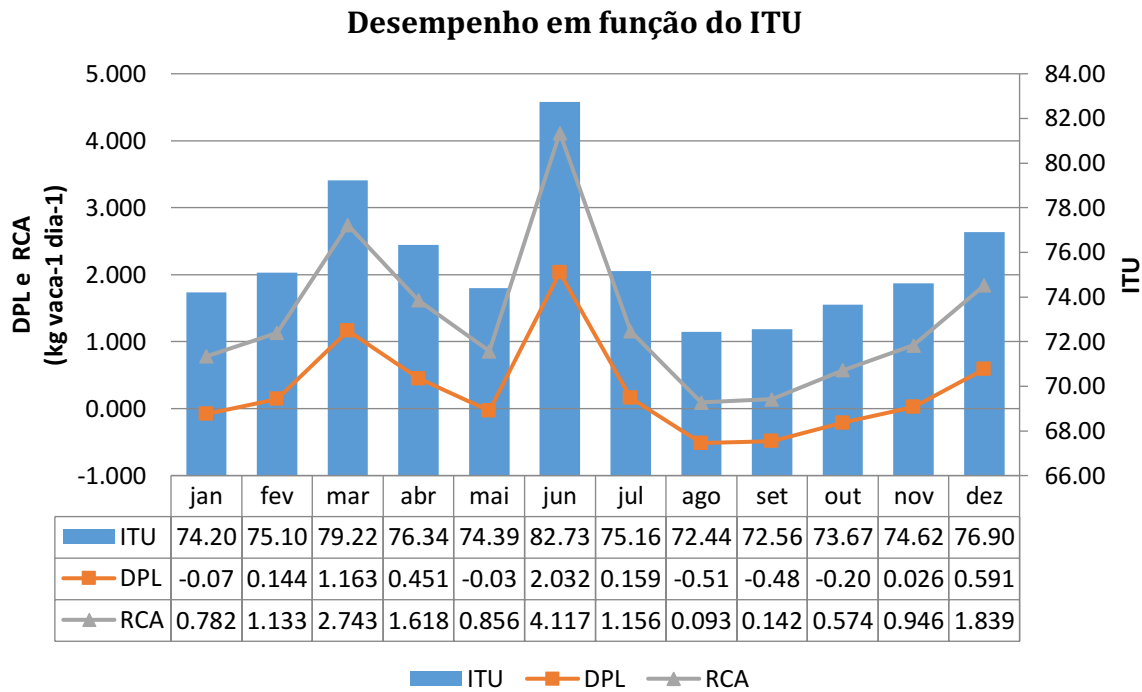


Figura 4. Oscilação do índice de temperatura e umidade (ITU) médio, declínio da produção de leite (DPL) e redução do consumo alimentar (RCA), ao longo do ano de 2016.

Observa-se que há harmonia entre os dados de DPL e RCA, que variam de acordo com o ITU ao longo do ano. Ambas as variáveis apresentam crescimento de janeiro a março, seguido de queda constante até maio, para logo em seguida alcançar o pico no mês de junho, caindo novamente até agosto e depois mantendo uma alta constante até dezembro. Nota-se que, quanto maior o ITU, maior a redução do consumo alimentar, e

consequentemente, maior o declínio de produção de leite.

Silva et al. (2009), avaliando o impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do estado de Pernambuco, observaram que, a intensificação do estresse térmico levou à diminuições na produção de leite e no consumo alimentar dos animais, especialmente em vacas de maior produtividade. A média de produção de leite por vaca pode ser observada na Figura 5.

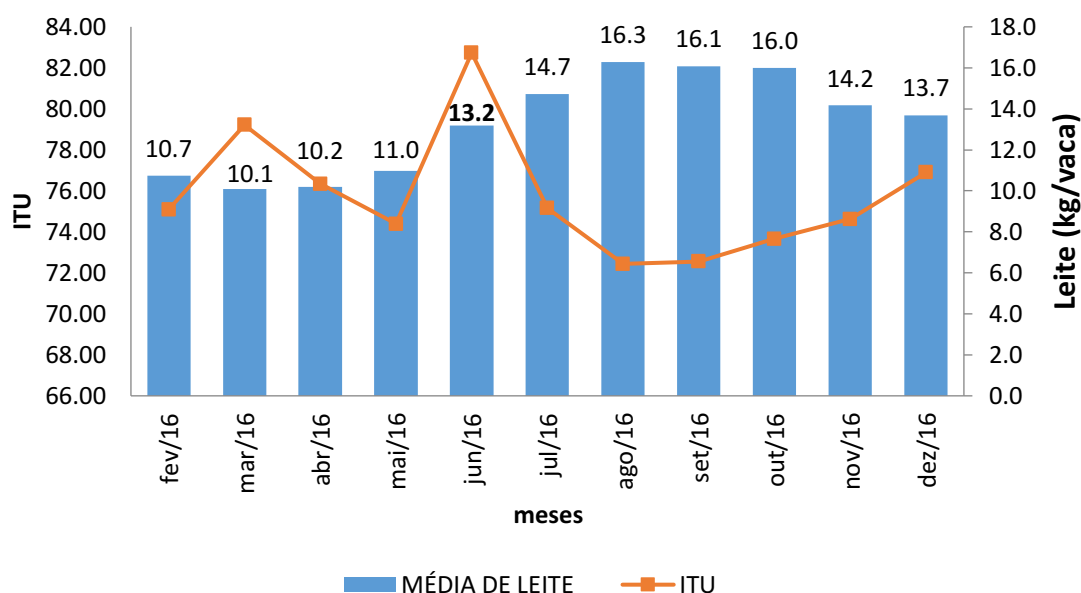


Figura 5. Média da produção de leite, por vaca, comparada ao ITU médio no período entre fevereiro de 2016 e julho de 2017.

A produção nos primeiros meses inicia baixa em fevereiro, com a produção média de 10,73 kg/vaca, até alcançar o seu pico em setembro com 16,29 kg/vaca, acompanhada da queda do ITU. O número de vacas em lactação durante esses meses varia de 50 a 77 vacas.

Apesar do município de Barbalha possuir um clima mais ameno que a maioria das cidades próximas, o aumento médio de cerca de 10 e 5 unidades de ITU, respectivamente, nos ambientes externo e interno, promove uma queda na produção de mais de 200 kg de leite por dia, com mesma quantidade de animais. Em junho, estima-se que o declínio na produção de leite chega a 2,030 kg/vaca e uma redução de consumo alimentar por vaca de 4,117 kg. Esses valores estão de acordo com os obtidos por Johnson (1980), que observou declínio na produção de leite, à medida que o ITU aumentou.

De acordo com Turco et al. (2006), essas perdas podem ser justificadas pelo fato de que, a elevação da temperatura favorece o aumento da atividade metabólica no animal, ao mesmo tempo, a alta digestibilidade e o metabolismo das grandes quantidades de nutrientes que estas consomem, promovem uma intensa produção de calor, que por sua vez induz a redução do consumo a fim de diminuir a temperatura do organismo e, conseqüentemente, causa a queda na produtividade. Deste modo, as vacas das raças especializadas, de média e alta produção de leite, são especialmente sensíveis ao estresse

térmico, já que sua função exige alta eficiência na utilização dos alimentos.

### Conclusão

Em média, o índice de temperatura e umidade mensal na fazenda variou entre 72 em agosto e setembro, que circula entre estado de alerta e estado de conforto térmico, e 82,73 no mês de junho, cujo valor representa um grande perigo à saúde e bem-estar animal. A produção de leite esteve intimamente ligada às variações do ITU, bem como a redução do consumo alimentar, e o conseqüente declínio de produtividade.

### Referências

- BAËTA, F. C.; SOUZA, C. F. Ambiência em edificações rurais - conforto animal. 246f. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1997.
- BOND, G. B.; ALMEIDA, R. de; OSTRENSKY, A.; MOLENTO, C. F. M. Métodos de diagnóstico e pontos críticos de bem-estar de bovinos leiteiros. *Ciência Rural*, v.42, n.7, p.1286-1293, 2012.
- BROWN-BRANDL, T. M.; EINGENBERG, R. A.; NIENABER, J. A. H. G. L. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle. Part 1: Analyses of indicators. *Byossistem Engineering*, v.90, n.4, p.451-462, 2005.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H; PITY, D.; TAHTCHER, W. W.; COLLIER, R. J. Black globe-humidity index (ITGU) as confort equation for dairy cows.



- Transactions of ASAE, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CATTELAM, J.; VALE, M. M. Estresse térmico em bovinos. Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias, v.108, p.96-102, 2013.
- COLLIER, R. J.; DAHL, G. E.; VANBAALE, M. J. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. J. Dairy Sci., v.89, p.1244-1253, 2006.
- COLLIER, R. J.; HALL, L. W.; RUNGRUANG, S.; ZIMBLEMAN, R. B. Quantifying heat stress and its impact on metabolism and performance. Department of Animal Sciences University of Arizona, p. 68, 2012.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Pecuária leiteira: análise dos custos de produção e da rentabilidade nos anos de 2014 a 2017. Compêndio de Estudos Conab. v.16. Brasília-DF, 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/institucional/publicacoes/compendio-de-estudos-da-conab>. Acesso em: Agosto de 2018.
- COSTA, A. N. L. Estresse térmico em fêmeas bovinas Girolando:  $\frac{3}{4}$ Holandês  $\frac{1}{4}$ Gir vs.  $\frac{1}{2}$ Holandês  $\frac{1}{2}$ Gir, criadas em clima semiárido no estado do Ceará. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Ceará. 2014.
- COSTA, M. J. R. P. da. Comportamento e bem-estar de bovinos e suas relações com a produção de qualidade. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41, 2004, Campo Grande. Anais... Campo Grande, 2004. p.260-268.
- DALCIN, V. C. Parâmetros Fisiológicos em bovinos leiteiros submetidos ao estresse térmico. 34f. Dissertação (Mestrado). Curso de Zootecnia, Produção Animal. Faculdade de Agronomia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- DU PREEZ, J. D.; GIESECKE, W. H.; HATTINGH, P. J.; EISENBERG, B. E. Heat stress in dairy cattle and other livestock under Southern African conditions. II. Identification of areas of potential heat stress during summer by means of observed true and predicted temperature-humidity index values. Onderstepoort J. Vet. Res., v.57, p.183-187, 1990.
- HAHN, G. L. Compensatory performance in livestock: influences. In: YOUSEF, M. K. Stress physiology. Boca Raton: CRC Press, v.2. p.52-145, 1985.
- LIMA, M. T. V.; MEIRELES, A. C.; DE OLIVEIRA, C. W.; DO NASCIMENTO, M. T. Koppen-Geiger and Thornthwaite climatic classification for the metropolitan region of the Cariri, Ceará. Revista Geama, v.3, n.3, p.136-143, 2017.
- PIRES, M. de F. A.; CAMPOS, A. T. de. Modificações ambientais para reduzir o estresse calórico em gado de leite. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 6p. (Embrapa Gado de Leite. Comunicado Técnico, 42.).
- SCHLESINGER, S. O gado bovino no Brasil. Rio de Janeiro: FASE, 2010. Disponível em: [http://br.boell.org/sites/default/files/downloads/Texto\\_Gado\\_Boll\\_2009-4.pdf](http://br.boell.org/sites/default/files/downloads/Texto_Gado_Boll_2009-4.pdf). Acesso em: 16 de maio 2017.
- SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; SÁ, I. I. S.; ZOLNIER, S.; TURCO, S. H. N.; JUSTINO, F.; DO CARMO, J. F. A.; SOUSA JÚNIOR, S. C. de; MORAIS, D. A. E. F.; VASCONCELOS, M. de; NERY, K. M.; MORAIS, J. H. G.; GUILHERMINO, M. M. Características termorreguladoras de caprinos, ovinos e bovinos em diferentes épocas do ano em região semiárida. Revista Científica de Produção Animal, v.10, n.2, p.127-13, 2008.
- SOUZA, L. S. B. Impactos das mudanças climáticas na produção leiteira do Estado de Pernambuco: análise para os cenários B2 e A2 do IPCC. Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, n.4, 489-501, 2009.
- THOM, E. C. The discomfort index. Weatherwise, v.12, n.1, p.57-70, 1959.
- TOSETTO, M. R.; MAIA, A. P. A.; SARUBBI, J.; ZANCANARO, B. M. D.; LIMA de, C. Z.; SIPPERT, M. R. Influência do macroclima e do microclima sobre conforto térmico de vacas leiteiras. J. Anim. Behav. Biometeorol., v.2, n.1, p.6-10, 2014.
- TURCO, S. H. N.; SILVA, T. G. F.; SANTOS, L. F. C. DOS; RIBEIRO, P. H. B.; ARAÚJO, G. G. L.; HOLANDA JÚNIOR, E. V.; AGUIAR, M. A. Zoneamento bioclimático para vacas leiteiras no estado da Bahia. Engenharia Agrícola, v.26, p.20-27, 2006.
- WALKER, N. R.; MARTINS, L. E.; DAL SOTO, U. P.; CUNHA, S. H. M. Níveis de temperatura e umidade relacionados ao bem-estar de bovinos confinados em eventos agropecuários. Revista de Ciências Agroveterinárias e Alimentos, n.2, 2018.

### **Curriculum dos Organizadores**

**Paulo Roberto Megna Francisco:** Pós Doutor em Ciência do Solo pela UFPB. Doutor em Engenharia Agrícola – Irrigação e Drenagem pela UFCG. Mestre em Manejo de Solo e Água pelo CCA/UFPB. Graduado pela UNESP como Tecnólogo Agrícola com especialização em Mecanização. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Participa de Projetos de Pesquisa e Extensão juntamente com a EMBRAPA-Algodão, UFPB-Campus João Pessoa, UFCG-Campus Sumé, IFPB-Campus Campina Grande e Campus Picuí. Ministrou as disciplinas de Mecanização Agrícola, Máquinas e Motores Agrozootécnicos e Máquinas e Motores Agrícolas no CCA/UFPB. Atualmente presta consultoria para o INCRA/PB na realização de PDA's. Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do Congresso Técnico Científico da Engenharia e Agronomia – CONTECC.

**Virgínia Mirtes de Alcântara Silva:** Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade do Vale do Acaraú-CE em 2010, Doutoranda e Mestre em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, Especialista em Geoambiência e Recursos Hídricos do Semiárido pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, Especialista em Geografia e Gestão Ambiental pela Universidade Integrada de Patos - FIP. Trabalha com temas vinculados a sensoriamento remoto e SIG, desertificação, restauração ecológica, recuperação de áreas degradadas e características climatológicas da região semiárida do Brasil. Atualmente trabalha com temas vinculados a eventos extremos de chuva e sua relação com desastres ambientais relacionados ao movimento de massa.

**Guttemberg da Silva Silvino:** Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba, mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba e doutorado em RECURSOS NATURAIS pela UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. Atualmente é Professor da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, lotado no Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciências Agrárias, Campus II - Areia-PB e Coordenador do Setor de Engenharia Rural do DSER. Tem experiência na área de Engenharia, com ênfase em Recursos Hídricos. Atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão de Recursos Hídricos, Sistema de Apoio a Decisão, Topografia e Geoprocessamento.

**George do Nascimento Ribeiro:** Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).



® Portal Tecnológico  
de Divulgação Científica  
Eventos, Pesquisas e Inovação



 **CNPq**  
Conselho Nacional de Desenvolvimento  
Científico e Tecnológico

  
**CAPES**



978-85-60307-49-4