



Estudos e Inovações na Engenharia e Agronomia

v.1 2020

Estudos e Inovações
na Engenharia e Agronomia
v.1

E829 Estudos e Inovações na Engenharia e Agronomia v.1/ Organizadores:
Francisco et al.

— Campina Grande: EPTEC, 2020.
93 f.: il. color.

ISBN: 978-65-00-01182-1

1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Ideias Inovadoras. 4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Ayres, Gypson Dutra Junqueira. III. Silva, Virgínia Mirtes de Alcântara. 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)

Estudos e Inovações na Engenharia e Agronomia v.1

Paulo Roberto Megna Francisco
Gypson Dutra Junqueira Ayres
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva
(Organizadores)

**Estudos e Inovações
na Engenharia e Agronomia
v.1**



1.a Edição
Campina Grande-PB
2020

• • •
3

Realização

® Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



Apoio



Universidade Federal
de Campina Grande



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE ALAGOAS



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



SUMÁRIO

Capítulo 1	6
<i>CONSUMO VIRTUAL DE ÁGUA: ESTUDOS DE CASOS NO SERTÃO PARAIBANO</i>	6
Capítulo 2	21
<i>EFEITOS DAS FIBRAS DE PSYLLIUM NO PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE BOLO DE ARROZ SEM GLÚTEN</i>	21
Capítulo 3	26
<i>MODELOS DE REGRESSÃO POTENCIAL PARA ESTIMATIVA DO VOLUME E ÁREA SUPERFICIAL DE OVOS DE GALINHAS</i>	26
Capítulo 4	33
<i>PASSOS NA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE <i>Moringa oleifera</i></i>	33
Capítulo 5	43
<i>VOLUME DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE PASSOS-MG</i>	43
Capítulo 6	52
<i>PRODUTIVIDADE DE MILHO EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE ADUBAÇÃO</i>	52
Capítulo 7	61
<i>UTILIZAÇÃO E ANÁLISE DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS COM PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS APLICADO A DADOS DE PRECIPITAÇÃO</i>	61
Capítulo 8	68
<i>PREDIÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS SOBRE A CINÉTICA DE SECAGEM DE FATIAS DE PÊSSEGO</i>	68
Capítulo 9	75
<i>AJUSTE DOS MODELOS MATEMÁTICOS NA CINÉTICA DE SECAGEM DOS RESÍDUOS DE UVA CV. “ISABEL”</i>	75
Capítulo 10	82
<i>NÍVEIS DE SATISFAÇÃO EM RELAÇÃO AO IV SIMPÓSIO DE ESTUDOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS NA UTFPR LONDRINA</i>	82
<i>Curriculum dos Organizadores</i>	93

Capítulo 1

CONSUMO VIRTUAL DE ÁGUA: ESTUDOS DE CASOS NO SERTÃO PARAIBANO

Patrícia da Silva Costa¹
Renner Luciano de Souza Ferraz²
Luana Lucas de Sá Almeida Veloso³
Ivomberg Dourado Magalhães⁴
José Dantas Neto⁵

¹Doutoranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, patriciagroambiental@gmail.com

²Dr. Prof., UEPB, Lagoa Seca-PB; PDJ, UFCG, Campina Grande-PB, ferragroestat@gmail.com

³Doutoranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, luana_lucas_15@hotmail.com

⁴Dr. PNPd, UFAL, Maceió-AL, ivomberg31@hotmail.com

⁵Dr. Prof., UFCG, Campina Grande-PB, zedantas1955@gmail.com

Introdução

A escassez severa de água está afetando cerca de meio bilhão de pessoas em todo o mundo, tornando-se um desafio significativo para o desenvolvimento econômico e da qualidade de vida em muitas regiões de clima árido e semiárido, como o nordeste brasileiro. Diante disso, para mitigar a escassez de água regional é pertinente incorporar os conceitos de água virtual e pegada hídrica, que tem atraído atenções crescentes nos últimos anos (TEIXEIRA et al., 2020; XU et al., 2020).

A estimativa da pegada hídrica (PH), é um instrumento que mede a quantidade de água consumida para produzir bens e serviços, e pode ser usada para quantificar os impactos das atividades humanas nos recursos hídricos, além de oferecer uma base científica para manter a segurança dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas e melhorar a eficiência da utilização regional da água (ZHU et al., 2020).

Nessa conjuntura, é importante mencionar o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), administrado pelo Governo Federal no âmbito da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (SNSA) do Ministério das Cidades (MCID), que efetua o levantamento de dados observados em termos de consumo médio per capita de água (litros habitante⁻¹ dia⁻¹) sem, contudo, fazer menção à finalidade de uso desta água. Em Catolé do Rocha, PB, o consumo per capita é da ordem de 140,9 litros habitante⁻¹ dia⁻¹, já em Patos, PB, o consumo é de 139,0 litros habitante⁻¹ dia⁻¹ (DEEPASK, 2013), não havendo relatos precisos sobre o consumo virtual de água, denotando a necessidade de estudos sobre esta modalidade

de consumo por meio da estimativa da pegada hídrica.

Desse modo, o diagnóstico do consumo de água virtual de habitantes de uma cidade, bem como, de pessoas em ambientes acadêmicos pode gerar indicadores preponderantes para identificação de ações educativas com alto índice de sucesso. Entretanto, cabe a observância de que os dados gerados a partir da subjetividade das pessoas integrantes dos grupos amostrais podem apresentar elevada dispersão e invalidar o método de análise estatístico empregado para análise destes dados, fazendo-se necessário que se busque técnicas que melhor descrevam dados subjetivos (SOUZA et al., 2014).

Aspirando a necessidade de soluções estatísticas para melhor representatividade dos dados obtidos em pesquisas científicas, postula-se que o emprego de análise de componentes principais (PCA - *Principal Component Analysis*) mostra-se eficiente para análise de dados, tornando a explicação do fenômeno estudado mais simples (KOUADRI et al., 2020). Em sentido complementar, a análise de agrupamento (*Cluster Analysis*) auxilia na visualização e interpretação dos resultados a partir da estrutura de grupos (WANG et al., 2016). Estas técnicas foram aplicadas com êxito em pesquisas qualiquantitativas afim de averiguar condições de trabalho (MATTOS & ANDRADE, 2019) classificação de espécies florestais nativas (TAVARES et al., 2019) e discussões sobre os melhores métodos de grupamento de dados (CRISPIM et al., 2020).

Assim, objetiva-se com este trabalho mapear parcialmente a finalidade do consumo virtual de água no município de Catolé do Rocha,

sendo esse consumo estimado pela pegada hídrica dos cidadãos, estimar a pegada hídrica da comunidade acadêmica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande visando estabelecer a relação

dos valores obtidos com as médias de pegada hídrica global e brasileira, e verificar se o emprego de estatística multivariada é eficiente para analisar dados de pegada hídrica obtidos de grupos amostrais.

Estudo de Caso – Consumo virtual de água em uma instituição de ensino superior no Nordeste do Brasil

Material e Métodos

O estudo foi realizado entre os dias 26 e 29 de abril de 2016, no Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG localizado no município de Patos – PB, inserido na mesorregião do Sertão do estado da Paraíba, no bioma Caatinga. O município possui população de 107.605 habitantes, com área territorial de 473,056 km², sendo a economia local baseada na agricultura, com ênfase no cultivo de feijoeiro (IBGE, 2016).

A pesquisa exploratória (GIL, 2010) consistiu na aplicação de 140 questionários com perguntas estruturadas para estimativa da pegada hídrica, conforme metodologia adaptada de Hoekstra et al. (2011). Foram avaliados sete grupos amostrais representados pelos cursos de graduação (Ciências Biológicas, Engenharia Florestal, Medicina Veterinária e Odontologia) e de pós-graduação (Mestrado em Ciências Florestais, em Zootecnia, e em Medicina Veterinária) do CSTR. Em cada grupo, foi tomada amostra de tamanho $n = 20$. As variáveis consideradas neste estudo foram representadas pelos componentes da pegada hídrica total (PH Tot), fracionados em pegada hídrica doméstica (PH Dom), industrial (PH Ind) e de alimentos (PH Ali), sendo esta última fracionada em pegada hídrica de cereais (PH Cer), carnes (PH Car), vegetais (PH Veg), frutas (PH Fru), laticínios (PH Lat), bebidas (PH Beb), gorduras (PH Gor), açúcares (PH Açu), ovos (PH Ovo) e outros (PH Out).

As respostas do questionário foram processadas na calculadora estendida da pegada hídrica pessoal (HOEKSTRA & HUNG,

2005). Os dados obtidos, após o processamento, foram submetidos a análise de variância pelo teste F a 5% de probabilidade, e as médias dos grupos amostrais comparadas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey, utilizando-se do Sistema computacional de análise estatística (FERREIRA, 2014).

Visando facilitar a explicação e visualização dos resultados em uma perspectiva multivariada, os dados foram submetidos à padronização, de modo a tornar a média nula e variância unitária. A estrutura multivariada dos resultados foi avaliada por meio de análise de componentes principais (ACP), de modo a condensar a quantidade de informação relevante contida no conjunto de dados originais em um menor número de dimensões (componentes principais), resultantes de combinações lineares das variáveis originais geradas a partir dos autovalores mais elevados na matriz de covariância. Para cada componente principal (CP), procedeu-se análise de *cluster* por método hierárquico (*Ward's minimum variance*), considerando-se para tanto as variáveis relevantes na composição de cada componente principal (HAIR et al., 2009).

Resultados e Discussão

Com base nos resultados da análise de variância, foi possível verificar que existe diferença significativa ($p < 0,01$) entre os grupos amostrados em relação às pegadas hídricas total e de alimentos, enquanto que, as pegadas hídricas doméstica e industrial não diferiram significativamente ($p > 0,05$) em função dos grupos amostrais (Tabela 1).

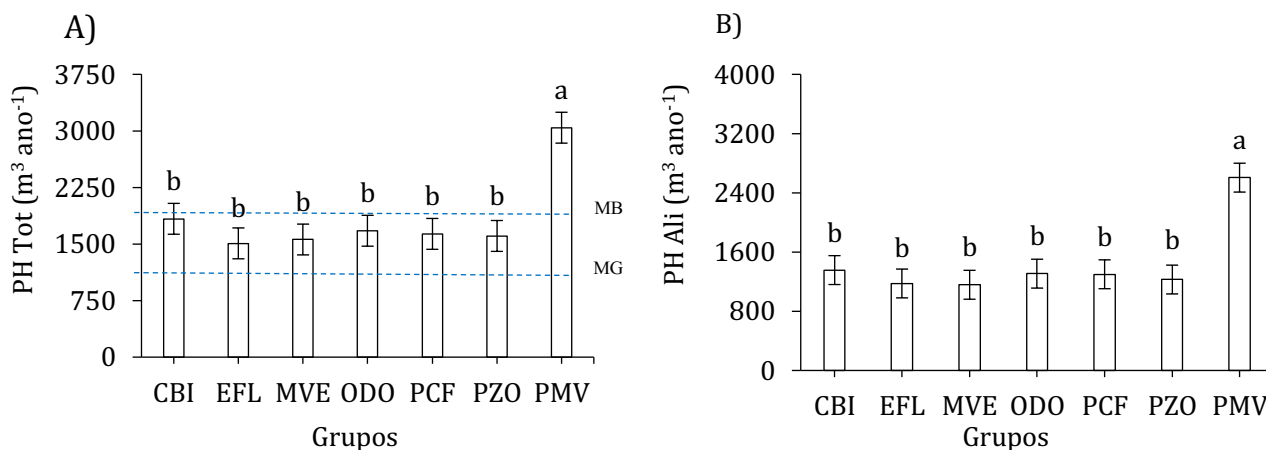
Tabela 1. Resumo das análises de variância para os componentes da pegada hídrica total, de alimentos, doméstica e industrial

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios			
		PH Tot	PH Ali	PH Dom	PH Ind
Grupos	6	5861456,39**	5320372,69**	41148,84 ^{ns}	9278,82 ^{ns}
Resíduo	133	1327648,70	1219848,85	28179,29	5006,48
CV (%)		62,70	76,32	52,21	110,15

Legenda: **, ^{ns}: significativo a 1% e não significativo pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; PH Tot: pegada hídrica total; PH Ali de alimentos; PH Dom: doméstica; PH Ind: industrial.

Dentre os grupos amostrais, verifica-se que a comunidade acadêmica do curso de mestrado em Medicina Veterinária (PMV) tem pegada hídrica total e de alimentos superior à comunidade dos demais cursos que não expressam valores de PH divergentes entre si. São observadas diferenças percentuais de 46 e 52% entre as médias de PH obtidas no grupo PMV, e a média dos demais cursos para as

pegadas hídricas total e de alimentos, respectivamente. Com base nos valores relatados na literatura, observa-se que todos os grupos amostrais apresentam valores médios de PH superiores à média global de $1.240 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (ALMEIDA et al., 2015), e inferiores à média brasileira de $2.027 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (MOREIRA & BARROS, 2015) (Figura 1A e B).



Legenda: CBI: Ciências Biológicas; EFL: Engenharia Florestal; MVE: Medicina Veterinária; ODO: Odontologia; PCF: Mestrado em Ciências Florestais; PZO: Mestrado em Zootecnia; PMV: Mestrado em Medicina Veterinária; MB: média brasileira ($2.027 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$); MG: média global ($1.240 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$).

Figura 1. Pegada hídrica total (PH Tot) (A) e de alimentos (PH Ali) (B) da comunidade acadêmica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG. Patos - PB, 2016.

Com base nos resultados, pode-se inferir acerca do hábito alimentar da comunidade acadêmica do curso de mestrado em Medicina Veterinária, haja vista que, valores mais expressivos de PH são verificados em relação aos alimentos destoando o grupo amostral (PMV) dos demais. Os resultados deste levantamento são de fundamental importância para tomada de decisões sobre ações educativas acerca do consumo consciente de água, notadamente em virtude da água doce ser um dos recursos mais valiosos do planeta, sendo um elemento de sustentação da vida, essencial e que não pode ser substituído, muito embora, cada vez mais tenha se tornado um recurso escasso (KOEHLER, 2008).

Assim, a separação dos perfis de PH estudados neste trabalho, pode ser preponderante para ações pontuais junto aos

grupos amostrais, pois, este indicador de sustentabilidade sugere a possibilidade de que a humanidade demanda por recursos maiores do que o planeta pode fornecer de forma sustentável. Tal excesso de consumo, tende a aumentar de forma significativa devido à rápida expansão econômica, bem como pela urbanização, migração, mudanças de estilo de vida e outras grandes transições sociais no mundo (SILVA et al., 2013).

Decompondo-se a pegada hídrica de alimentos em seus componentes, constata-se ocorrência de diferença significativa entre os grupos amostrais para as pegadas hídricas de carnes, vegetais, frutas, gorduras, açúcares e outros, conforme resumo da análise de variância apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Resumo das análises de variância para os componentes da pegada hídrica de alimentos decomposta em pegada hídrica de cereais, carnes, vegetais, frutas, laticínios, bebidas, gorduras, açúcares, ovos e outros

Fontes de Variação	Quadrados Médios					
	GL	PH Cer	PH Car	PH Veg	PH Fru	PH Lat
Grupos	6	26596,14 ^{ns}	3227521,41 ^{**}	2487,79 [*]	7114,36 ^{**}	10074,02 ^{ns}
Resíduo	133	43898,45	606971,17	863,41	2315,18	8227,21
CV (%)		90,65	103,59	159,32	103,89	120,63
		PH Beb	PH Gor	PH Açú	PH Ovo	PH Out
Grupos	6	3693,62 ^{ns}	0,49 [*]	12,44 ^{**}	588,37 ^{ns}	82196,40 ^{**}
Resíduo	133	11377,74	0,22	3,63	2156,70	17159,34
CV (%)		101,48	123,54	51,85	96,56	88,09

Legenda: **, *, ^{ns}: significativo a 1% e 5% e não significativo pelo teste F; GL: graus de liberdade; CV: coeficiente de variação; PH Cer: pegada hídrica de cereais; PH Car: carnes; PH Veg: vegetais; PH Fru: frutas; PH Lat: laticínios; PH Beb: bebidas; PH Gor: gorduras; PH Açú: açúcares; PH Ovo: ovos e PH Out: outros.

Valor mais expressivo de pegada hídrica da componente carne (1654,65 m³ ano⁻¹) é verificado no grupo amostral do mestrado em Medicina Veterinária, enquanto os demais grupos não diferem entre si, sendo calculada média geral de 601,65m³ ano⁻¹ para representar estes grupos (Figura 2 A).

O curso de Odontologia apresenta maior pegada hídrica de vegetais (38,3m³ ano⁻¹), enquanto que os cursos de Engenharia Florestal, Medicina Veterinária e mestrado em Zootecnia, expressam valores inferiores de 7,65 m³ ano⁻¹, 9,85 m³ ano⁻¹ e 10,35 m³ ano⁻¹, respectivamente para esta variável (Figura 2 B).

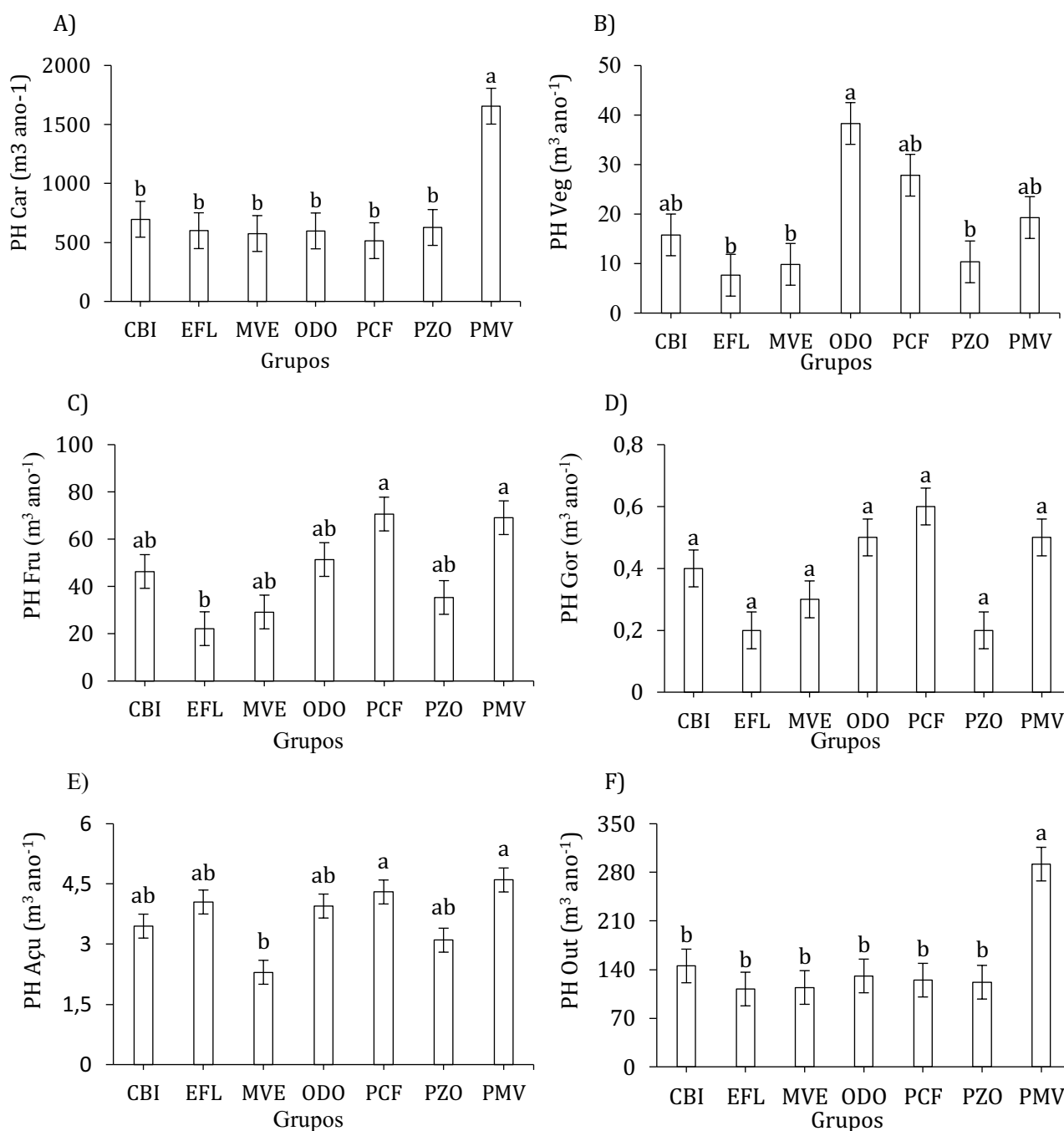
Para a pegada hídrica de frutas, os cursos de mestrado em Ciências Florestais e Medicina Veterinária apresentam maiores valores (70,65 m³ ano⁻¹) e (69,10 m³ ano⁻¹), respectivamente, diferindo do curso de Engenharia Florestal que apresenta o menor valor (22,15 m³ ano⁻¹) de PH (Figura 2 C).

Embora o resultado da análise de variância tenha detectado diferença entre

grupos amostrais para a pegada hídrica de gorduras, não se evidencia diferença entre estes grupos quando aplicado teste de comparação de médias. Não obstante, o curso de mestrado em Ciências Florestais expressa valores ligeiramente superiores aos demais cursos (Figura 2 D).

Maior consumo de água relacionado a açúcares é revelado nos cursos de mestrado em Ciências Florestais e Medicina Veterinária, com valores de PH de 4,3 m³ ano⁻¹ e 4,6 m³ ano⁻¹, respectivamente, com diferenças de 46,5 e 50% com relação ao curso de graduação em Medicina Veterinária, onde encontra-se menor valor (2,3 m³ ano⁻¹) de PH (Figura 2 E).

Para outros componentes da pegada hídrica de alimentos, verifica-se que o curso de mestrado em Medicina Veterinária apresenta o valor expressivo de 291,9 m³ ano⁻¹, diferindo dos demais cursos que, na média, apresentam PH de 124,84 m³ ano⁻¹ (Figura 2 F).



Legenda: CBI: Ciências Biológicas; EFL: Engenharia Florestal; MVE: Medicina Veterinária; ODO: Odontologia; PCF: Mestrado em Ciências Florestais; PZO: Mestrado em Zootecnia; PMV: Mestrado em Medicina Veterinária.

Figura 2. Pegada hídrica de carnes (PH Car) (A), vegetais (PH Veg) (B), frutas (PH Fru) (C), gorduras (PH Gor) (D), açúcares (PH Açú) (E) e outros (PH Out) (F) da comunidade acadêmica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG. Patos - PB, 2016.

Fracionar a pegada hídrica de alimentos em seus componentes, parece ser uma estratégia promissora para compreender a participação de cada fração no total desta PH. De fato, a produção animal e geração de produtos derivados desta, podem ser consideradas excelente termômetro para estimativa do consumo hídrico da humanidade, sobretudo em virtude da crescente demanda hídrica neste setor (LIU & SAVENIJE, 2008; ERCIN &

HOEKSTRA, 2014). A esse respeito, Hoekstra (2016) reporta que, um erro expressivo de parte dos estudiosos nesta área é a omissão do volume hídrico demandado para geração de determinados produtos, pois, tal omissão encobre produtos de elevada pegada hídrica, por exemplo, a carne, que aumenta a escassez do recurso natural água, convergindo para limitação deste recurso no planeta,

constituindo-se em preocupante questão ambiental.

As variações nos componentes da PH verificadas entre os grupos amostrais indicam a necessidade de ativação de planos de ação específicos para cada grupo, com ênfase em produtos pontuais que integram a PH. Esta afirmação é ratificada por Moreira e Barros (2015), ao mencionarem que a análise deste indicador pode favorecer a reflexão crítica acerca do consumo individual e/ou coletivo da água, contribuindo assim para o uso racional. Estes autores encontraram os valores de PH de carnes de 807 m³ ano⁻¹ para professores e funcionários, e de 404 m³ ano⁻¹ para alunos, sendo estes superiores aos encontrados neste trabalho, com exceção ao curso de mestrado em Medicina Veterinária, denotando a necessidade de ações de conscientização junto a este grupo amostral.

Os dados de PH dos componentes alimentares vegetais, frutas, gorduras, açúcares e outros encontrados no estudo de Moreira e Barros (2015), corroboram com os evidenciados neste estudo, sendo as diferenças entre categorias de pessoas estudadas atribuídas ao hábito alimentar e poder aquisitivo. Maracajá et al. (2013) explica que, a PH aumenta de acordo com a renda familiar e diminui em função dos hábitos alimentares. Dessa forma, a renda familiar anual também interfere na pegada hídrica, em face da água virtual acumulada nos bens e serviços, que é diretamente proporcional aos hábitos de consumo da população. Resultados semelhantes foi encontrado por Patrício et al. (2013), que, ao examinar diferentes categorias, verificaram que

os funcionários apresentaram PH superior aos professores e relacionaram tais resultados à renda anual, hábito alimentar e nível de consciência.

Na avaliação e interpretação dos resultados estatísticos obtidos através da experimentação, é recomendável a exploração de todas as informações disponíveis para que o pesquisador, ao tomar suas conclusões, esteja o mais seguro e correto possível. A análise de dados se torna mais informativa quando se obtém, além da média, algumas medidas de dispersão ou de variabilidade. Entre estas, o coeficiente de variação tem se mostrado bastante útil para especificar com certa eficiência a exatidão dos resultados experimentais (GARCIA, 1989). A esse respeito, pode-se inferir que os dados desta pesquisa apresentam elevada dispersão e conseqüente baixa precisão, por terem evidenciado elevados coeficientes de variação segundo classificações de Pimentel Gomes (1985), Ferreira (1991) e do Controle Estatístico de Processos (2009). Face ao exposto, o emprego de análise multivariada de dados pode reduzir as dimensões originais das variáveis, focalizando o estudo na porção relevante da informação necessária para explicação do fenômeno aqui estudado.

Com base na análise de componentes principais (ACP), foi possível condensar o número de variáveis originais em três componentes principais (CP₁, CP₂ e CP₃), os quais juntos retêm 88,67% da variância total acumulada. A escolha destes CPs foi baseada nos autovalores $\geq 1,0$. Para a seleção das variáveis, foram adotados valores $\geq 0,60$ (em módulo), conforme o critério de Kaiser (1958) (Tabela 3).

Tabela 3. Variância relativa e cargas das variáveis associadas aos três primeiros componentes principais formados a partir de 12 variáveis estimadas em sete grupos amostrais

CPs	σ^2	Cargas das variáveis de Pegada Hídrica											
		Dom	Ind	Cer	Car	Veg	Fru	Lat	Beb	Gor	Açu	Ovo	Out
CP ₁	43,77	-0,71	0,17	-0,16	-0,87	-0,28	-0,77	-0,93	-0,81	-0,64	-0,53	-0,44	-0,92
CP ₂	29,53	-0,61	0,05	0,91	-0,21	0,74	0,57	-0,23	-0,47	0,63	0,67	-0,52	-0,11
CP ₃	15,37	-0,13	0,84	-0,28	-0,13	0,52	0,16	0,09	-0,17	0,28	-0,41	0,66	-0,08

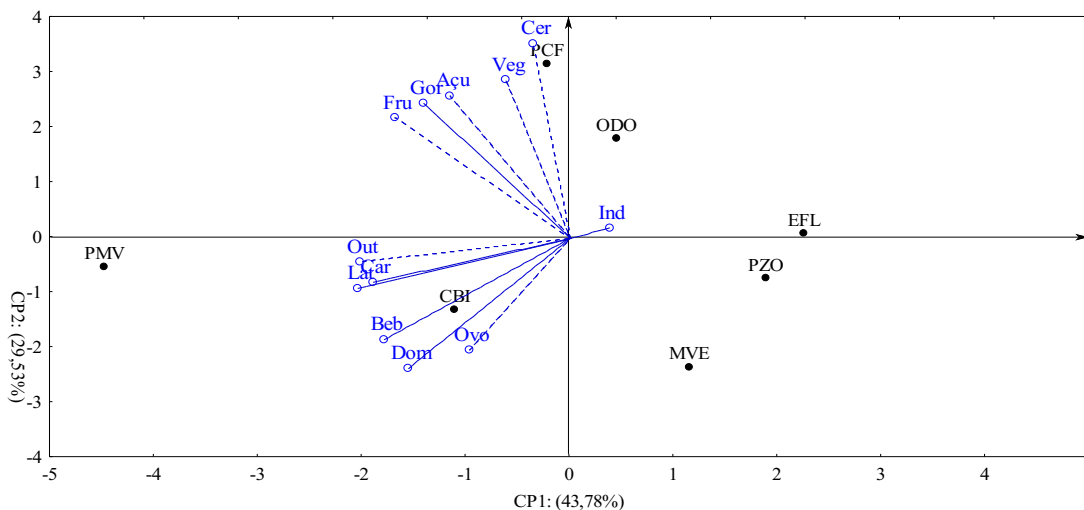
Legenda: CP: componente principal; σ^2 : variância relativa; Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açu: açúcares e Out: outros componentes da pegada hídrica.

O primeiro componente principal (CP₁) retêm 43,77% da variância total relevante. Neste componente, o grupo amostral representado pelo curso de mestrado em Medicina Veterinária é divergente dos demais por apresentar propriedades específicas,

notadamente em relação aos componentes da pegada hídrica domiciliar, de carnes, de frutas, de laticínios, de bebidas, de gorduras e outros. O segundo componente principal (CP₂) responde por 29,53% da variância total, sendo este CP importante para discriminar os cursos de

graduação em Medicina Veterinária (MVE) e mestrado em Ciências Florestais (PCF), onde este último possui maior PH de cereais, vegetais

e açúcares em detrimento destas variáveis no curso de MVE (Figura 3).

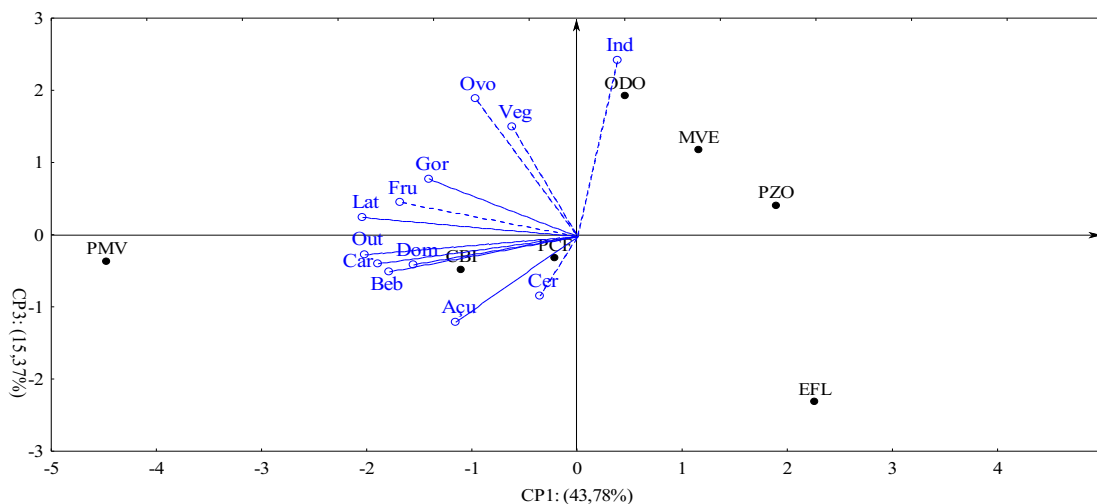


Legenda: CBI: Ciências Biológicas; EFL: Engenharia Florestal; MVE: Medicina Veterinária; ODO: Odontologia; PCF: Mestrado em Ciências Florestais; PZO: Mestrado em Zootecnia; PMV: Mestrado em Medicina Veterinária. Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açu: açúcares e Out: outros componentes da pegada hídrica da comunidade acadêmica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG. Patos - PB, 2016.

Figura 3. Projeção bidimensional (Biplot) da posição relativa dos grupos amostrais e as respectivas variáveis nos dois primeiros componentes principais (CP₁ e CP₂).

No terceiro componente principal (CP₃) estão retidos 15,37% da variância total, onde foram separados os grupos amostrais representados pelos cursos de graduação em Engenharia Florestal (EFL) e Odontologia (ODO), de modo que este último curso

mencionado possui pegada hídrica industrial e de ovos superiores, quando comparado ao curso de Engenharia Florestal, conforme pode ser observado nas projeções dos vetores destas variáveis sobrepostas à posição relativa dos grupos amostrais (Figura 4).



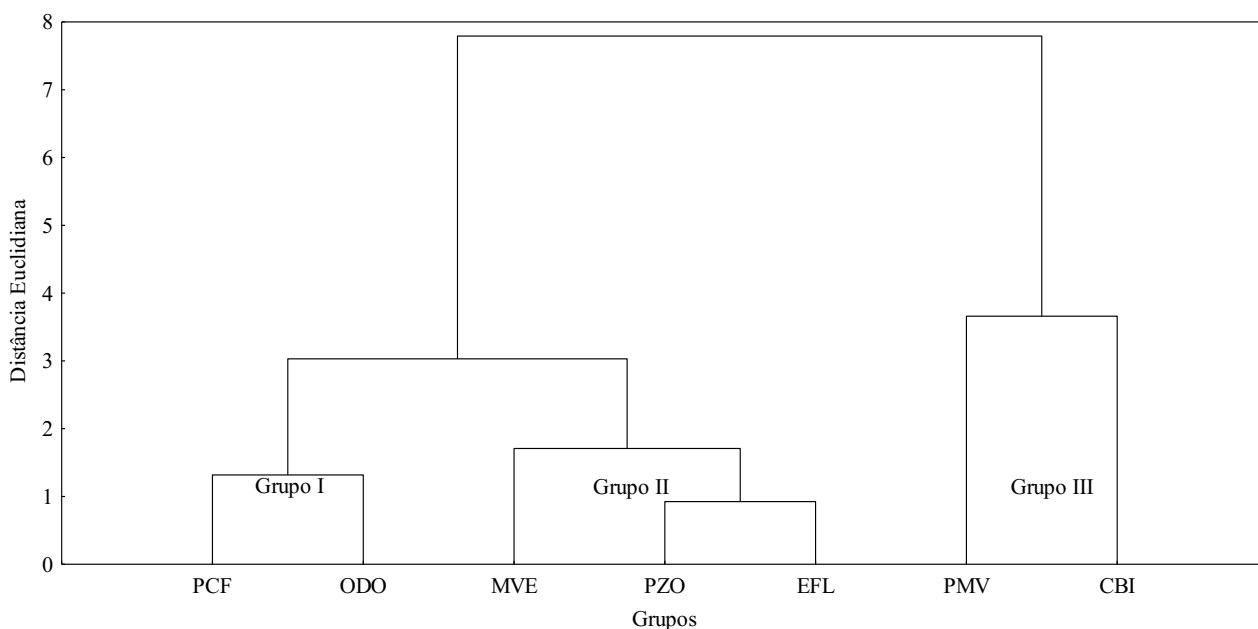
Legenda: CBI: Ciências Biológicas; EFL: Engenharia Florestal; MVE: Medicina Veterinária; ODO: Odontologia; PCF: Mestrado em Ciências Florestais; PZO: Mestrado em Zootecnia; PMV: Mestrado em Medicina Veterinária. Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açu: açúcares e Out: outros componentes da pegada hídrica da comunidade acadêmica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da UFCG. Patos - PB, 2016.

Figura 4. Projeção bidimensional (Biplot) da posição relativa dos grupos amostrais e as respectivas variáveis no primeiro e terceiro componentes principais (CP₁ e CP₃).

O cálculo da pegada hídrica é distribuído em três dimensões: uso industrial, doméstico e alimentação. Para cada categoria de entrevistados essas dimensões variam, o que pode ser atribuído a estilo de dieta, nível de conscientização e renda (MOREIRA & BARROS 2015). Realmente, estas três dimensões são evidenciadas em virtude da formação de três CPs a partir das 12 variáveis originais, embora a variável PH doméstica tenha se correlacionado com alguns componentes da PH de alimentos e, também a variável PH industrial tenha se correlacionado com a componente PH de ovos. Estas constatações evidenciam que, o emprego de análise de componentes principais (ACP) pode ser empregada com eficiência para discriminar grupos amostrais quanto aos componentes de suas pegadas hídricas totais nas três dimensões. De fato, a ACP tem sido providencial para facilitar o entendimento de fenômenos complexos relacionados à qualidade

de água (ROCHA & PEREIRA, 2016), e opinião de pessoas (SILVA et al., 2015; FULCO et al., 2016).

A partir dos três CPs formados, é possível ilustrar a estrutura de grupos contida nos cursos com base nos componentes da pegada hídrica com expressividade em cada componente principal. Assim, possível a formação de três grupos a partir das variáveis (PH: domiciliar, carnes, frutas, laticínios, bebidas, gorduras e outros) com cargas superiores a 0,6 no CP₁, sendo o primeiro grupo (Grupo I) formado pelos cursos de mestrado em Ciências Florestais e graduação em odontologia, o segundo grupo (Grupo II) formado pelos cursos de graduação em Medicina Veterinária e Engenharia Florestal, além do curso de mestrado em Zootecnia, enquanto que um terceiro grupo (Grupo III) é formado a partir da dissimilaridade entre os cursos de mestrado em Medicina Veterinária e graduação em Ciências Biológicas (Figura 5).

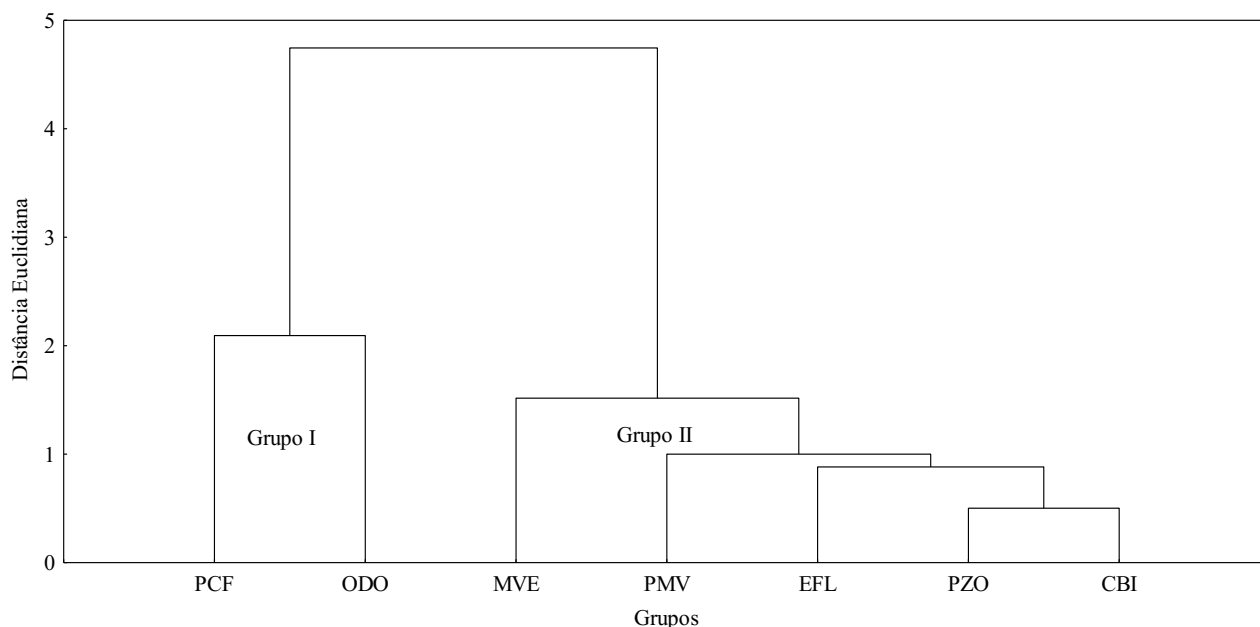


Legenda: CBI: Ciências Biológicas; EFL: Engenharia Florestal; MVE: Medicina Veterinária; ODO: Odontologia; PCF: Mestrado em Ciências Florestais; PZO: Mestrado em Zootecnia; PMV: Mestrado em Medicina Veterinária.

Figura 5. Dendrograma de agrupamento dos grupos amostrais, construído a partir das variáveis com contribuição relevante no primeiro componente principal (CP₁).

Com base no segundo componente principal (CP₂), formado a partir dos componentes da PH de cereais, vegetais e açúcares, é possível a formação de dois grupos, sendo o primeiro formado pelos cursos de mestrado em Ciências Florestais e graduação

em Odontologia, enquanto que o segundo grupo é formado pelos cursos de graduação em Medicina Veterinária, Engenharia Florestal e Odontologia, além dos cursos de mestrado em Medicina Veterinária e Zootecnia (Figura 6).

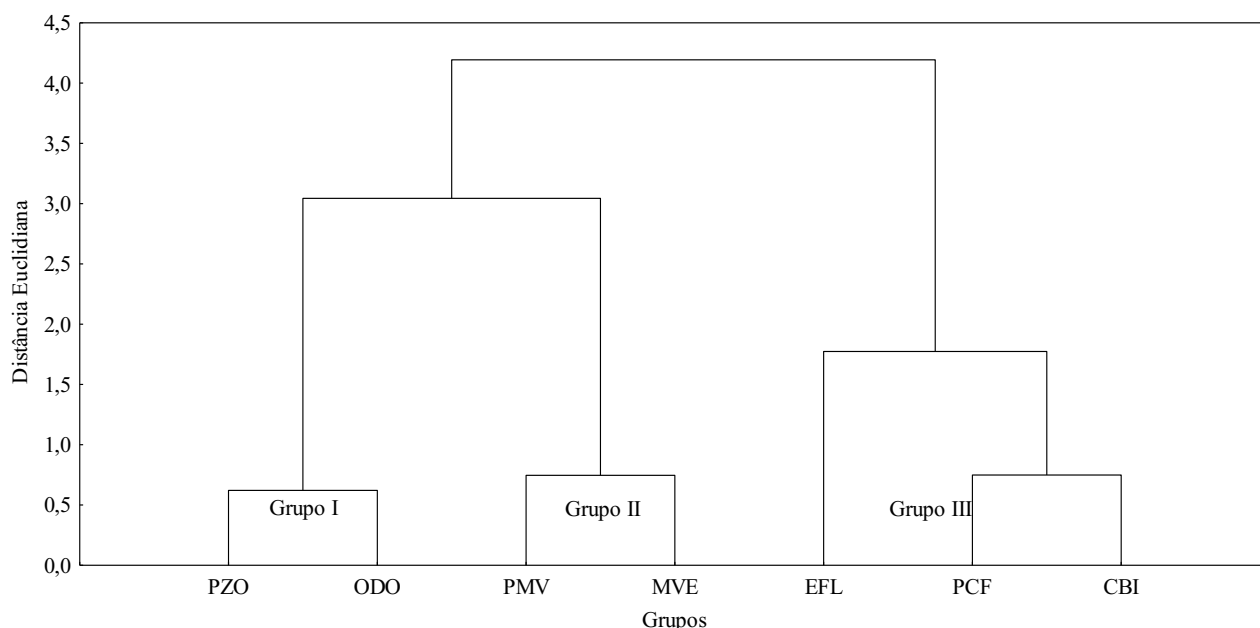


Legenda: CBI: Ciências Biológicas; EFL: Engenharia Florestal; MVE: Medicina Veterinária; ODO: Odontologia; PCF: Mestrado em Ciências Florestais; PZO: Mestrado em Zootecnia; PMV: Mestrado em Medicina Veterinária.

Figura 6. Dendrograma de agrupamento dos grupos amostrais, construído a partir das variáveis com contribuição relevante no segundo componente principal (CP₂).

A partir do terceiro componente principal (CP₃), formado pela pegada hídrica industrial e de ovos, é possível aglomerar os cursos em três grupos, sendo o primeiro formado pelo curso de mestrado em Zootecnia e o curso de graduação em Odontologia. O

segundo grupo formado pelos cursos de pós-graduação e graduação em Medicina Veterinária, enquanto que o terceiro grupo reúne os cursos de graduação em Engenharia Florestal e Ciências Biológicas e o curso de mestrado em Ciências Florestais (Figura 7).



Legenda: CBI: Ciências Biológicas; EFL: Engenharia Florestal; MVE: Medicina Veterinária; ODO: Odontologia; PCF: Mestrado em Ciências Florestais; PZO: Mestrado em Zootecnia; PMV: Mestrado em Medicina Veterinária.

Figura 7. Dendrograma de agrupamento dos grupos amostrais, construído a partir das variáveis com contribuição relevante no terceiro componente principal (CP₃).

A formação destes grupos a partir de componentes específicos da pegada hídrica é de grande importância para o planejamento estratégico, notadamente pelo fato de ser possível verificar quais os grupos que possuem maior consumo de água e quais os itens que levam a esse maior consumo, de modo a direcionar ações específicas para cada grupo. Neste sentido, a técnica de agrupamento mostra-se eficiente para formar aglomerados de cursos em função de suas PHs. Em pesquisas com aplicação de questionários, o emprego de análise de agrupamento mostrou-se eficiente para verificação da satisfação de clientes (ROSÁRIO et al., 2012), da opinião pública sobre potencialidades da mamoneira (FULCO et al., 2016), estratégias de marketing e responsabilidade socioambiental em empresas (SILVA et al., 2015) e percepção das relações no comércio internacional (SILVA et al., 2008), corroborando com os resultados desta pesquisa, denotando que novos estudos podem fazer uso desta técnica com objetividade e facilidade de interpretação de resultados.

Conclusão

A pegada hídrica da comunidade acadêmica do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande encontrou-se abaixo da média brasileira e superior à média global, com exceção do curso de mestrado em Medicina Veterinária onde a pegada hídrica superou a média nacional, havendo necessidade de ações de conscientização com ênfase no hábito alimentar deste grupo amostral.

Foi possível reduzir as 12 variáveis originais em três variáveis latentes com 88,67% de toda informação relevante neste estudo, possibilitando maior objetividade na tomada de decisões a respeito das ações necessárias junto aos grupos amostrais prioritários evidenciados no resultado da análise de agrupamento.

O emprego de estatística multivariada foi eficiente para analisar dados de pegada hídrica obtidos de grupos amostrais representados pelos cursos de graduação e pós-graduação do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande.

Estudo de caso – Pegada hídrica como indicador do consumo virtual de água em Catolé do Rocha-PB

Material e Métodos

O estudo foi realizado entre os dias 12 e 30 de setembro de 2016, no município de Catolé do Rocha - PB, inserido na mesorregião do Sertão do estado da Paraíba, no bioma Caatinga, geograficamente localizado nas coordenadas 6°20' 38" latitude Sul e 37°44'84" longitude Oeste. O município possui população de 30.546 habitantes, com área territorial de 552,112 km² (IBGE, 2019). A pesquisa exploratória (GIL, 2010) consistiu na aplicação de 120 questionários com perguntas estruturadas para estimativa da pegada hídrica, conforme metodologia adaptada de Hoekstra et al. (2011). Foram avaliados oito grupos amostrais representados pelos bairros: Catolé de Baixo, Picos, Rancho do Povo e Mapirunga da zona rural e Centro, Luzia Maia, Tabajara e Várzea da zona urbana do município.

Em cada grupo, foi tomada amostra de tamanho $n = 15$. As variáveis, bem como, as

respostas do questionamento e análise estatística consideradas neste estudo, foram as mesmas descritas no estudo de caso 1.

Resultados e Discussão

A partir da Análise de Componentes Principais (ACP), adotando-se o critério de Kaiser (1960), foram extraídos os Componentes Principais (CP) com valor maior que a unidade ($\lambda > 1$) na matriz de correlação. Foi possível explicar 89,29% da variância, sendo este total retido em quatro variáveis latentes: primeiro componente principal (CP₁), segundo componente principal (CP₂), terceiro componente principal (CP₃) e quarto componente principal (CP₄). A expressividade das cargas das variáveis foi baseada na classificação de Dancey e Reidy (2013), sendo adotadas correlações no mínimo moderada entre as cargas e os componentes principais (Tabela 4).

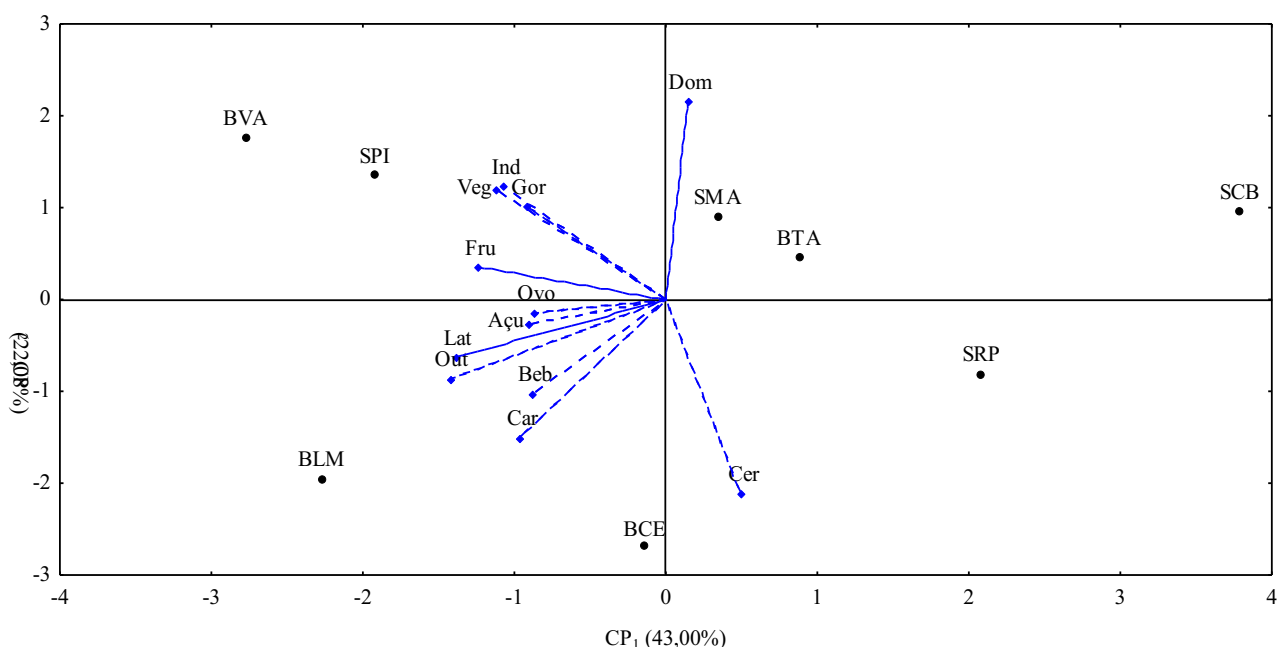
Tabela 4. Autovalores, variância relativa e cargas das variáveis associadas aos quatro primeiros componentes principais formados a partir de 12 variáveis estimadas em oito bairros do município

CPs	λ	σ^2	Cargas das variáveis de Pegada Hídrica											
			Dom	Ind	Cer	Car	Veg	Fru	Lat	Beb	Gor	Açu	Ovo	Out
CP ₁	5,16	43,00	0,09	-0,69	0,32	-0,62	-0,73	-0,80	-0,90	-0,57	-0,60	-0,59	-0,56	-0,92
CP ₂	2,65	22,08	0,83	0,48	-0,81	-0,58	0,47	0,14	-0,24	-0,39	0,39	-0,10	-0,05	-0,33
CP ₃	1,71	14,24	-0,37	0,47	-0,32	-0,21	-0,10	-0,06	-0,31	0,58	-0,36	-0,49	0,62	-0,12
CP ₄	1,20	9,98	-0,08	-0,06	-0,02	-0,23	0,32	0,56	-0,10	0,28	-0,58	0,16	-0,51	-0,06

Legenda: CP: componente principal; λ : autovalor; σ^2 : variância relativa; Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açu: açúcares e Out: outros componentes da pegada hídrica.

No primeiro Componente Principal (CP₁) estão retidas 43% da informação relevante para separação dos bairros do município de Catolé do Rocha, sendo este CP formado pela associação das Pegadas Hídricas (PH) industrial e de carnes, vegetais, frutas, laticínios, gorduras, açúcares e outros. Verifica-se pela projeção bidimensional destas variáveis (Figura 8), que os moradores dos bairros, Várzea (BVA), Luzia Maia (BLM) e Sítio Picos (SPI), possuem maior consumo de água, expresso pelas componentes da PH retidas nesta primeira dimensão, quando comparados com os residentes nos Sítios Catolé de Baixo (SCB) e Rancho do Povo (SRP), enquanto que no

Centro da cidade (BCE), bairro Tabajara (BTA) e Sítio Mapirunga (SMA) o consumo apresenta-se intermediário. O segundo Componente Principal (CP₂) foi formado a partir da associação entre a PH doméstica e cereais, sendo retidas 22,1% da variância total. A projeção destas frações da PH nesta dimensão evidencia que as amostras populacionais dos bairros Luzia Maia e Centro de Catolé do Rocha demandam maior quantidade de água para preparo e consumo de cereais, enquanto que a maior demanda hídrica dos bairros Várzea, Tabajara e Sítio Mapirunga está associada ao consumo doméstico (Figura 8).



Legenda: BCE: bairro Centro; BLM: Luzia Maia; BTA: Tabajara; BVA: Várzea; SCB: Sítio Catolé de Baixo; SPI: Picos; SRP: Rancho do Povo; SMA: Mapirunga; Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açu: açúcares e Out: outros componentes da PH parcial de Catolé do Rocha - PB, 2016.

Figura 8. Projeção bidimensional (Biplot) da posição relativa dos grupos amostrais e as respectivas variáveis nos dois primeiros Componentes Principais (CP₁ e CP₂).

De acordo com Silva et al. (2013), a demanda hídrica tende a aumentar,

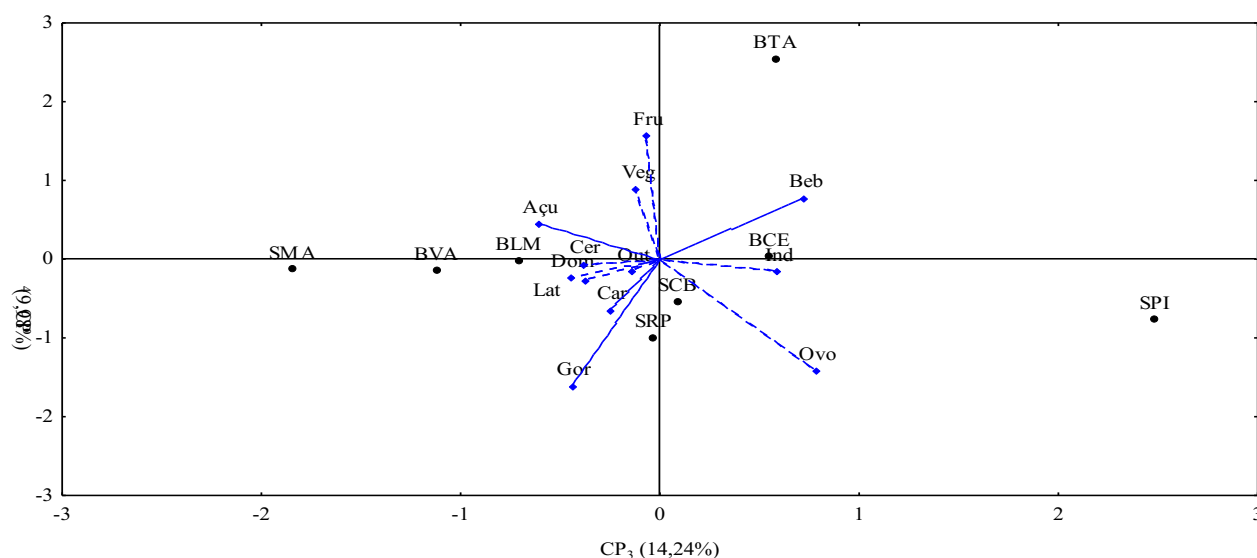
notadamente em virtude do maior consumo impulsionado pela rápida expansão econômica,

bem como pela urbanização, migração e mudanças de estilo de vida. Com base nessa informação, o mapeamento do perfil de consumo de água virtual realizado neste trabalho pode ser percebido como ferramenta importante para as equipes de gerenciamento de recursos hídricos dos municípios, notadamente por possibilitar a identificação dos bairros com maior consumo e permitir agilidade na tomada de decisões quanto aos grupos prioritários passivos de receberem ações pontuais para incentivo do uso sustentável da água.

A estimativa da pegada hídrica total revela um índice de sustentabilidade importantes para inferências acerca do qual consuntivo é o hábito de uma comunidade, no entanto, o fracionamento deste índice em componentes de PH de produtos específicos pode auxiliar os pesquisadores na tarefa de tornar evidente as diferenças entre grupos amostrais com maior gasto de água para realização de tarefas específicas, como por exemplo nas atividades domésticas em geral. A

esse respeito, Hoekstra (2016) reporta que um erro expressivo de parte dos estudiosos nesta área é a omissão do volume hídrico demandado para geração de determinados produtos, pois, tal omissão encobre produtos de elevada pegada hídrica, por exemplo, a carne, os vegetais e outros que aumentam a escassez do recurso natural água.

O terceiro Componente Principal (CP₃) acumula 14,2% do total da variância, sendo formado pelos componentes da pegada hídrica de bebidas e ovos. Maior gasto de água relacionado ao consumo de ovos é registrado no Sítio Picos, divergindo do Sítio Mapirunga e bairro Várzea, onde pouco são consumidos ovos e bebidas. As PH de frutas e gorduras, embora contidas no CP₁, contribuem na formação do quarto Componente Principal (PC₄), respondendo por 10% da variância total. Neste CP, é possível observar na projeção das variáveis que os residentes do bairro Tabajara demandam maior quantidade de água por meio do consumo de frutas, em detrimento ao consumo de gorduras (Figura 9).



Legenda: BCE: bairro Centro; BLM: Luzia Maia; BTA: Tabajara; BVA: Várzea; SCB: Sítio Catolé de Baixo; SPI: Picos; SRP: Rancho do Povo; SMA: Mapirunga; Dom: pegada hídrica domiciliar; Ind: industrial; Cer: cereais; Car: carnes; Veg: vegetais; Fru: frutas; Lat: laticínios; Beb: bebidas; Gor: gorduras; Açú: açúcares e Out: outros componentes da PH parcial de Catolé do Rocha - PB, 2016.

Figura 9. Projeção bidimensional (Biplot) da posição relativa dos grupos amostrais e as respectivas variáveis no terceiro e quarto Componentes Principais (CP₃ e CP₄).

A demanda de água para consumo direto e fabricação de bebidas, além do uso deste recurso para produção e preparo de alimentos, como ovos, estão diretamente relacionadas aos hábitos alimentares e ao poder aquisitivo das pessoas (MOREIRA & BARROS, 2015). A adoção de hábitos de consumo sustentáveis pode

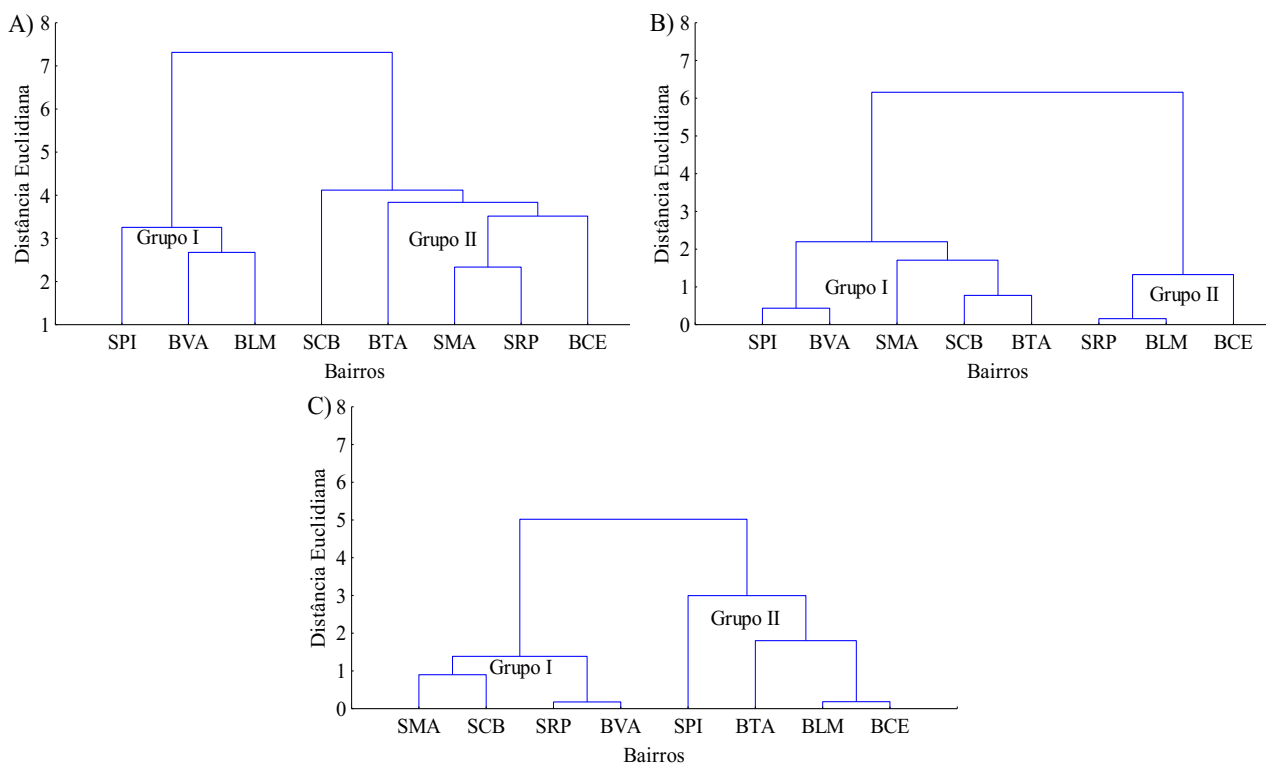
reduzir a pegada hídrica, ocorrendo o inverso na medida em que a renda familiar aumenta. De fato, o poder de compra influencia no comportamento e aquisição de bens diversos, sendo o reflexo destas mudanças percebido no aumento do consumo virtual de água (MARACAJÁ et al., 2013).

A partir dos Componentes Principais formados, é possível agrupar os bairros da cidade de Catolé do Rocha com base no perfil de consumo de água específico para cada seguimento. Em cada CP, é possível a divisão em dois grandes grupos. No CP₁, o Sítio Picos e os bairros Várzea e Luzia Maia formam o primeiro grupo (G₁) e possuem estrutura semelhante quanto à PH, divergindo do segundo grupo (G₂) formado pelos Sítios Catolé de Baixo, Mapirunga, Rancho do Povo, bairro Tabajara e Centro (Figura 10A).

No CP₂, o primeiro grupo formado engloba os sítios Picos, Mapirunga, Catolé de Baixo e bairros Várzea e Tabajara, com PH

distinta daquela verificada no G₂, o qual é formado pelo Sítio Rancho do Povo e bairros Luzia Maia e Centro (Figura 10B).

Para o CP₃, a estrutura de grupos evidencia que os moradores dos sítios Mapirunga, Catolé de Baixo, Rancho do Povo e bairro Várzea possuem semelhança quanto à PH formando o G₁, que por sua vez é divergente do G₂, formado pelo Sítio Picos, bairro Tabajara, Luzia Maia e Centro de Catolé do Rocha (Figura 10C). Não foi realizada análise de agrupamento para o CP₄ devido ao fato das correlações entre as variáveis e este CP serem baixas conforme classificação de Dancey e Reidy (2013).



BCE: bairro Centro; BLM: Luzia Maia; BTA: Tabajara; BVA: Várzea; SCB: Sítio Catolé de Baixo; SPI: Picos; SRP: Rancho do Povo; SMA: Mapirunga Catolé do Rocha - PB, 2016.

Figura 10. Dendrograma de agrupamento dos bairros, construído a partir das variáveis com contribuição relevante nos três primeiros Componentes Principais CP₁ (A), CP₂ (B) e CP₃ (C).

A literatura ainda é insipiente no que tange ao emprego de Análise de Agrupamento (AA) em dados de pegada hídrica obtidos de grupos amostrais diferentes com o objetivo de averiguar a associação destes grupos com base na dissimilaridade. Embora Santos et al. (2014) tenham utilizado a técnica para analisar dados de qualidade de água obtidos de sítios localizados próximos ao Rio Araguari, enfatizando que a AA reduziu a dimensão dos dados originais e facilitou o entendimento sobre como parâmetros de qualidade de água se

agrupam. Especificamente para dados de PH, Costa et al. (2016) verificaram adequabilidade do uso de Análise de Componentes Principais, complementada pela Análise de Agrupamento, para reduzir a dimensão original dos dados e facilitar a explicação da complexa variação contida nas estruturas de grupos amostrais.

Conclusão

O perfil de consumo virtual de água no município de Catolé do Rocha, PB, foi variável entre os bairros, denotando que o planejamento

estratégico acerca do gerenciamento dos recursos hídricos locais pode levar em consideração a pegada hídrica para o estabelecimento de grupos prioritários passivos de ações de conscientização e incentivo à adoção de hábitos de consumo sustentáveis.

Referências

- ALMEIDA, R. R. P.; SILVA, M. A. da; CRISPIM, D. L.; ABREU, E. C. de; CAROLINO, É. C. M. M. A pegada hídrica e o nível da consciência ambiental de três escolas do ensino médio do município de Pombal-PB. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.10, n.3, p.20-24, 2015.
- CEP. Controle Estatístico de Processos. 2009. Coeficiente de variação. Disponível em: <<http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info39/39.html>>. Acesso em: 05 de jan. 2016.
- COSTA, P. da S.; FERRAZ, R. L. de S.; BARRETO, N. P.; SANTOS, S. de L.; DANTAS NETO, J. Adequabilidade de análises multivariadas para a avaliação de dados de pegada hídrica. In: Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido, 1, 2016, Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2016, v.1.
- CRISPIM, D. L.; FERNANDES, L. L.; FERREIRA FILHO, D. F.; LIRA, B. R. P. Comparação de métodos de agrupamentos hierárquicos aglomerativos em indicadores de sustentabilidade em municípios do estado do Pará. *Research, Society and Development*, v.9, n.2, p.1-21, 2020.
- DANCEY, C.; REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia. Porto Alegre: Artmed, 2013, 608p.
- DEEPASK. Consumo de água: Veja indicadores por cidade do Brasil – Catolé do Rocha, PB. 2013. Disponível em: <<http://www.deepask.com/goes?page=catole-do-rocha/PB-Consumo-de-agua:-Veja-indicadores-da-sua-cidade>>. Acesso em: 10 de jan. 2020.
- ERCIN, A. E.; HOEKSTRA, A. Y. Water footprint scenarios for 2050: A global analysis. *Environment International*, v.64, n.1, p.71-82, 2014.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis sistem. *Ciências e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2014.
- FERREIRA, P. V. Estatística experimental aplicada à agronomia. Maceió: EDUFAL, 1991. 440p.
- FULCO, R. J.; FERRAZ, R. L. de S.; BATISTA, J. L.; BARBOSA, M. de A.; SANTOS, D. M. M. dos. Potencialidades da mamoneira sob a ótica dos populares do município de Matão SP. *Revista Educação Ambiental em Ação*, v.14, p.1-5, 2016.
- GARCIA, C. H. Tabelas para classificação do coeficiente de variação. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1989. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr171.pdf>>. Acesso em: 24 de jan. 2020.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 184p.
- HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. L.; TATHAM, R. L. Análise multivariada de dados. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688p.
- HOEKSTRA, A. Y. A critique on the water-scarcity weighted water footprint in LCA. *Journal Ecological Indicators*, v.66, n.1, p.564-573, 2016.
- HOEKSTRA, A. Y., HUNG, P. Q. Globalization of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change*, v.15, p.45-56, 2005.
- HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K.; ALDAYA, M. M.; MEKONNEN, M. M. Manual de avaliação da pegada hídrica: estabelecendo o padrão global. São Paulo: Instituto de Conservação Ambiental, 2011. 216p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. Paraíba, Patos. Informações completas. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251080&search=|infogr%E1ficos-informa%E7%F5es-completas>>. Acesso em 10 de jan. 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/patos/>>. Acesso em: 24 de jan. 2020.
- KAISER, H. F. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, v.20, p.141-151, 1960.
- KOEHLER, A. Water use in LCA: Managing the planet's freshwater resources. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v.13, p.451-455, 2008.
- KOUADRI, A.; HAJJI, M.; HARKAT, M. F.; ABODAYEH, K.; MANSOURI, M.; NOUNOU, H.; NOUNOU, M. Hidden Markov model based principal component analysis for intelligent fault diagnosis of wind energy converter

- systems. *Renewable Energy*, v.150, n.1, p.598-606, 2020.
- LIU, J.; SAVENIJE, H. H. G. Food consumption patterns and their effect on water requirement in China. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.12, n.1, p.88-898, 2008.
- MARACAJÁ, K. F. B.; SILVA, V. de P. R. da; DANTAS NETO, J. Pegada hídrica dos consumidores vegetarianos e não vegetarianos. *Qualit@s Revista Eletrônica*, v.14, n.1, p.1-18, 2013.
- MATTOS, C. A. C. de; ANDRADE, L. T. L. Engajamento no trabalho: Uma aplicação da análise de agrupamentos entre trabalhadores de um banco privado. *Revista FSA*, v.16, n.1, p.54-74, 2019.
- MOREIRA, R. da S.; BARROS, J. D. de S. Pegada hídrica de classes consumidoras que compõem a escola Antônio Landim de Macêdo em Aurora - CE. *Revista Polêmica*, v.15, n.1, p.18-27, 2015.
- PATRÍCIO, M. da C. M.; CABRAL, A. D. A.; DANTAS, J. R. A.; PONTES, S. H.; NETO, J. D. Comparação da pegada hídrica entre classes consumidoras que compõem o Campus universitário da Universidade Federal de Campina Grande/PB. *Revista Polêmica*, v.12, n.2, p.1267-1279, 2013.
- PIMENTEL-GOMES, F. *Curso de Estatística Experimental*. São Paulo: Nobel, 1985. 467p.
- ROCHA, C. H. B.; PEREIRA, A. M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. *Revista Ambiente & Água*, v.11, n.1, p.176-187, 2016.
- ROSÁRIO, C. R. do; KIPPER, L. M.; FERRÃO, M. F. Modelo para aplicação de análise multivariada através de técnicas estatísticas PCA e HCA sobre questionário de avaliação da satisfação de clientes: Estudo de caso em uma empresa metalúrgica de embalagens metálicas. *Revista Tecnológica*, v.16, n.1, p.30-39, 2012.
- SANTOS, E. S. dos; CUNHA, A. C. da; CUNHA, E. D. de S. Análise espaço-sazonal da qualidade da água na zona flúvio-marinha do rio Araguari-Amazônia Oriental-Brasil. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.19, n.3, p.215-226, 2014.
- SILVA, J. C. G. L. da; MARTINS, G.; HOSOKAWA, R. T.; ROCHADELLI, R. O uso da análise de correspondência e de cluster para a percepção das relações no comércio internacional: o caso do setor de móveis sul-brasileiro e as barreiras à Alca. *Revista de Administração*, v.43, n.1, p.44-58, 2008.
- SILVA, S. C. da; FERRAZ, R. L. de S.; ACRE, F. G.; TEIXEIRA NETO, J.; BARBOSA, M. de A. Embalagens ecologicamente corretas: Estratégias de marketing e responsabilidade socioambiental nas empresas. *Revista Educação Ambiental em Ação*, v.14, p.1-12, 2015.
- SILVA, V. de P. R. da; ALEIXO, D. de O.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K. F. B.; ARAÚJO, L. E. de. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.1, p.100-105, 2013.
- SOUZA, J. L.; RODRIGUES, F. E. F.; STUDART, T. M. C.; SOUZA FILHO, F. A. Pegada hídrica de uma comunidade de consumidores em Fortaleza/CE/Brasil: análise das pegadas rápida e estendida na metodologia Water Footprint Network. *Revista Econômica do Nordeste*, v.45, n.3, p.17-32, 2014.
- TAVARES, L. de S.; VALADAO, F. C. de A.; D WEBER, O. L. S.; ESPINOSA, M. M. Multivariate analysis of native forest species in relation to chemical and texture attributes of soil in the region of Cotriguacu-Mato Grosso State. *Ciência Florestal*, v.29, n.1, p.281-292, 2019.
- TEIXEIRA, L. H.; OLIVEIRA, B. F.; KRAH, F.; KOLLMANN, J.; GANADE, G. Linking plant traits to multiple soil functions in semi-arid ecosystems. *Journal of Arid Environments*, v.172, n.1, p.104040, 2020.
- WANG, R.; ZHOU, Y. Q.; QIAO, S.; HUANG, K. Flower Pollination Algorithm with Bee Pollinator for cluster analysis. *Journal Information Processing Letters*, v.116, n.1, p.1-14, 2016.
- XU, X.; ZHANG, Y.; CHEN, Y. Projecting China's future water footprint under the shared socio-economic pathways. *Journal of Environmental Management*. v.260, n.1, p.110102, 2020.
- ZHU, Y.; JIANG, S.; ZHAO, Y.; LI, H.; HE, G.; LI, L. Life-cycle-based water footprint assessment of coal-fired power generation in China. *Journal of Cleaner Production*, v.254, n.1, p.120098, 2020.

Capítulo 2

EFEITOS DAS FIBRAS DE *PSYLLIUM* NO PERFIL DE TEXTURA INSTRUMENTAL E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE BOLO DE ARROZ SEM GLÚTEN

Isabella Cristina Lopes de Assis¹
Natália Aparecida Barbosa da Silva²
Washington Azevêdo da Silva³
Aline Cristina Arruda Gonçalves⁴
Felipe Machado Trombete⁵

¹Engenheira de Alimentos, UFSJ, Campus Sete Lagoas, iclassis@hotmail.com

²Engenheira de Alimentos, UFSJ, Campus Sete Lagoas, nataliabarbosamtz65@hotmail.com

³Dr. Prof. Associado, Depto. de Engenharia de Alimentos, UFSJ, Campus Sete Lagoas, was@ufs.edu.br

⁴Dra. Profa. Associada, Depto. de Engenharia de Alimentos, UFSJ, Campus Sete Lagoas, acarruda@ufs.edu.br

⁵Dr. Prof. Adjunto, Depto. de Engenharia de Alimentos, UFSJ, Campus Sete Lagoas, trombete@ufs.edu.br

Introdução

Cada vez mais, a população reconhece a importância da ingestão de alimentos saudáveis, que possam contribuir para a prevenção de doenças, bem como, atender dietas que possuem restrições alimentares, tais como dietas sem glúten elaboradas para pacientes celíacos (GOBBETTI et al., 2018).

Em produtos isentos de glúten, denominados *gluten free*, é muito comum a substituição da farinha de trigo por farinhas de outros cereais, tal como a de arroz (GRAÇA et al., 2017), bem como de tubérculos e raízes, como a fécula de batata, de mandioca e inhame, ou blends desses com farinhas de leguminosas (FERREIRA et al., 2016). A base amilácea existente em tais farinhas, permite obter uma boa expansão do produto, com adequado volume e textura (HORSTMANN et al., 2017).

Por outro lado, muitos produtos *gluten free* tem recebido críticas quanto à baixa concentração de fibras e elevados valores de açúcares e carboidratos totais (ELLIOTT, 2018), já que é alto o teor de amido em tais produtos.

Dentre as alternativas disponíveis para enriquecimento de alimentos com fibras alimentares, destaca-se o uso do *psyllium*, uma fibra derivada de plantas como o *Plantago*, um arbusto que produz sementes constituídas de cerca de 30% de mucilagem com alta capacidade de absorção de água e produção de gel, muito utilizada pela indústria farmacêutica como suplemento alimentar devido ao elevado teor de fibra solúvel, reconhecidamente capaz de reduzir a absorção de gordura e diminuir

níveis de colesterol LDL, prevenindo a ocorrência de doenças cardiovasculares e a constipação (JOVANOVSKI et al., 2018). As fibras do *psyllium* possuem características sensoriais e tecnológicas que podem substituir a ausência do glúten em produtos para dietas restritivas, e quando adicionadas a tais preparações enriquecem nutricionalmente os alimentos, já que o seu teor de fibras é alto, contribuindo também para a melhoria das características de textura do produto (FRANCO et al., 2020).

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um bolo de arroz sem glúten adicionado de fibras de *psyllium* em concentração que possa permitir a alegação fonte de fibras, bem como, avaliar os efeitos das fibras de *psyllium* no perfil de textura e na aceitação sensorial do produto.

Material e Métodos

Os experimentos foram realizados na Universidade Federal de São João Del-Rei, Campus Sete Lagoas-MG, Departamento de Engenharia de Alimentos. Para o desenvolvimento dos bolos foi padronizado o processo de fabricação de farinha de arroz úmido utilizando grãos polidos da classe longo fino, tipo 1. Os grãos foram hidratados com água em ebulição, permanecendo durante 1 h (sem aquecimento), sendo em seguida escorridos e então triturados em liquidificador (Arno Faciclic LN37), obtendo-se uma farinha úmida com partículas finas.

Para o desenvolvimento dos bolos foram elaboradas 3 formulações, apresentadas na Tabela 1, sendo elas o BC: Bolo Controle, BAF: Bolo Adicionado de Fibras e BFF: Bolo Fonte de Fibras, procedendo-se da seguinte forma, onde os ovos foram homogeneizados por 2 min, seguido da adição de açúcar e óleo e, por último, adicionou-se a farinha de arroz e homogeneizou-se por mais 30 s. O fermento em pó foi adicionado por último com auxílio de

colher. A massa obtida foi então vertida em formas de alumínio descartáveis de 19,5 x 8,5 cm, sendo a formulação controle levada ao forneamento, enquanto as formulações contendo *psyllium* foram previamente adicionadas das fibras, seguido do forneamento a 180°C por 35 minutos em forno elétrico (Britânia 31L PR/P). Os produtos assados foram resfriados a temperatura ambiente e embalados em plástico PVC.

Tabela 1. Ingredientes utilizados nas formulações de bolo de arroz sem glúten

Ingredientes	BC (%)	BAF (%)	BFF (%)
Farinha de arroz úmida	100,0*	100,0*	100,0*
Leite integral zero lactose	20,4	20,4	20,4
Óleo de soja	12,2	12,2	12,2
Açúcar cristal	42,0	42,0	42,0
Fermento químico em pó	2,0	2,0	2,0
Ovo fresco médio	44,9	44,9	44,9
Fibras de <i>psyllium</i>	0,0	6,0	12,0

*Ingredientes calculados considerando o peso da farinha de arroz úmida como 100%. BC: Formulação controle. BAF: Bolo de arroz adicionado de fibras. BFF: Bolo de arroz fonte de fibras.

O perfil de textura dos produtos foram avaliados em texturômetro instrumental (TA.XTplus, Stable Micro Systems) (Figura 1), com probe cilíndrico de 36mm de diâmetro (P/36R), duas compressões seguidas de 50% da amostra a 2 mm/seg, utilizando amostras de 2,5 x 2 x 2 cm (espessura, comprimento, largura).

Foram obtidos os parâmetros de firmeza, coesividade, mastigabilidade e fraturabilidade. As determinações ocorreram no dia seguinte a produção dos bolos (Tempo 1: T1), no 4º dia de armazenamento (T2) e, no 8º dia de armazenamento (T3). Os valores foram expressos pela média de 6 repetições.



Figura 1. Imagens da análise de textura instrumental e apresentação das amostras para avaliação sensorial.

A análise sensorial foi realizada com 60 avaliadores não treinados, maiores de 18 anos, de ambos os sexos, incluindo professores, alunos e técnicos administrativos da UFSJ. Os bolos das formulações BC, BAF e BFF foram

avaliados quanto aos atributos cor do miolo, sabor, textura e impressão global, por meio de uma escala hedônica de 9 pontos, com termos variando de “gostei muitíssimo”, nota 9, até “desgostei muitíssimo”, nota 1. Para tal, as

amostras de bolo foram servidas todas juntas, codificadas e avaliadas em cabines individuais com luz branca, acompanhadas de um copo com água mineral. A pesquisa sensorial teve autorização do Comitê de Ética em Pesquisa da UFSJ (CAAE: 02515918.2.0000.5151).

Os resultados foram tabulados e analisados por estatística descritiva. Para verificar se existia diferença entre as amostras avaliadas foi realizado Análise de Variância com comparação das médias pelo Teste de Tukey, a nível de 5% de significância, utilizando o software Sisvar 5.6 DEX/UFLA.

Resultados e Discussão

Tabela 2. Médias obtidas para os parâmetros firmeza, coesividade, mastigabilidade e fraturabilidade de amostras de bolo de arroz sem glúten

Parâmetros	Amostra*	Dia 01	Dia 04	Dia 08
Firmeza	BC	1451,0 ± 50,9 ^{bb}	1592,7 ± 39,2 ^{aB}	1576,1 ± 39,3 ^{aC}
	BAF	1214,8 ± 51,7 ^{cb}	1556,4 ± 53,2 ^{bB}	2137,9 ± 53,2 ^{aB}
	BFF	1926,4 ± 138,4 ^{cA}	2177,4 ± 73,8 ^{bA}	2978,1 ± 73,8 ^{aA}
Coesividade	BC	0,31 ± 0,03 ^{aB}	0,21 ± 0,01 ^{bB}	0,14 ± 0,01 ^{cC}
	BAF	0,43 ± 0,01 ^{aA}	0,33 ± 0,03 ^{bA}	0,27 ± 0,00 ^{cB}
	BFF	0,44 ± 0,01 ^{aA}	0,35 ± 0,02 ^{bA}	0,34 ± 0,01 ^{bA}
Mastigabilidade	BC	368,3 ± 50,2 ^{aB}	229,3 ± 9,6 ^{bC}	175,2 ± 26,6 ^{bC}
	BAF	424,5 ± 40,2 ^{aB}	392,7 ± 39,2 ^{aB}	450,7 ± 27,8 ^{aB}
	BFF	712,6 ± 69,2 ^{bA}	651,2 ± 65,4 ^{bA}	780,4 ± 36,5 ^{aA}
Fraturabilidade	BC	0,0 ^{bA}	0,0 ^{bA}	1467,2 ± 201,5 ^{aA}
	BAF	0,0 ^{aA}	0,0 ^{aA}	0,0 ^{aB}
	BFF	0,0 ^{aA}	0,0 ^{aA}	0,0 ^{aB}

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes em cada linha ou maiúsculas em cada coluna demonstram haver diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras, analisando vida de prateleira e entre as amostras, respectivamente. *BC: Bolo Controle. BAF: Bolo adicionado de fibras. BFF: Bolo fonte de fibras.

Verifica-se um ligeiro aumento ($p < 0,05$) na coesividade das amostras adicionadas de fibras em comparação a amostra controle, demonstrando que a adição de fibras de *psyllium* torna o bolo menos propenso à desintegração. Também se verifica que, a coesividade de todas as amostras diminui ($p < 0,05$) ao passar o tempo, fato que pode ser percebido ao aplicar certa pressão nas amostras entre os dedos, onde as do dia 08 se desintegram facilmente.

A mastigabilidade está relacionada com tempo e energia necessárias durante a mastigação para atingir a consistência necessária para engolir o alimento. Verificou-se que a mastigabilidade aumenta com a adição de fibras de *psyllium*, sendo os maiores valores ($p < 0,05$) obtidos nas amostras BFF, seguido da BAF e BC. Já a fraturabilidade determina a força necessária para ocorrer à fratura da estrutura do alimento. Apenas a amostra controle, no oitavo dia de armazenamento, apresenta tal

Na análise do perfil de textura (Tabela 2) é possível verificar que, a adição de fibras de *psyllium* torna o bolo menos macio, sendo o maior valor de firmeza ($p < 0,05$) obtido para a formulação BFF, seguida da BAF e BC. Com o aumento do tempo de armazenamento ocorre também o aumento da firmeza dos bolos, sendo os maiores valores ($p < 0,05$) obtidos para as amostras no dia 08, e menores no dia 01, o que pode ser explicado pelo processo de retrogradação do amido, tornando-as mais duras, conforme aumenta-se o tempo de armazenamento.

comportamento. Na Figura 2 observa-se o gráfico de perfil de textura dos produtos.

Beikzadeh et al. (2016), verificaram que ao aumentarem a concentração de *psyllium* na formulação de bolo tradicional elaborado com farinha de trigo tem-se uma diminuição do volume do produto, o que deve-se a um excessivo aumento da viscosidade da massa, prejudicando a retenção de bolhas de ar e tendo como consequência uma maior densidade, fator que é indesejável na produção de bolos. Em tal trabalho, a concentração ideal de *psyllium* recomendada para produção de bolo tradicional foi de 5 a 7,5%, semelhante a utilizada no presente trabalho para a formulação BAF (6% de *psyllium*).

Fradinho et al. (2015) otimizaram a produção de biscoitos com 6% de *psyllium* e verificaram que em tais condições o produto possui propriedades reológicas adequadas para comercialização e teor de fibra recomendado pela FDA (*Food and Drug Administration*) para prevenção do risco de doenças coronarianas.

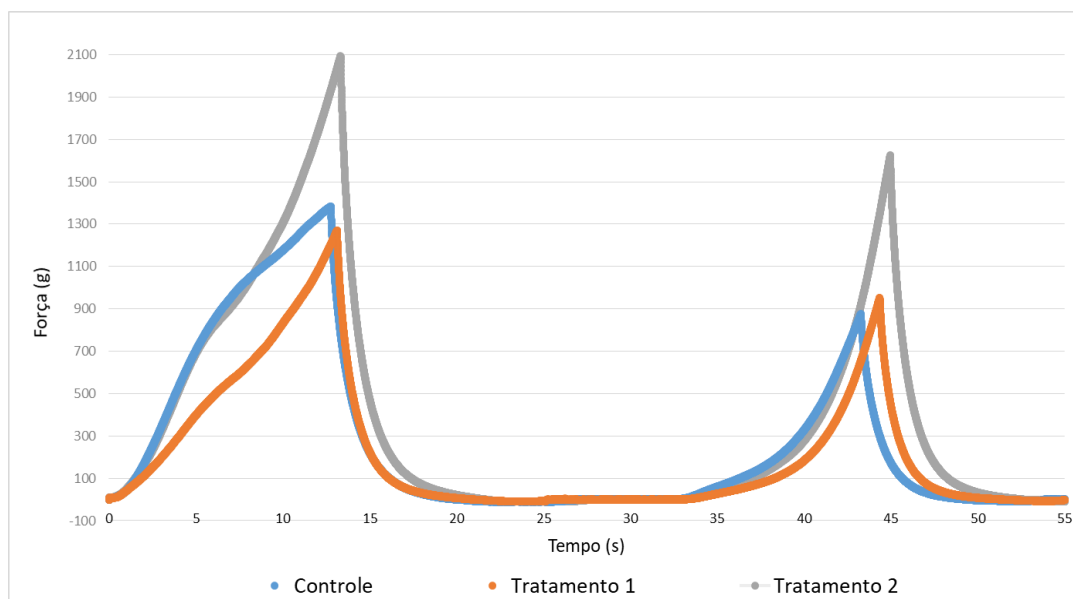


Figura 2. Perfil de textura (força x tempo) de amostras de bolo de arroz sem glúten. Controle (BC): Bolo Controle. Tratamento 1 (BAF): Bolo adicionado de fibras. Tratamento 2 (BFF): Bolo fonte de fibras.

Quanto à aceitação sensorial dos bolos, ocorre diferença significativa ($p < 0,05$) entre as formulações quanto aos parâmetros cor, impressão global e sabor, sendo a formulação controle a mais bem aceita, seguido da BAF e BFF. Para o atributo textura, não ocorre diferença entre a amostra BC e BAF, tendo sido bem aceitas em relação a BFF, a qual difere ($p < 0,05$) de ambas. As médias obtidas na escala hedônica para todos os atributos avaliados na amostra BC estão entre 7 (gostei moderadamente) e 8 (gostei muito), já nas amostras fonte de fibras e adicionada de fibras, estão entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente).

Silva et al. (2019) verificaram que, o aumento do teor de *psyllium* em massa de pizza sem glúten aumentou a aceitabilidade do produto, podendo ser adicionado em níveis suficientes para comercialização com a alegação fonte de fibras, fato diferente ao observado no presente estudo onde as maiores concentrações de *psyllium* diminuíram a aceitação sensorial do produto. Tal fato demonstra que, a adição de *psyllium* como forma de melhorar o valor nutricional dos alimentos é viável, porém, deve ser otimizada para cada tipo de produto.

Conclusão

A utilização de fibras de *psyllium* na produção de bolo de arroz fonte de fibras e isento de glúten foi viável do ponto de vista tecnológico.

A adição de fibras de *psyllium* promoveu a diminuição da aceitação sensorial do bolo de arroz, com alterações principalmente na cor, textura e aparência geral do produto.

Ainda assim, sua aceitação pode ser considerada boa e indicou um potencial de mercado para o produto.

A adição do *psyllium* aumentou a firmeza, coesividade e mastigabilidade dos bolos, demonstrando ser um ingrediente com adequada utilização em produtos sem glúten.

Referências

- BEIKZADEH, S.; PEIGHAMBARDUST, S. H.; BEIKZADEH, M.; HOMAYOUNI-RAD, A. Effect of Psyllium husk on physical, nutritional, sensory, and staling properties of dietary prebiotic sponge cake. *Food Technology and Economy, Engineering and Physical Properties*, v.34, n.6, p.534-540, 2016.
- ELLIOTT, C. The nutritional quality of gluten-free products for children. *Pediatrics*, v.142, n.2, p.05-25, 2018.
- FERREIRA, S. M. R.; DE MELLO, A. P.; DOS ANJOS, M. C. R.; KRÜGER, C. C.; AZOUBEL P, M., OLIVEIRA, A. M. A. Utilization of sorghum, rice, corn flours with potato starch for the preparation of gluten-free pasta. *Food chemistry*, v.191, p.47-151, 2016.
- FRADINHO, P.; NUNES, M. C.; RAYMUNDO, A. Developing consumer acceptable biscuits enriched with Psyllium fiber. *Journal of Food*

Science and Technology, v.52, n.8, p.4830–4840, 2015.

FRANCO, E. A. N.; SANCHES-SILVA, A.; RIBEIRO-SANTOS, R.; MELO, N. R. Psyllium (*Plantago ovata* Forsk): From evidence of health benefits to its food application. Trends in Food Science & Technology, v.20, p.166-175, 2020.

GOBBETTI, M.; PONTONIO, E.; FILANNINO, P.; RIZZELLO, C. G.; DE ANGELIS, M.; DI CAGNO, R. How to improve the gluten-free diet: the state of the art from a food science perspective. Food Research International, v.110, p.22-32, 2018.

GRAÇA, C. S.; BARBOSA, J. B.; SOUZA, M. Z.; MOREIRA, A. S.; LUVIELMO, M. M.; MELLADO, M. M. S. Adição de colágeno em pão sem glúten elaborado com farinha de arroz. Brazilian Journal of Food Technology, v.20, p.1-10, 2017.

HORSTMANN, S.; LYNCH, K. M.; ARENDT, E. L. Starch characteristics linked to gluten-free products. Foods, v.6, n.4, p.9-21, 2017.

JOVANOVSK, E.; YASHPAL, S.; KOMISHON, A.; ZURBAU, A.; BLANCO MEJIA, S.; HO, H. V. T.; SIEVENPIPER, J.; DUVNJAK, L.; VUKSAN, V. Effect of *psyllium* (*Plantago ovata*) fiber on LDL cholesterol and alternative lipid targets, non-HDL cholesterol and apolipoprotein B: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. American Journal of Clinical Nutrition, v.108, p.1-11, 2018.

SILVA, N. A. B.; SILVA, J.; SILVA, S. L. R.; GONÇALVES, A. C. A.; SILVA, W. A.; PIRES, C. V.; TROMBETE, F. M. Desenvolvimento e avaliação sensorial de massa de pizza sem glúten, fonte de fibras e adicionada de psyllium. Caderno de Ciências Agrárias, v.11, p.01–08, 2019.

Capítulo 3

MODELOS DE REGRESSÃO POTENCIAL PARA ESTIMATIVA DO VOLUME E ÁREA SUPERFICIAL DE OVOS DE GALINHAS

Eberson Silva¹
Tadayuki Yanagi Junior²
Flávio Alves Damasceno³
Kleber Mariano Ribeiro⁴
Dian Lourençoni⁵

¹Dr. Prof. UEMG, Passos-MG, eberson.silvafespmg@yahoo.com.br

²Dr. Prof. Titular, UFLA, Lavras-MG, yanagi@deg.ufla.br

³Dr. Prof. Titular, UFLA, Lavras-MG, flavio.damasceno@deg.ufla.br

⁴Dr. Prof. Titular, IFSMG, Rio Pomba-MG, klebermariano@gmail.com

⁵Dr. Prof. Titular, UNIVASF, dian.lourenconi@univasf.edu.br

Introdução

Atualmente, a avicultura de postura apresenta-se tecnificada, sendo que a maioria das granjas tende a automatizar seus processos de produção. Neste contexto, a qualidade da produção é um dos principais interesses dos produtores e consumidores de ovos, uma vez que está diretamente relacionada a fatores como higiene, sanidade e, principalmente, à saúde e bem-estar dos animais (TRINDADE et al., 2007).

A avicultura brasileira é uma das principais atividades agropecuárias do país, ocupando o segundo lugar em produção no cenário nacional e gerando 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos, sendo um dos setores que mais crescem e evoluem tecnologicamente (UBABEF, 2013).

Os avanços tecnológicos nas áreas de genética, nutrição, ambiência e sanidade propiciaram que o país produzisse cerca de 4,4 bilhões de dúzias de ovos no segundo trimestre de 2018, apresentando aumento de 5,4%, em relação ao mesmo período de 2017. Dessa produção, foram exportados 18,641 milhões de ovos comerciais *in natura*. O Estado de Minas Gerais produziu 7,70 milhões de dúzias de ovos, sendo o terceiro maior produtor do país (IBGE, 2019).

Segundo Silva et al. (2011) o ovo representa um componente essencial na alimentação humana e na indústria. A casca do ovo é fonte de cálcio e substituto do carbonato de cálcio, que são produtos amplamente utilizados pelas indústrias alimentícias, farmacêuticas, odontológicas e de cosméticos (NAVE et al., 2007). A clara do ovo é fonte de lisozima e com albumina, que são proteínas de

alto valor nutricional e funcional (SOUSA et al., 2009). A albumina usada em suplementos alimentares controla a hipertensão e o ganho de massa muscular (SALVADOR & SANTA, 2002). A gema constitui uma fonte de vitaminas A, do complexo B, D e E, ácidos palmítico, esteárico, oleico, linoleico, linolênico, cálcio, ferro, magnésio, sódio, selênio e zinco (NOVELLO et al., 2006).

A classificação de ovos varia muito entre os países. Em vários mercados, incluindo Japão, México e Suécia, os ovos são vendidos por massa (kg), sendo que, o preço varia com a massa média de cada ovo. No Brasil, os ovos são classificados em grupos, classes e tipos, segundo a coloração da casca, qualidade e peso, de acordo com as especificações (TRINDADE et al., 2007).

Fatores como fisiologia da ave, tempo de oviposição, estrutura da gaiola, número de fêmeas por gaiola, frequência de colheita de ovos, idade das aves, nutrição, condições de manejo, estado sanitário, temperatura e umidade, genética e manejo das aves, influenciam o tamanho e a qualidade do ovo (ANDRIGUETTO et al., 1998).

A obtenção da área superficial (As) e do volume (V) de ovos é de fundamental importância para estudos da agroindústria avícola, tais como, predizer a massa corporal de pintainhos, taxa de eclosão, características da qualidade da casca e parâmetros internos dos ovos (NARUSHIN, 2005).

A obtenção da geometria de um ovo é relativamente complexa em condições experimentais, sendo que, no geral, medem-se as dimensões do menor e maior eixo e utilizam-se equações empíricas para determinação de

outros parâmetros, tais como V e As do ovo (NARUSHIN, 2005; TRINDADE et al., 2007).

Neste contexto, objetiva-se com o presente trabalho o desenvolvimento e ajuste de modelos de regressão potencial para estimativas do volume e área superficial de ovos de galinhas de postura, em função da massa.

Material e Métodos

Para o desenvolvimento desta pesquisa, trinta ovos de galinhas de postura da linhagem Dekalb Brown, foram obtidos em granja comercial situada no município de Lavras, Minas Gerais. Dos trinta ovos, seis de cada classificação foram usados nas avaliações, ou seja, classificados como pequeno (45 a 49 g), médio (50 a 54 g), grande (55 a 59 g), extra (60 a 65g) e jumbo (maior ou igual a 66g). As

classificações seguiram os padrões usados em granjas comerciais. Do total mensurado, os dados de vinte ovos foram utilizados para ajuste dos modelos matemáticos e dez foram utilizados para validação dos modelos, os mesmos foram separados aleatoriamente para as análises.

Em seguida foram determinadas suas massas específicas em uma balança digital, com precisão de $\pm 0,05$ g. Para não ocorrer interferência na massa, área superficial e no volume, foram escolhidos e transportados ovos do dia, no período matutino.

As dimensões do eixo maior (Figura 1A) e eixo menor (Figura 1B) de cada ovo foram mensurados por meio de um paquímetro digital com precisão de $\pm 0,04$ mm, sendo realizadas quatro repetições.

A.



B.



Figura 1. Procedimento de coleta das medidas dos ovos: A. eixo maior e B. eixo menor

Em seguida, obteve-se uma imagem digital do ovo ao lado de um escalímetro por meio de uma câmera digital da marca Samsung, modelo WB150 de 14,2 megapixels que serviu de referência no processo de calibração das

imagens digitais (Figura 2), de forma que as dimensões das imagens fossem ajustadas corretamente, em mm, ao serem processadas no programa computacional AutoCAD® 2011 (AUTODESK, 2011).



Figura 2. Ovo em escala como referência no ajuste.

Posteriormente, estas imagens foram exportadas para o software AutoCAD® e, utilizando o comando *scale*, foi realizado o ajuste das imagens na escala 1:1, em seguida

trabalhou-se com os comandos *polyline*, *dist* e *array* para a obtenção das dimensões dos eixos X e Y em onze pontos de cada amostra (Figura 3).



Figura 3. Imagem processada para a determinação das dimensões das coordenadas X e Y.

O polinômio de coordenadas (X e Y) gerado foi importado para o programa Maple® (CHAR et al., 1991), com objetivo de representar o contorno do ovo o mais perfeito possível. Para a representação, as coordenadas dos eixos X e Y foram separadas em duas colunas e transformadas em matriz para a determinação da área superficial dos ovos.

O volume de cada ovo foi obtido por meio de imersão, que consistiu em mergulhar a amostra em um Becker e a diferença do produto deslocado foi considerado como o volume do ovo. Nesta etapa foi usada a semente de painço por proporcionar um bom ângulo de repouso em armazenamento, diminuindo os espaços vazios por causa do seu formato, conforme metodologia recomendada por Griswold (1972). Durante as medições foram considerados os erros de paralaxe, no qual o menisco deve ficar exatamente na altura dos olhos para evitar leituras erradas pelo desvio de óptico (MOHSENIN, 1970; SILVA, 2011).

Modelos de regressão potencial foram ajustados para a estimativa da área superficial e volume em função da massa dos ovos. O modelo genérico de regressão potencial é representado pela Equação 1.

$$\hat{Y} = b_0 X^{b_1} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que: \hat{Y} - Estimativa da variável dependente (volume e a área superficial); b_0 e b_1 - Coeficientes de regressão; X - Variável dependente (massa dos ovos).

As equações propostas foram desenvolvidas com base nos dados medidos de área superficial e volume dos ovos obtidos durante a fase de mensuração. Para cada equação foi calculado o coeficiente de determinação (R^2), sendo que o ajuste e validação das equações foram realizados comparando os valores simulados pelas equações com os valores medidos experimentalmente.

Tanto os modelos de regressão, quanto os ajustes de comparação dos resultados foram realizados por meio do software R (2007).

Determinação do volume pelo método da imersão

Para definir qual material poderia ser usado para imersão dos ovos, avaliaram-se dois fluidos (água e óleo) e um cereal (semente de painço). Foram avaliados três ovos de cada classificação, totalizando quinze ovos. O volume de cada ovo foi obtido por meio de imersão, que consistiu em mergulhar a amostra em um Becker, sendo a diferença do produto deslocada o volume do objeto (ovo), sempre levando em consideração o erro de paralaxe no qual o menisco ficará exatamente na altura dos olhos, para evitar erros de leitura, decorrente do desvio óptico (Figura 4) (MOHSENIN, 1970; SILVA, 2011). Posteriormente, procedeu-se à análise de variância e ao teste de médias de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade para definir qual o material seria usado no decorrer do experimento.



Figura 4. Determinação do volume de ovo por meio do método de imersão.

Resultados e Discussão

Os dados de massa (g), comprimento do eixo maior (mm), comprimento do eixo menor

(mm), volume (cm³) e área superficial (cm²) estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Volumes e áreas superficiais de ovos em função da classificação com respectivos valores mensurados de massa e dimensões dos eixos

Ovos	Repetição	Massa (g)	Eixo maior (mm)	Eixo menor (mm)	Volume medido (cm ³)	Área superficial (cm ²)
Pequeno	1	47,70	52,45	39,87	39,0	58,6
	2	47,00	51,11	40,36	45,2	59,8
	3	46,13	51,19	39,56	42,0	57,4
	4	45,01	49,86	39,46	38,5	56,0
Médio	1	52,00	54,41	41,73	51,8	66,5
	2	51,90	52,95	40,46	48,0	61,8
	3	52,00	53,73	41,82	51,0	62,8
	4	52,00	52,95	40,90	47,8	62,5
Grande	1	56,00	55,91	44,82	60,0	70,9
	2	55,70	56,75	44,35	57,0	70,0
	3	56,80	59,19	43,84	60,0	75,7
	4	56,00	55,97	43,70	58,3	67,0
Extra	1	65,00	64,26	44,74	66,2	70,9
	2	64,90	58,73	46,11	66,0	70,0
	3	64,82	59,76	44,87	63,1	75,7
	4	64,70	57,93	45,08	60,0	67,0
Jumbo	1	77,77	63,75	46,79	75,0	85,2
	2	75,85	62,85	46,39	75,0	80,4
	3	81,41	64,86	47,34	78,0	91,7
	4	78,61	67,05	46,27	78,0	85,2

Com base nos dados listados na Tabela 1, dois modelos de regressão potencial foram ajustados para estimativas do volume e área superficial em função da massa dos ovos. Os modelos de regressão listados nas Equações 2 e 3 são válidos para intervalos de massa dos ovos de 47,70 a 78,61 g. O volume e a área superficial foram estimados em função da massa do ovo.

$$V_{\text{ovo}} = 0,6805M_{\text{ovo}}^{1,0818} \quad (\text{Eq.2})$$

$$A_{S,\text{ovo}} = 4,6266M_{\text{ovo}}^{0,6614} \quad (\text{Eq.3})$$

Em que: V_{ovo} - volume do ovo (cm³); M_{ovo} - massa do ovo (g); $A_{S,\text{ovo}}$ - área superficial do ovo (cm²).

Os coeficientes de determinação (R^2) das Equações 2 e 3 são de 0,94 e 0,89, e os erros absolutos médios são de 2,3 cm³ e 2,6 cm², respectivamente. Os erros percentuais médios são de 4,2 e 3,6% e os desvios padrão são de 2,0 e 1,8, respectivamente.

Visando validar as equações propostas, foram realizadas estimativas utilizando dados de mensurações realizadas em dez ovos distintos (Tabela 2), com duas amostras para cada classificação comercial. Para todos os dados dos ovos utilizados nesta etapa, foram analisados os desvios padrões obtidos entre os valores medidos e calculados de volume (cm³) e área superficial (cm²).

Tabela 2. Dados utilizados para validação dos modelos matemáticos, com volume e área superficial de ovos, medidos e estimados pelos modelos propostos, com respectivos valores de desvio padrão

Ovos	Repetição	Massa (g)	Medido		Estimado		Desvio Padrão	
			Volume ¹ (cm ³)	Área sup ³ (cm ²)	Volume ² (cm ³)	Área sup ⁴ (cm ²)	Volume ^{1,2}	Área sup ^{3,4}
Pequeno	1	47,7	44,0	59,7	44,5	59,6	0,37	0,07
	2	47,0	41,0	59,5	43,8	59,0	2,00	0,30
Médio	1	52,0	51,0	65,4	48,9	63,1	1,49	1,64
	2	50,01	49,3	64,2	46,7	61,4	1,85	2,02
Grande	1	56,0	56,0	74,9	53,0	66,3	2,14	6,10
	2	58,90	55,0	78,7	60,4	71,8	3,80	4,87
Extra	1	65,00	65,1	77,7	68,0	77,2	2,03	0,30
	2	64,90	64,5	74,8	66,5	76,2	1,43	1,03
Jumbo	1	77,8	78,0	85,8	75,6	82,4	1,72	2,41
	2	75,8	77,0	91,2	73,5	81,0	2,44	7,20
Média							1,93	2,60

Volume¹ = Volume do ovo medido; Volume² = Volume do ovo calculado pelo modelo proposto; Área sup³ = Área superficial do ovo medida; Área sup⁴ = Área superficial do ovo calculada pelo modelo proposto; Volume^{1,2} = Desvio padrão obtido entre o volume medido e o volume calculado; Área sup^{3,4} = Desvio padrão obtido entre a área superficial medida e a área superficial calculada.

De acordo com as regressões potenciais, com o ajuste da reta passando pela origem, os resultados apresentam coeficiente de determinação $R^2 = 0,94$ e $0,89$, para volume e área superficial de ovos de galinha poedeiras da linhagem Dekalb Brown, respectivamente

(Figura 4). Esses resultados indicam a precisão dos modelos desenvolvidos, sendo esta metodologia também aplicada por diversos autores (CASTRO et al., 2012; PONCIANO et al., 2012; CAMPOS et al., 2013).

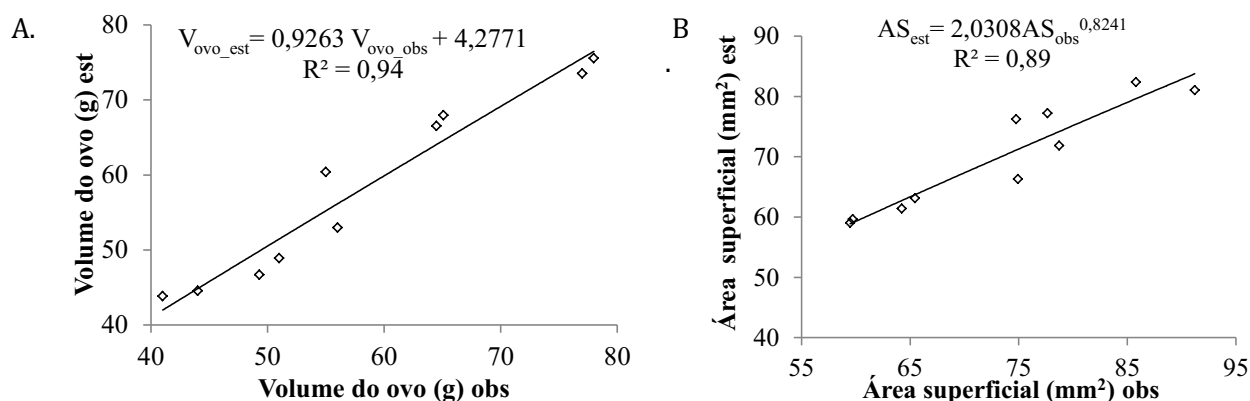


Figura 4. Regressões potenciais para as equações propostas: a) volume do ovo estimado em função do observado, e b) área superficial do ovo estimada em função do observado nas medições.

De posse dos modelos propostos pode-se analisar de forma rápida e precisa a geometria de ovos comerciais, obtendo alta precisão na classificação quanto ao volume e área superficial.

Segundo Trindade et al. (2007), a determinação da área e volume de ovos de galinhas poedeiras é de suma importância, sabendo-se os parâmetros geométricos (área e volume), sabe-se também a idade das aves. As aves mais jovens em início de postura, produzem maior porcentagem de ovos e vai diminuindo esta produção com a idade das

poedeiras. Animais mais velhos tendem a produzir ovos maiores, porém mais pesados, com maior tamanho, casca finas, com gemas e clara maiores.

Diversos autores vêm utilizando modelos matemáticos com aplicação na avicultura, estes são capazes de prever parâmetros fundamentais no processo produtivo. Para avaliar o desempenho de frangos de corte adultos em função da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar, Medeiros et al. (2005) desenvolveram um modelo matemático para prever o consumo de

ração, ganho de peso e conversão alimentar, e encontraram valores dos coeficientes de determinação de 0,91; 0,89 e 0,72, respectivamente.

De acordo com Carmo et al. (2011), a modelagem matemática no setor avícola, tem ganhado grande destaque para predizer custos de produção no Estado de Minas Gerais. O mesmo trabalhando com regressão linear para verificar o comportamento dos custos de produção de frangos de corte, salienta que a ferramenta utilizada é satisfatória, porém, tem que levar em consideração uma margem de erro $\pm 11\%$.

Em pesquisas realizadas com a linhagem Hy-Line Brown, Mohsenin (1970) encontrou $R^2 = 0,66$ para área superficial de ovos de galinhas poedeiras através de modelos elípticos. Oliveira (2006) encontrou valores de $R^2 = 0,82$ para área superficial após trabalhar com ovos de galinhas

poedeiras com 24 semanas da linhagem Dekalb Brown em função do comprimento do eixo longitudinal (L) e (B) comprimento do maior diâmetro transversal do ovo em cm. Por sua vez, Narushin (2005) trabalhando com a linhagem Hy-Line Brown em início de produção para a determinação da As e V através do comprimento do ovo (L) e largura máxima do ovo (B) em mm, chegou a valores de $R^2 = 0,93$ a $0,96$ para As, e $0,95$ a $0,96$ para V.

Determinação do volume dos ovos por imersão

Nos testes preliminares realizados para a determinação do melhor material para a imersão dos ovos verifica-se não haver diferença significativa entre os três materiais testados para a determinação do volume, por meio da imersão dos ovos, levando em consideração a sua classificação (Teste Scott-Knott, $p > 0,05$).

Tabela 3. Análise de variância dos materiais em função das classificações dos ovos

	Método			Classificação	
	Pequeno	Médio	Grande	Extra	Jumbo
Água	40,8 a	50,5 a	50,5 a	60,0 a	73,7 a
Óleo	40,7 a	49,5 a	50,3 a	60,0 a	73,8 a
Semente de painço	41,3 a	51,0 a	53,0 a	61,2 a	74,4 a
	CV (%)			5,43	

Conclusão

Foi possível predizer o volume e a área superficial de ovos de galinha de postura, da linhagem Dekalb Brown, por meio de modelos de regressão potencial em função da massa dos ovos, sendo que os desvios padrão na validação dos modelos foram de 1,93 e 2,60, respectivamente.

Os modelos desenvolvidos podem ser utilizados como ferramenta de auxílio para produtores no setor de classificação de ovos comerciais, onde a geometria dos ovos torna-se um fator de qualidade, agregando valor à produção e maximizando o retorno financeiro da atividade.

Agradecimentos

À CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo suporte financeiro, e à Granja São Jorge pela colaboração nesta pesquisa.

Referências

ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J. S.; SOUZA, G. A.; BONA FILHO, A. Nutrição animal: As bases e os fundamentos de nutrição animal. 6.ed. São Paulo: Nobel, 1998. 183p.

AUTODESK. Autodesk inventor series: getting started. San Rafael: 2011. v.10, 286p.

CAMPOS, A. T.; CASTRO, J. O.; SCHIASSI, L.; YANAGI JUNIOR, T.; ÁVILA PIRES, M. F.; MATTIOLI, C. C. Prediction of free-stall occupancy rate in dairy cattle barns through fuzzy sets. Engenharia Agrícola, v.33, p.1079-1089, 2013.

CASTRO, J. O.; VELOSO, A. V.; YANAGI JUNIOR, T.; FASSANI, E. J.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T. Estimate of the weight of japanese quail eggs through fuzzy sets theory. Ciência e Agrotecnologia, v.36, p.108-116, 2012.

CARMO, C. R. S.; LIMA, I. G.; OLIVEIRA, R.; OLIVEIRA, L. F. M. Modelagem matemática na gestão de custos: um estudo acerca do comportamento dos custos na produção de frangos em Minas Gerais. Custo e Agronegócio, v.7, p.120-142, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores IBGE: Estatística da produção pecuária abr. jun. de 2019. Rio de Janeiro, 2019. 52p.

MEDEIROS, C. M.; BAËTA, F. C.; OLIVEIRA, R. F. M.; TINÔCO, I. F. F.; ALBINO, L. F. T.; CECON, P. R. Efeitos da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar em frangos de corte.

Engenharia na Agricultura, v.13, n.4, p.277-286, 2005.

MOHSENIN, N. N. Physical properties of plant and animal materials. 2.ed. New York: Gordon and Briach Science, 1970. 742p.

NARUSHIN, V. G. Egg geometry calculation using the measurements of length and breadth. Poultry Science, v.84, p.482-484, 2005.

NAVE, M. M. V.; PRADO, C. M. M.; FERNANDES, D. C.; SERAFINI, A. B. Avaliação microbiológica do pó da casca de ovo e otimização da técnica de elaboração do produto. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.37, p.113-118, 2007.

NOVELLO, D.; FRANCESCHINI, P.; QUINTILIANO, D. A.; OST, P. R. Ovo: conceitos, análises e controvérsias na saúde humana. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, v.56, p.315-320, 2006.

OLIVEIRA, G. E. Influência da temperatura de armazenamento nas características físico-químicas e nos teores de aminos biotivas em ovos. 78pF. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2006.

PONCIANO, P. F.; YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; CAMPOS, A. T.; NASCIMENTO, J. W. Sistema fuzzy para predição do desempenho produtivo de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. Engenharia Agrícola, v.32, p.446-458, 2012.

R DEVELOPMENT CORE TEAM: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Version 2.3.1. 2007. Disponível em: www.R-project.org. Acesso em: 05 fev. 2011.

SALVADOR, M.; SANTA, P. D. Teores de macronutrientes e de colesterol em diferentes tipos de ovos. Boletim Centro de Pesquisa e Processamento de Alimento, v.20, p.133-140, 2002.

SILVA, G. C. A.; YANAGI JUNIOR, T.; SILVA, E.; BRAGA JÚNIOR, R. A.; CAMPOS, A. T. Recuperação da topografia de ovos por meio da técnica de moiré e calibração independente. Engenharia Agrícola, v.31, p.211-218, 2011.

SILVA, M. V. G. Determinação das dimensões espaciais de corpos sólidos por técnicas ópticas de moiré. 95f. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2011.

SOUSA, R. C. S.; COIMBRA, J. S. R.; SILVA, L. H. M.; SILVA, M. C. H.; ROJAS, E. E. G.; VICENTE, A. A. M. O. S. Thermodynamic studies of partitioning behavior of lysozyme and conalbumin in aqueous two-phase systems. Journal of Chromatography B, v.877, p.2579-2584, 2009.

TRINDADE, J. L.; NASCIMENTO, J. W. B; FURTADO, D. A. Qualidade do ovo de galinhas poedeiras criadas em galpões no semi-árido paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.11, p.652-657, 2007.

UBABEF. União Brasileira de Avicultura. Exportação de ovos cresceu 61,2% em 2012. Disponível em: <http://www.ahoradoovo.com.br/no-mundo-do-ovo/noticias/?id=250%7Cexportacao-de-ovos-cresceu-612-em-2012-apontam-numericos-da-ubabef>. Acesso em: 21 out. 2013.

Capítulo 4

PASSOS NA EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA PARA PROPAGAÇÃO VEGETATIVA DE *Moringa oleifera*

Patrícia da Silva Costa¹
Alexandre Eugênio da Silva²
Kaline de Souza Meira³
Luana Lucas de Sá Almeida Veloso⁴
Rener Luciano de Souza Ferraz⁵
Ivomberg Dourado Magalhães⁶
José Dantas Neto⁷

¹Doutoranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, patriciagroambiental@gmail.com

²Mestranda em Ciências Agrárias, UEPB, Campina Grande-PB, kalinemeira@hotmail.com

³Mestrando em Ciências Agrárias, UEPB, Campina Grande-PB, eugeniodasilvaalexandre@gmail.com

⁴Doutoranda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, luana_lucas_15@hotmail.com

⁵Dr. Prof., UEPB, Lagoa Seca-PB; PDJ, UFCG, Campina Grande-PB, ferragroestat@gmail.com

⁶Dr. PNPd, UFAL, Maceió-AL, ivomberg31@hotmail.com

⁷Dr. Prof., UFCG, Campina Grande-PB, zedantas1955@gmail.com

Introdução

A *Moringa oleifera* Lam. (Moringa) é considerada uma das árvores mais úteis do mundo, devido todas as suas partes poderem ser utilizadas para alimentação, medicamentos e finalidades industriais. A *M. oleifera* é uma espécie arbórea nativa da Índia, cultivada em países tropicais e subtropicais do mundo, devido suas resilientes características adaptáveis, tais como, capacidade de crescer rapidamente e sobreviver em condições de seca, tornando-a promissora para o cultivo em zonas áridas e semiáridas, como, por exemplo, no Semiárido brasileiro (RECK et al., 2020).

Considerada um dos materiais vegetais naturais mais estudado, a *M. oleifera* é rica em vários nutrientes, como proteínas, fibras e minerais que desempenham papel importante na nutrição humana e animal (N'NANLE et al., 2020), desempenha funções duplas de coagulante e desinfetante no tratamento da água (JONES & BRIDGEMAN, 2019). Além de possuir alto valor comercial, plantas de Moringa contêm diversas propriedades medicinais, atraindo o interesse da indústria farmacêutica, de modo que o cultivo dessas plantas seja em escala crescente, constituindo-se em alternativa para o Nordeste brasileiro (SALEEM et al., 2020).

Apesar desta espécie ser uma leguminosa de fácil adaptação, em lotes comerciais de sementes a germinação pode ser baixa, desse modo, para possível formação de um stand uniforme, a propagação pode ser

realizada vegetativamente através de estacas (MONISHA et al., 2019). A propagação por sementes resulta em grande variabilidade genética, por outro lado, quando propagada via estacas há uma redução em sua variabilidade, devido seu material ser oriundo de clones com a mesma constituição genética da planta matriz, o que denota a importância do desenvolvimento de pesquisas com propagação via estacas, de modo a garantir sucesso nos cultivos dessa espécie (GOMES & KRINSKI, 2013).

Comumente, agricultores fazem a identificação de estacas utilizando de métodos visuais, no entanto, existe a necessidade de se criar parâmetros para identificar estacas, podendo ser realizadas caracterizações biométricas e aplicadas técnicas estatísticas, como a determinação de classes através de análise descritiva de dados e análises multivariadas como Componentes Principais (PCA - *Principal Component Analysis*), que consiste em uma técnica de análise fatorial (GUPTA & BARBU, 2018) e Análise de Agrupamento (*Cluster Analysis*), por exemplo pelo método hierárquico *Ward's minimum variance* (BARTILSON et al., 2019).

Neste contexto, objetiva-se realizar a caracterização morfométrica, classificação, avaliação do enraizamento e brotação, bem como a influência da variação do espectro luminoso e concentrações de extrato aquoso de tiririca sob as mudanças microclimáticas ambientais e fotomorfogênese de estacas de *M. oleifera*.

Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Fitopatologia do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no município de Lagoa Seca – PB, nas coordenadas de Latitude 7° 09' S, Longitude 35° 52' W e altitude de 634 m (SOARES et al., 2017), no mês de julho de 2018.

Caracterização morfométrica de estacas de Moringa oleifera

Foram obtidas estacas de *M. oleifera* Lamarck, de uma planta matriz localizada na cidade de Campina Grande – PB (7°12'36.4"S e 35°52'51.4"W). Utilizou-se de um delineamento inteiramente casualizado com três tratamentos representados pelas categorias de estacas (estacas herbáceas – HER, estacas semilenhosas – SLE, e estacas lenhosas – LEN), com cinco repetições. Cada unidade experimental foi constituída de uma estaca medindo 0,15 m de comprimento.

As categorias de estacas foram determinadas de acordo com a coloração, diâmetro e massa. A caracterização morfométrica foi expressa a partir do diâmetro na base (DBA, mm), centro (DCE, mm) e ápice (DAP, mm) das estacas, massa de estacas (MES, g), espessura (ECA, mm) e massa de casca (MCA, g). As massas, diâmetros e espessuras foram determinados utilizando-se de balança digital de 0,0001 g e paquímetro digital de 0,01mm de precisão (RAMOS et al., 2010).

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov (KOLMOGOROV, 1933; SMIRNOV, 1948). Posteriormente, foi realizada análise de variância e teste de comparações múltiplas de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade de erro (BARBOSA & MALDONADO JÚNIOR, 2015). Para a análise dos dados e confecção de gráficos, utilizou-se de planilha eletrônica e do *Software* para Análises Estatísticas - Sisvar (FERREIRA, 2014).

Classificação de estacas de Moringa oleifera por técnicas multivariadas e caracteres morfométricos

De posse dos dados da análise morfométrica, a classificação das estacas foi realizada a partir de análise de Componentes Principais (ACP); análise de variância multivariada (MANOVA) pelos testes de Wilks, Pillai's, Hotelling e Roy's; e Análise de Agrupamento (AA), notadamente para

confirmação da classificação visual realizada previamente. Para o processamento das análises, utilizou-se do *software* Statistica v. 7.0 (STATSOFT, 2004).

Enraizamento e brotação de estacas de M. oleifera

Estacas herbáceas, semilenhosas e lenhosas com 15 cm de comprimento e 4 a 5mm de diâmetro, contendo de 2 a 3 nós, foram obtidas no período matutino, entre 7 e 9 horas, de plantas matrizes de *M. oleifera*, cultivadas em propriedade rural, localizada na cidade de Lagoa Seca, PB, Brasil (7°09'09.8"S e 35°55'14.8"W). As estacas foram acondicionadas em caixa de isopor, acomodadas em duas camadas de papel toalha umedecidas para evitar desidratação e transportadas para o Laboratório de Fitopatologia do CCAA/UEPB, onde foram lavadas em água corrente e desinfestadas com solução de hipoclorito de sódio a 2% por 5 minutos (PAIVA et al., 2015).

As estacas foram plantadas em saco de polietileno de cor preta com capacidade volumétrica de 1 dm³ preenchido com substrato constituído de solo arenoso e esterco bovino na proporção de 3:1 com umidade próxima da capacidade de campo. Os sacos contendo as estacas foram transferidos para o Setor de Produção de Mudanças do CCAA/UEPB.

Variação do espectro luminoso e concentrações de extrato aquoso de tiririca sob as mudanças microclimáticas ambientais e fotomorfogênese de estacas de M. oleifera

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 4, com três repetições. Os fatores consistiram de quatro concentrações de extrato aquoso obtidos de tubérculos de tiririca (*Cyperus rotundus* L.), (EAT₀ = controle 0%, EAT₂₅ = 25%, EAT₅₀ = 50% e EAT₁₀₀ = 100%) e quatro condições de luminosidade (LBR = luz branca, LAZ = luz azul, LVE = luz vermelha e LVX = luz vermelho extremo), que foram obtidos a partir de quatro ambientes protegidos (mini estufas) com dimensões de 2,0 x 1,0 x 1,0 m de comprimento, largura e altura, respectivamente, recobertos por uma camada de plástico transparente para obtenção da condição de luminosidade com a luz branca; para a azul, o ambiente transparente foi revestido com duas camadas de papel celofane azul; para a vermelha, duas camadas de papel celofane vermelho; e para o vermelho extremo,

uma camada de papel celofane vermelho e uma de azul, sobrepostas (YAMASHITA et al., 2011; CARDOSO-GUIMARÃES et al., 2018).

É importante ressaltar que os ambientes protegidos tiveram sua base constituída de tábuas de madeira de 1,0 m de comprimento, 0,10 m de largura e 0,018 m de espessura. Exceto para o ambiente com luz branca, as bases dos demais ambientes protegidos foram revestidos com plástico de cor preta com espessura de 200 micras, notadamente para evitar a entrada de luz branca no interior dos ambientes.

As concentrações de extrato aquoso de *C. rotundus* foram aplicadas mediante imersão das estacas nas soluções correspondentes a cada concentração de extrato por 10 segundos, em recipientes de 0,5 L envoltos e cobertos com duas camadas de papel celofane de cor verde, notadamente por constituir-se em luz de segurança, sem influência sobre os fitocromos (PEREIRA et al., 2011). Posteriormente, as estacas foram plantadas em saco de polietileno de cor preta com capacidade volumétrica de 1 dm³ preenchido com substrato constituído de solo arenoso e esterco bovino na proporção de 3:1 com umidade próxima da capacidade de campo. Os sacos contendo as estacas foram transferidos para os quatro ambientes protegidos correspondentes a cada condição de luminosidade.

Semanalmente, em cada unidade experimental, foram realizadas observações para quantificação do número de brotações (NBR). Transcorridos 60 dias após o plantio (DAP), foi determinado o número de brotações sobrevivente (NBS) e, posteriormente, as estacas foram removidas dos sacos de

polietileno e separadas do substrato para avaliação do número de raízes (NRA).

As variações microclimáticas foram monitoradas no interior dos ambientes protegidos durante o experimento e expressas por meio das variáveis de iluminância (ILU, em lx), temperatura média do ar (TMA, em °C), umidade relativa média do ar (URA, em %) e temperatura média do solo (TMS, em °C). A iluminância foi mensurada utilizando-se de um luxímetro digital modelo LD-400 com memória de armazenamento de até 50 leituras. As variáveis de temperatura e umidade foram aferidas utilizando-se de um termohigrômetro digital com escala de temperatura de 0 a 50°C e umidade relativa de 20 a 99%, com precisão de ±1 °C de temperatura e ±5% de umidade relativa.

O consumo de água evapotranspirada pelas estacas (CAE, em L) durante todo o experimento foi calculado a partir do somatório dos volumes de água requeridos (VAR, em L) para reposição do solo à condição de capacidade de campo em cada turno de rega, dado pela expressão $CAE = \sum VAR$.

Resultados e Discussão

Caracterização morfológica de estacas de *Moringa oleifera* para cultivo agroecológico

Com base nos resultados das análises de variância, verifica-se que existe diferença significativa ($p < 0,01$) entre as categorias de estacas para todas as variáveis morfológicas avaliadas. A partir do teste de Kolmogorov-Smirnov, verifica-se que os dados possuem distribuição normal e atendem aos pressupostos para análise de variância (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para as variáveis da caracterização morfológica de estacas de *Moringa oleifera*

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios					
		DBA	DCE	DAP	MES	ECA	MCA
Categorias de estacas	2	261,05**	266,88**	293,39**	3253,65**	1,19**	300,98**
Resíduo	12	1,08	1,53	1,56	18,40	0,01	1,60
CV (%)		6,62	8,11	8,51	13,86	7,15	11,73
Testes de normalidade		P-valor					
Kolmogorov-Smirnov		0,42	0,79	0,66	0,53	0,75	0,73

** : significativo a 1% pelo teste F; GL: grau de liberdade; DBA: diâmetro na base; DCE: diâmetro no centro; DAP: diâmetro no ápice; MES: massa de estaca; ECA: espessura de casca; MCA: massa de casca; CV: coeficiente de variação.

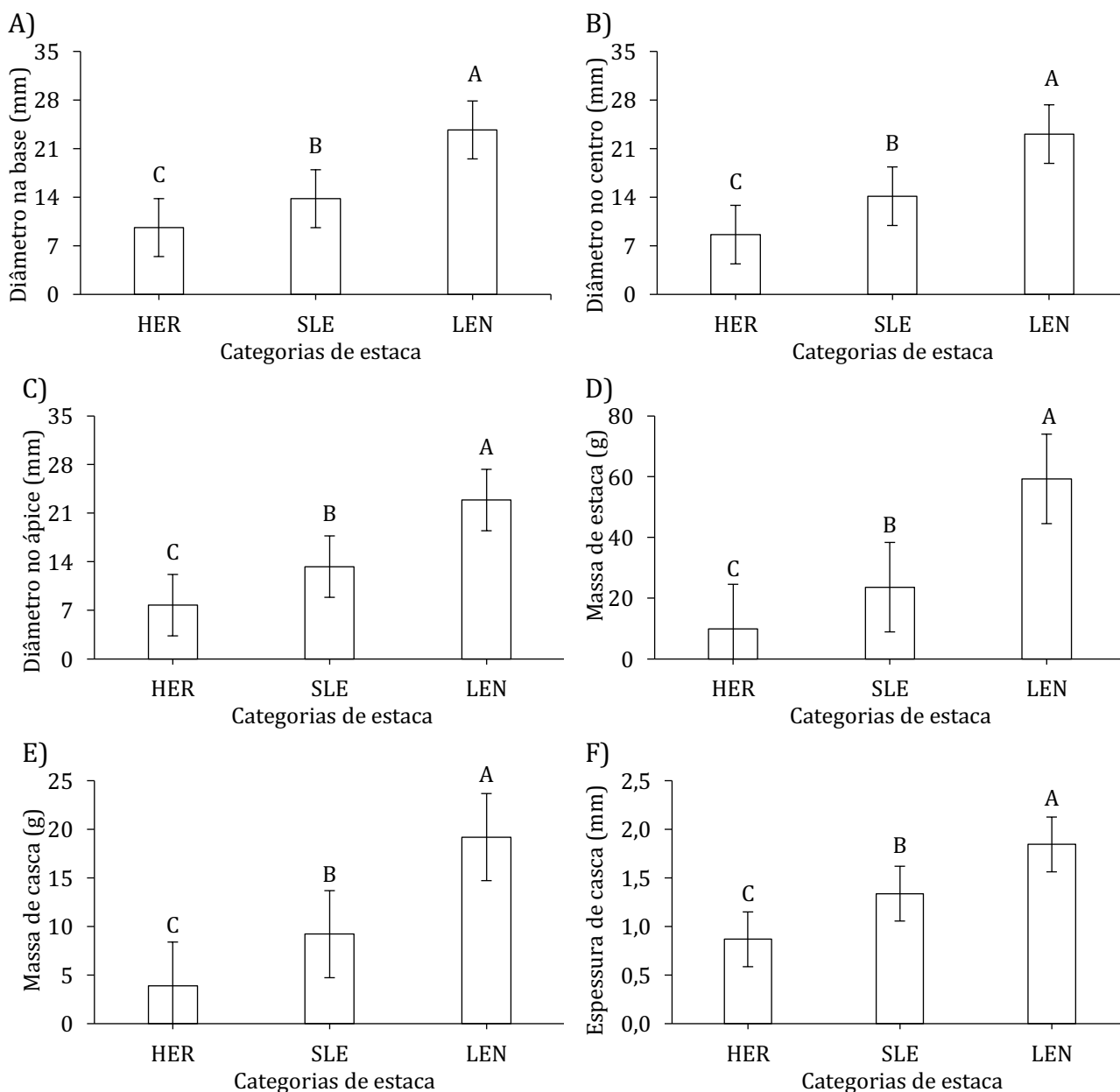
Estacas lenhosas possuem diâmetro da base de 23,69mm, enquanto que as semilenhosas apresentam valor intermediário

de 13,79mm, já as estacas herbáceas possuem diâmetro da base de 9,62mm (Figura 1A). Maior diâmetro do centro (23,09mm) foi obtido em

estacas lenhosas, seguido de 14,14 e 8,61mm, obtidos em estacas semilenhosas e herbáceas, respectivamente (Figura 1B). Estacas lenhosas possuem maior diâmetro do ápice (22,90mm), enquanto estacas semilenhosas possuem valor intermediário de 13,31mm, e estacas herbáceas apresentam menor valor de 7,76mm (Figura 1C).

Valor mais expressivo de massa de estaca (59,31 g), casca (19,20 g) e espessura de

casca (1,84mm) são quantificados em estacas lenhosas, enquanto estacas semilenhosas apresentam valor intermediário de massa de estaca (23,67 g), casca (9,21 g) e espessura de casca (1,34mm), já em estacas herbáceas os valores de massa de estaca, casca e espessura de casca são de 9,88 g, 3,92 g e 0,87mm (Figuras 1D, E e F).



Legenda: HER: herbácea, SLE: semilenhosa, LEN: lenhosa.

Figura 1. Diâmetro na base (A), centro (B) e ápice (C) de estacas, massa de estaca (D), casca (E) e espessura de casca (F) de estacas de *Moringa oleifera* Lamark.

A caracterização morfológica de diferentes categorias de estaca de *M. oleifera* constitui uma importante contribuição para o estado da arte acerca da propagação vegetativa

desta espécie, notadamente devido ao fato de poucas informações a este respeito serem encontradas na literatura. De fato, a morfometria de estacas é importante para a

propagação assexuada de plantas, pois, de acordo com Barroso et al. (2017) esta técnica possibilita plantios uniformes e com qualidade fenológica adequados às demandas de mercado.

É possível inferir que, estacas com maior diâmetro, massa e espessura de cascas tenham maior enraizamento e desempenho de mudas, sobretudo porque estes materiais podem acumular maior quantidade de reservas energéticas e hormônios indutores de crescimento (ALVES, 2018). Ressalte-se que a capacidade de enraizamento depende de vários fatores, como por exemplo, a idade da planta matriz, a época do ano, comprimento das estacas e fatores climáticos (BIONDI et al., 2008). Estas informações ratificam a

necessidade de pesquisas com maior nível de detalhamento de características morfológicas para estimativa de qualidade de estacas de *M. oleifera*.

Classificação de estacas de Moringa oleifera por técnicas multivariadas e caracteres morfológicos

Formaram-se dois Componentes Principais (CPs), os quais respondem por 98,46% da variância total do experimento. Com base na análise de variância multivariada, constata-se que existem diferenças estatísticas significativas ($p < 0,001$) entre as categorias de estacas (Tabela 2).

Tabela 2. Autovalores, variância explicada, efeito das categorias de estacas e coeficientes de correlação entre Componentes Principais e variáveis

CPs	λ	$\sigma^2\%$	p -Wi	p -Pi	p -Ho	p -Ro	Cargas Fatoriais (r)					
							DBA	DCE	DAP	MES	MCA	ECA
CP ₁	5,84	97,25	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,99	-0,99	-0,99	-0,98	-0,99	-0,97
CP ₂	0,07	1,21	-	-	-	-	0,07	-0,02	-0,05	0,14	0,06	-0,20

CPs: componentes principais; λ : autovalores; $\sigma^2\%$: porção da variância explicada; p -Wi, p -Pi, p -Ho e p -Ro: probabilidade de significância para efeito das categorias de estacas pelos testes de Wilks, Pillai's, Hotelling e Roy's; DBA: diâmetro na base; DCE: diâmetro no centro; DAP: diâmetro no ápice; MES: massa de estaca; MCA: massa de casca; ECA: espessura de casca. Devido ao fato de não existir correlação entre nenhuma variável estudada, não foi realizada análise de variância multivariada para o CP₂.

Observa-se na projeção bidimensional dos resultados que, o primeiro componente principal (CP₁) representa 97,25% da variância total do experimento e pode ser explicado pela combinação linear entre todas as variáveis consideradas na pesquisa. Verifica-se que, todas as variáveis estudadas são importantes para evidenciar as diferenças entre as estacas. Observa-se que as estacas lenhosas (LEN) tem

maior diâmetro na base (DBA), centro (DCE) e ápice (DAP), massa de estacas (MES), massa de casca (MCA) e espessura de casca (ECA). As estacas semilenhosas (SLE) apresentam valores intermediários e as herbáceas (HER) menores valores para estas respectivas variáveis. O CP₂ responde por 1,21% da variância remanescente e não possui variáveis com coeficiente de correlação elevado (Figura 2).

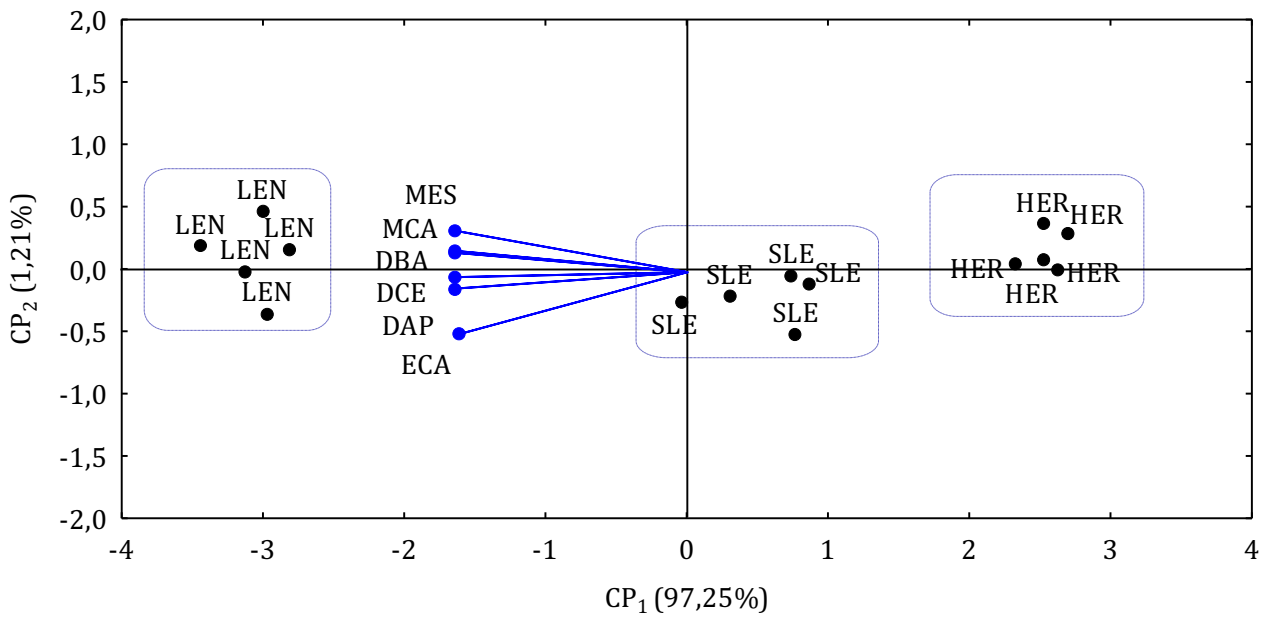


Figura 2. Projeção bidimensional (Biplot) das categorias de estacas de *Moringa oleifera* Lamark nos dois primeiros Componentes Principais (CP₁ e CP₂).

A categorização das estacas de *M. oleifera* é de fundamental importância para o avanço de estudos sobre a cultura, notadamente devido ao fato da propagação vegetativa através de estaquia ter se mostrado uma alternativa viável, com baixo custo, rapidez no processo de produção de mudas para várias espécies, além de garantir a manutenção da homogeneidade do material vegetal, permitindo produzir mudas idênticas à planta-matriz, elevando a produtividade e a qualidade dos cultivos (ROSA et al., 2017).

Os resultados obtidos com a ACP são ratificados pela Análise de Agrupamento, notadamente pela separação entre as categorias a partir da dissimilaridade e agrupamento entre estacas a partir da similaridade. De fato, todas as estacas categorizadas visualmente como lenhosas apresentam expressiva dissimilaridade quando comparadas com as semilenhosas e com as herbáceas, ressaltando-se que estas duas últimas também apresentam dissimilaridade entre si (Figura 3).

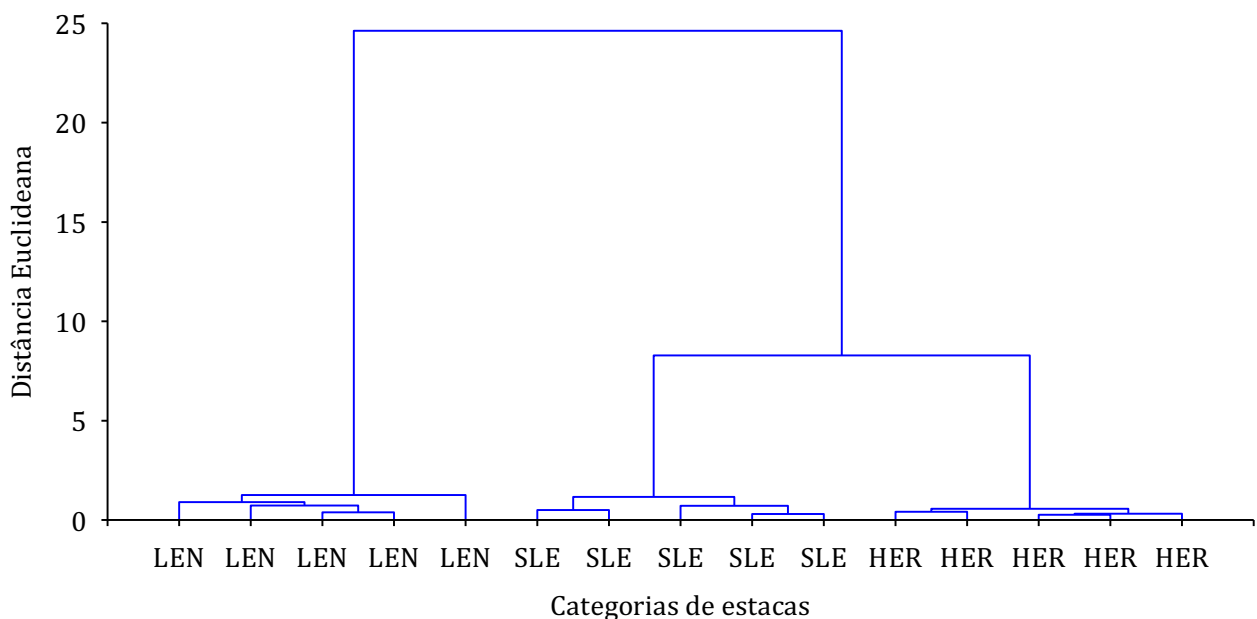


Figura 3. Dendrograma de agrupamento (*Cluster Analysis*) das categorias de estacas de *Moringa oleifera* Lamark.

Embora seja possível confirmar que a técnica de categorização visual das estacas de *M. oleifera* seja eficiente para separá-las em herbáceas, semilenhosas e lenhosas, é importante ressaltar a necessidade de estudos para formação de mudas a partir destas estacas, isso porque Rosa et al. (2017) mencionam que, a viabilidade de uso da técnica de estaquia depende da capacidade de formação de raízes adventícias em cada espécie ou genótipo, da qualidade do sistema radicular formado e do desenvolvimento posterior da planta propagada na área de produção.

Brotação de estacas de Moringa oleifera

De acordo com a Figura 4, verifica-se que a estaca lenhosa de *M. oleifera* apresenta

maior número de brotações quando comparada às estacas herbáceas e semilenhosas, podendo-se ressaltar que estacas do tipo lenhosas de *M. oleifera* pode apresentar maior percentual de sobrevivência quando comparadas a estacas herbáceas e semilenhosas. Observa-se ainda que, a estaca semilenhosa *M. oleifera* também tem o desenvolvimento de brotações, no entanto, em menor número quando confrontada com a estaca lenhosa. Desse modo, faz-se necessário a aplicação de estratégias para estimular de forma mais significativa a brotação de estacas semilenhosas, haja vista, a grande quantidade de material vegetal que pode ser descartado, devido ao uso apenas de estacas lenhosa para se realizar a estaquia (GASTL FILHO et al., 2019).



Figura 4. Brotações de estacas herbáceas, semilenhosas e lenhosas de *M. oleifera*.

Variação do espectro luminoso e concentrações de extrato aquoso de tiririca sob as mudanças microclimáticas ambientais e fotomorfogênese de estacas de M. oleifera

Pelos resultados obtidos, observa-se que a temperatura média do ar se manteve semelhante entre as condições de luminosidade com luz branca, vermelha e vermelho extremo, com médias de 37,77, 37,58 e 38,16°C, respectivamente, enquanto que sob luz azul a temperatura média do ar reduziu-se para 34,75°C. Já a temperatura do solo apresenta-se maior nos ambientes sob luz vermelha e vermelho extremo, em média de 41,38 e 42,35°C, respectivamente, de modo que estes ambientes diferem dos ambientes sob luz

branca e azul, onde são registradas temperaturas do solo de 36,55 e 35,63°C, respectivamente. Desse modo, a escolha e manejo do ambiente protegido devem ser adequados, pois, além das altas temperaturas, o manejo inadequado pode ocasionar incremento de radiação infravermelha e calórica, de modo a gerar aumento na temperatura interna do ambiente, e isso pode induzir estresse térmico nos vegetais, notadamente, pela aceleração do metabolismo com incremento do processo respiratório e desnaturação proteica, o que implica em redução do processo fotossintético (SILVA et al., 2020).

Por meio das Figuras 5A e B têm-se uma visão parcial das brotações submetidas ao filtro de luz verde.

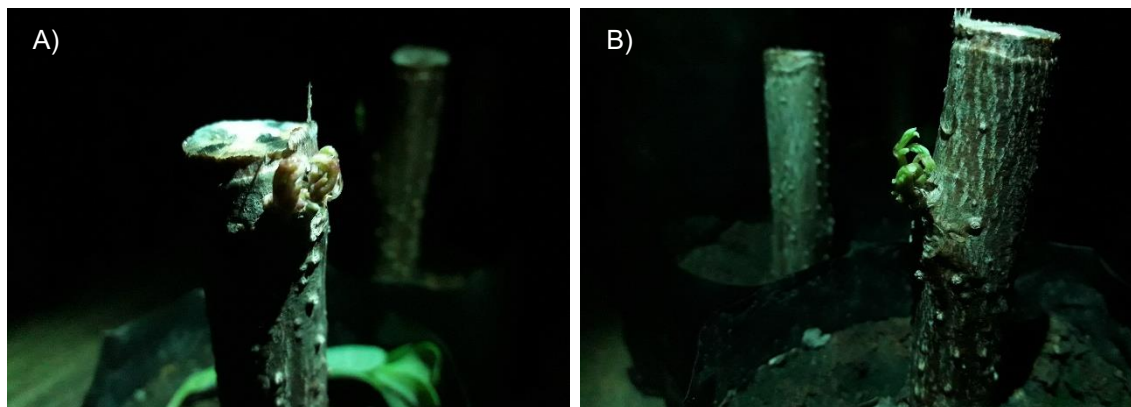


Figura 5. Imagens noturnas das brotações, feitas com filtro de luz verde (A e B), em estacas de *M. oleifera* sob variações do espectro de luz e concentrações de extrato de tiririca.

Aos 60 DAP, não se verifica formação de raízes nas estacas de *M. oleifera* em função das condições de luminosidade com luz branca (Figura 6A), azul (Figura 6B), vermelha (Figura 6C) e vermelho extremo (Figura 6D) e concentrações de extrato aquoso de tubérculos de tiririca aplicadas. Mesmo com a aplicação de extrato contendo fitormônios indutores de enraizamento, a não formação de raízes pode ter ocorrido em resposta às mudanças no espectro de luz, isso ocorre porque o

crescimento e a morfogênese das plantas são influenciados pela intensidade, irradiância e fluência luminosa, haja visto que a qualidade da luz pode afetar os níveis de fitormônios, como auxinas, giberelina e citocininas, através da expressão gênica associada à regulação metabólica e isso pode alterar a síntese de metabólitos secundários pelos sinais dos fotorreceptores e ocasionarem redução na sobrevivência das plantas (FUKUDA, 2019).

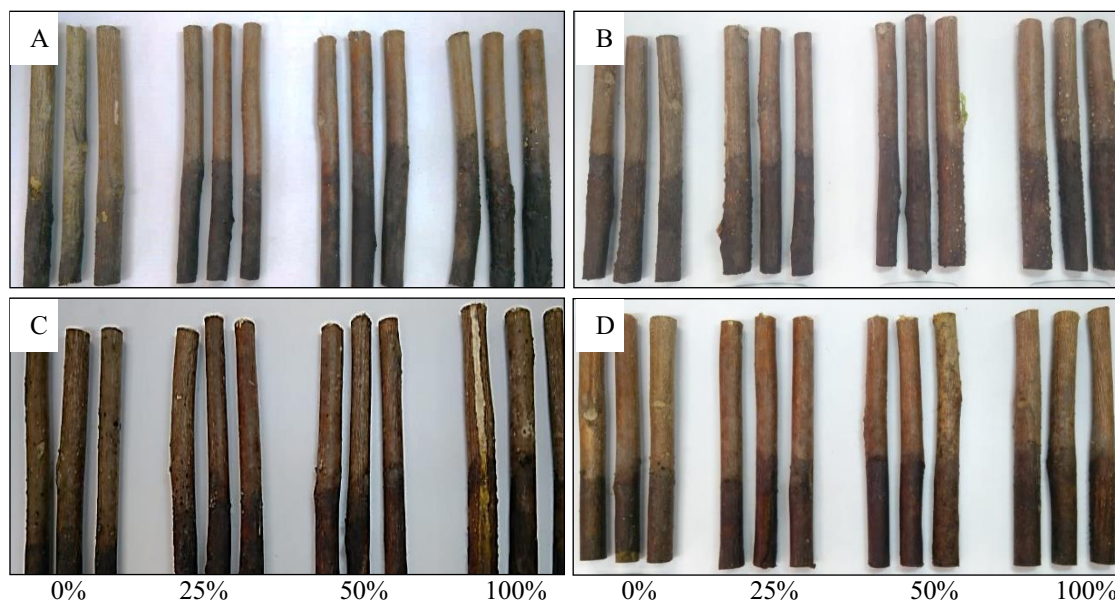


Figura 6. Estacas de *M. oleifera* 60 dias após o plantio em condições de luminosidade sob luz branca (A), azul (B), vermelha (C) e vermelho extremo (D).

Conclusão

Estacas lenhosas de *M. oleifera* apresentaram maior diâmetro, massa fresca, espessura e massa de cascas em relação às

estacas semilenhosas e herbáceas, respectivamente.

Medidas morfométricas de diâmetro e massa de estacas, espessura e massa de casca,

podem ser utilizadas como indicadores para a classificação de estacas de *M. oleifera* para confirmação da categorização realizada visualmente.

Estacas lenhosas são recomendadas para a propagação vegetativa de *M. oleifera* por apresentar maior número de brotações.

Estacas semilenhosas de *M. oleifera* apresentaram um número de brotações reduzidos, tornando indispensável o estudo de estratégias e técnicas que estimulem o desenvolvimento de brotações em estacas semilenhosas, afim reduzir as perdas de material vegetal em resultado da preferência por estaca lenhosas no processo estaquia.

A temperatura do ar foi reduzida sob luz azul, enquanto que as luzes vermelha e vermelho extremo promoveram aumento de temperatura do ar e do solo.

Ambientes protegidos iluminados com luz azul e aplicação de extrato aquoso de *C. rotundos* possibilitaram a brotação e sobrevivência de estacas de *M. oleifera* mesmo sem a formação de raízes 60 dias após o plantio e condições microclimáticas variáveis.

Modificações do espectro de luz e aplicação de extrato aquoso de *C. rotundos* em estacas de *M. oleifera* em ambiente protegido devem ser manejadas em função das épocas do ano, uma vez que as variáveis microclimáticas são alteradas e influenciam a brotação, formação de raízes e sobrevivência das mudas.

Referências

ALVES, L. F. Propagação vegetativa de assapeixe (*Vernonia polyanthes* (Spreng.) Less.): estaquia caular e miniestaquia. 70f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2018.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. Experimentação Agronômica & AgroEstat: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaio Agronômicos. Jaboticabal: Funep, 2015. 396p.

BARROSO, M. M. A.; ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. de M.; CAJAZEIRA, J. P.; QUEIROZ, R. F.; OLIVEIRA, I. M. de S. Morfologia de propágulos e auxina exógena na estaquia de pitaiá vermelha. *Revista de Ciências Agrárias*, v.60, n.4, p.350-357, 2017.

BARTILSON, D. T.; JANG, J.; SMYTH, A. W. Finite element model updating using objective-consistent sensitivity-based parameter clustering and Bayesian regularization. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v.114, p.328-345, 2017.

BIONDI, D.; BREDOW, E. A.; LEAL, L. Influência do diâmetro de estacas no enraizamento de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. *Semina: Ciências Agrárias*, v.29, n.2, p.277-282, 2008.

CARDOSO-GUIMARÃES, C. A. F.; NASCIMENTO, E. A.; LUNA, C. L. A.; FERRAZ, R. L. S.; COSTA, P. S.; ARAÚJO, M. A. Germinação e crescimento inicial de *Moringa oleifera* sob variação do espectro luminoso e fitormônios. In: Encontro de Extensão, Pesquisa e Inovação em Agroecologia, 4, 2018, Picuí. Anais... 2018.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v.38, n.2, p.109-112, 2014.

FUKUDA, N. Plant growth and physiological responses to light conditions author links open overlay panel. In: ANPO, M.; FUKUDA, H.; WADA, T. Plant factory using artificial light: Adapting to environmental disruption and clues to agricultural innovation. Elsevier, Amsterdã. 2019.

GASTL FILHO, J.; CARVALHO, V. de; REZENDE, A. S.; ALMEIDA, A. M. M. de; NASCIMENTO, V. A.; BONETTI, L. L. de S. Bioextrato de tiririca no enraizamento e desenvolvimento inicial de amoreira-preta. *Revista Inova Ciência & Tecnologia*, v.5, n.2, p.18-24, 2019.

GOMES, E. N.; KRINSKI, D. Propagação vegetativa de *Piper amalago* L. (Piperaceae) em função de tipos de estaca e substratos. *Cultura Agronômica: Revista de Ciências Agronômicas*, v.25, n.2, p.199-210, 2016.

GUPTA, A.; BARBU, A. Parameterized principal component analysis. *Pattern Recognition*, v.78, p.215-227, 2018.

JONES, A. N.; BRIDGEMAN, J. A fluorescence-based assessment of the fate of organic matter in water treated using crude/purified Hibiscus seeds as coagulant in drinking water treatment. *The Science of the Total Environment*, v.646, p.1-10, 2018.

KOLMOGOROV, A. Sulla determinazione empirica di una legge di distribuzione. *Giornale dell'Istituto Italiano degli Attuari*, v.4, p.83-91, 1933.

MONISHA, S.; GEETHARANI, P.; GEETHA, R.; VENKATESAN, K. Effect of foliar spray of growth regulator, micronutrient and chemical in different methods of propagation on growth and yield parameters of ratoon crop of annual *Moringa (Moringa oleifera* Lam.) cv. PKM. *International Journal of Chemical Studies*, v.7, n.3, p.2926-2929, 2019.

N'NANLE, O.; TÉTÉ-BÉNISSAN, A.; NIDEOU, D.; ONAGBESAN, O. M.; TONA, K. Use of *Moringa*

oleifera leaves in broiler production chain. 1- Effect on Sasso breeder hens performances, internal quality of hatching eggs and serum lipids. *Veterinary Medicine and Science*, v.1, p.1-7, 2020.

PAIVA, E. P.; ROCHA, R. H. C.; PRAXEDES, S. C.; GUEDES, W. A.; SÁ, F. V. S. Crescimento e qualidade de mudas de romãzeira wonderful propagadas por estaquia. *Revista Caatinga*, v.28, p.64-75, 2015.

PEREIRA, M. C.; CARDOSO, N. P.; GIANCOTTI, P. R. F.; ALVES, P. L. A. C. Germinação de sementes de melão-de-são-caetano sob variação de água, luz e temperatura. *Bioscience Journal*, v.279, n.3, p.363-370, 2011.

RAMOS, L. A.; COSTA, R. S.; MÔRO, F. V.; SILVA, R. C. Morfologia de frutos e sementes e morfofunção de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.). *Comunicata Scientiae*, v.1, n.2, p.156-160, 2010.

RECK, I. M.; PAIXÃO, R. M.; BERGAMASCO, R.; VIEIRA, M. F.; VIEIRA, A. M. S. Investigation of *Moringa oleifera* seeds as effective and low-cost adsorbent to remove yellow dye tartrazine in fixed-bed column. *Separation Science and Technology*, v.55, p.13-25, 2020.

ROSA, G. G.; ZANANDREA, I.; MAYER, N. A.; BIANCHI, V. J. Efeito do genótipo no enraizamento e aclimação de estacas semilenhosas de porta enxertos de pessegueiro.

Revista de Ciências Agroveterinárias, v.16, n.3, p.449-455, 2017.

SALEEM, A.; SALEEM, M.; AKHTAR, M. F. Antioxidant, anti-inflammatory and antiarthritic potential of *Moringa oleifera* Lam: An ethnomedicinal plant of Moringaceae family. *South African Journal of Botany*, v.128, p.246-256, 2020.

SILVA, A. E. da; SILVA, J. P. da; MEIRA, K. de S.; COSTA, P. da S.; FERRAZ, R. L. de S.; SILVA FILHO, A. M. da. Brotação e sobrevivência de estacas de *Moringa oleifera* sob variações de luz e extrato aquoso. *Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.9, p.7056, 2020.

SMIRNOV, N. Table for estimating the goodness of fit of empirical distributions. *Annals of Mathematical Statistics*, v.19, n.2, p.279-281, 1948.

SOARES, C. S.; SILVA, J. A. da; SILVA, G. N. da. Produção de coentro em diferentes espaçamentos dos canais hidropônicos. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v.22, p.1-5, 2017.

STATSOFT, INC. Programa computacional *Statistica 7.0*. E. A. U. 2004.

YAMASHITA, O. M.; GUIMARAES, S. C.; CAVENAGHI, A. L. Germinação das sementes de *Conyza canadensis* e *Conyza bonariensis* em função da qualidade de luz. *Planta Daninha*, v.29, n.4, p.737-743, 2011.

Capítulo 5

VOLUME DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MUNICÍPIO DE PASSOS-MG

Eberson Silva¹
Flávio Alves Damasceno²
Dian Lourençoni³
Thiago Gonçalves da Silva⁴
Carlos Eduardo Alves Oliveira⁵

¹Prof. Dr., UEMG, Passos-MG, eberson.silvafespmg@yahoo.com.br

²Prof. Dr., UFLA, Lavras-MG, flavio.damasceno@deg.ufla.br

³Prof. Dr., UNIVASF, Petrolina-PE, dian.lourenconi@univasf.edu.br

⁴Discente, UEMG, Passos-MG, thiago.silva@uemg.br

⁵Mestrando em Eng. Agrícola, UFV, Viçosa-MG, carloseoliveira@hotmail.com

Introdução

Uma das mais importantes atividades relacionadas ao desenvolvimento social e econômico de um país está vinculada à indústria da construção civil. Por outro lado, ao longo de toda a sua cadeia produtiva, esta indústria ocasiona um grande impacto ao meio ambiente, incluindo a ocupação de terras, a extração de matérias-primas, a produção e o transporte de materiais, a construção de edifícios propriamente dita e a geração e disposição de resíduos sólidos (ESTEVÃO et al., 2012; BRASILEIRO & MATOS, 2015). A indústria da construção civil destaca-se como uma grande geradora de resíduos, e a quantidade destes é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento de uma cidade, resultado da maior atividade econômica e dos hábitos de consumo (SCHNEIDER, 2003 apud BEZERRA, 2016).

No Brasil, há uma preocupação em relação à quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD) gerados, pois os municípios recolhem apenas os resíduos descartados nos locais públicos. Em 2015 foram recolhidos 45 milhões de toneladas de RCD nos municípios brasileiros, um aumento de 4,1%, quando comparado com o ano anterior (ABRELPE, 2015).

Em 2017 foram gerados 45,66 milhões de toneladas de RCD, e o descarte irregular desses materiais tem trazido grandes transtornos à infraestrutura de drenagem nas cidades em todo o Brasil, pois causa o entupimento de galerias e o assoreamento de canais, aumentando desnecessariamente os custos da administração pública (ABRECON, 2015).

Tamura (2015) ressalta que, a grande quantidade de RCD causa também grandes impactos ambientais, como o consumo exagerado de recursos naturais e a modificação da paisagem. Nota-se que a composição dos RCD que advém, senão de atividades construtivas de edificações, encontram suas causas em deficiências de elaboração de projetos ou mesmo na execução destes, bem como na má qualidade de materiais empregados ou manipulação incorreta do mesmo pelos executores, ou ainda de perdas ocasionadas pelo transporte incorreto e/ou armazenamento.

De acordo com Silva e Maciel (2009), os resíduos de construção podem ser gerados em diferentes fases do empreendimento, como nas fases de construção, de manutenção ou reformas e fase de demolição. A geração de resíduo durante a fase de construção, ocorre principalmente das perdas intrínsecas ao processo construtivo que se encontram, muitas vezes, sobre forma de peças da edificação que acabam por ficar superdimensionadas. Já a geração de resíduos na fase de manutenção encontra-se atrelada a diversos fatores, como correção de patologias provenientes de projeto deficiente, reformas ou mesmo o fim de vida útil de componentes que precisam de substituição. Na etapa de demolição, a redução dos resíduos depende do prolongamento da vida útil de seus componentes, que, por sua vez, dependem das tecnologias e materiais utilizados, da existência de incentivos para que os proprietários realizem modernizações e não demolições, e da existência de procedimentos eficazes para a reutilização de componentes (JOHN, 2000).

Em países europeus, tais como Alemanha e países da Europa Oriental,

aproximadamente dois terços dos resíduos de construção gerados são provenientes de obras de manutenção e demolição, sendo o restante resultante de atividades de construção (JOHN, 2000). Os resíduos da construção civil (RCC) representam a massa predominante de resíduos gerados em áreas urbanas. No Brasil, correspondem entre 50 a 70% quando comparados com o total de resíduos sólidos urbanos - RSU (IPEA, 2012; KLEIN & DIAS, 2017).

De acordo com o Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos, divulgado anualmente pelo Sistema Nacional de informações sobre Saneamento – SNIS, o Estado de Minas Gerais coletou 2.229.579 de toneladas de RCD em 2015, sendo o segundo estado que mais gera resíduos da construção civil (SNIS, 2015).

A resolução CONAMA n° 307/2002 (BRASIL, 2002) destaca que, os resíduos da construção civil classificadas como A e B são os que podem ser reutilizados, uma das medidas para diminuir os danos causados pela esfera civil é a triagem e reciclagem nos canteiros de obras para diminuir os impactos ambientais e minimizar a extração dos recursos naturais.

A Lei 12.305/10, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), regulamentada a partir do Decreto nº 7.404 de 23/12/2010, tem como principal objetivo a resolução de problemas sociais e econômicos vinculados ao manejo e disposição incorreta de resíduos sólidos. Esta lei foi criada a partir do aumento da preocupação com o meio ambiente, visando à prevenção e a diminuição no desenvolvimento de resíduos, tendo como proposta, a prática sustentável, o aumento da prática e os meios

que ocasionem o aumento da reciclagem, reutilização desses resíduos e a direção ambiental adequada dos rejeitos (OLIVEIRA & JUNIOR, 2018).

A alteração de reciclagem dos resíduos de construção e demolição no Brasil é atual, e vem advertindo a administração pública e aos gestores privados pela alternativa que há em resolver o problema de destinação dos RCD e também propiciando geração de produtos de qualidade e mais econômico. Pode-se dizer, portanto, que é imperativa a mudança de hábitos acerca da geração de RCD e do descarte dos mesmos (BEZERRA, 2016).

Diante do exposto, objetiva-se com este trabalho determinar o volume de resíduos da construção civil e demolição (RCD) do município de Passos – MG durante o período de janeiro de 2017 a agosto de 2018.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado no município de Passos – Minas Gerais (Latitude 20° 43' 08" S, Longitude 46° 36' 35"W e altitude de 745 m), com clima, conforme a Classificação de Köppen, classificado como Cwa – temperado úmido, com inverno seco e verão chuvoso (SÁ JÚNIOR et al., 2012).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), sua população no último censo demográfico (2010) era de 106.290 habitantes, com estimativa de ter atingido 114.679 habitantes no ano de 2019, dos quais cerca de 95% residem na cidade (Figura 1). Ainda conforme dados do IBGE (2017), o PIB per capita do município de Passos é de R\$ 20.861,28 e o seu Índice de Desenvolvimento Humano é 0,756.

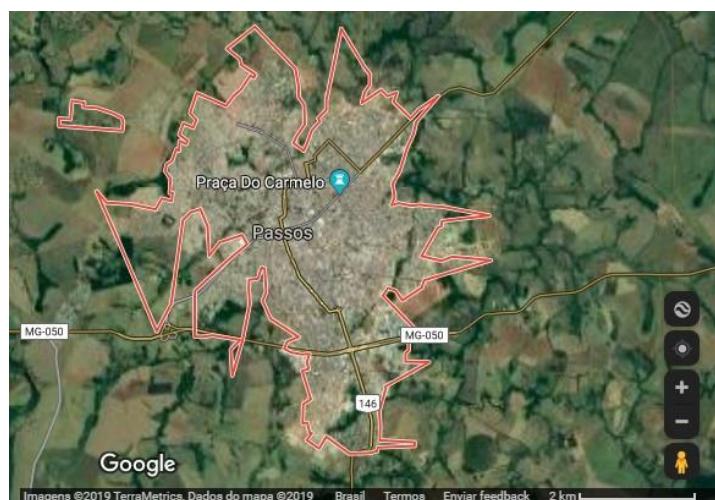


Figura 1. Imagem ilustrativa do município de Passos-MG.
Fonte: Google Earth (2019).

Para a elaboração do presente trabalho, foi realizada coleta de dados em quatro empresas de locação de caçambas atuantes no município de Passos, que destinam esses resíduos em botas foras. Na sequência, realizou-se um diagnóstico dos resíduos encontrados na cidade (caracterização dos RCD), bem como um levantamento dos locais de disposição licenciados.

A determinação do volume de RCD descartado mensalmente por cada empresa durante o período de janeiro de 2017 a agosto de 2018 foi realizada através do número de caçambas utilizadas por cada uma destas, de acordo com o método de movimento de cargas por coletores, conhecido como método direto. A partir da quantidade de coletas realizadas, foi possível obter um volume total de coleta em um período de tempo determinado (PINTO et al., 2016).

De acordo com a Lei Municipal Complementar nº 26, de 10 de outubro de 2006 (PASSOS-MG, 2006), as empresas de locação de caçambas do município podem operar somente com caçambas que possuem capacidade de três metros cúbicos (3 m^3) e quatro metros cúbicos (4 m^3). Conhecida a capacidade das caçambas utilizadas e com os dados fornecidos pelas empresas atuantes no município de Passos para

o período de janeiro de 2017 a agosto de 2018, o volume de resíduos gerados mensalmente no município foi estimado através da Equação 1.

$$V_{tc} = N_c \cdot V \quad (\text{Eq.1})$$

Onde: V_{tc} = Volume total de RCD (m^3); N_c = Número das caçambas utilizadas; V = Volume das caçambas utilizadas (m^3).

Resultados e Discussão

A Figura 2 ilustra a quantidade de caçambas com capacidade para 3 e 4 m^3 , bem como o volume mensal de RCD recolhidos pela empresa A ao longo do ano de 2017. Conforme pode-se observar através da análise da mesma, ao longo daquele ano a quantidade de caçambas/volume de RCD recolhidos é constante, com exceção do mês 12/2017, em que apresenta redução da quantidade em cerca de 50% da quantidade/volume recolhidos. A redução da quantidade de resíduos gerados/recolhidos neste mês é em função da menor atividade de construção comum nesta época do ano, em virtude da maior ocorrência de precipitação, no município de Passos, assim como as comemorações das festas de Natal e Ano Novo.

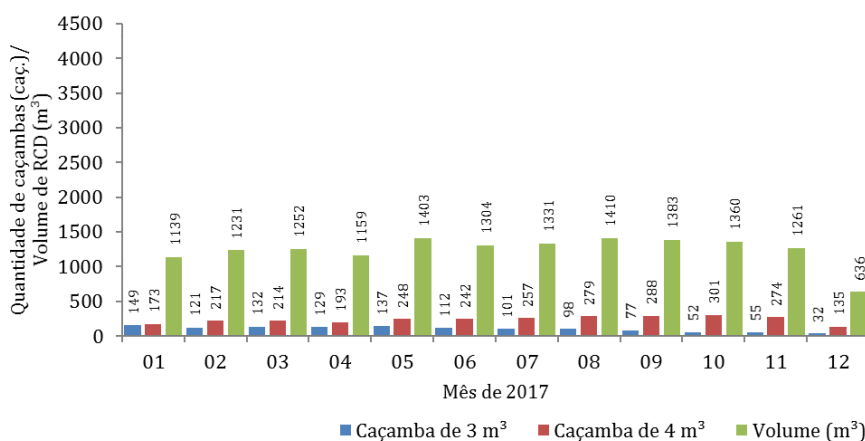


Figura 2. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa A mensalmente no ano de 2017.

Na Figura 3 são ilustrados a quantidade de caçambas com capacidade para 3 e 4 m^3 , assim como o volume mensal de RCD recolhidos pela empresa A entre os meses 01 a 08 de 2018. De modo semelhante ao que é observado para o ano de 2017, no ano de 2018 a empresa recolheu volume praticamente constante de resíduos ao longo dos meses analisados, com exceção do mês 05/2018 (4.366 m^3), em que

apresenta quantidade/volume com cerca de 2,5 vezes superior aos demais meses analisados. As ocorrências de volumes mais elevados de RCD recolhidos neste mês indicam a ocorrência de um pico de construção civil na cidade que, conseqüentemente, elevaram a quantidade de resíduo.

Troca (2008) levantou a quantidade de resíduos de construção e demolição (RCD)

gerados na cidade de Lavras em Minas Gerais através de informações do volume de RCD transportados pelas empresas que coleta entulhos (caçambeiros), ao levantar as informações necessárias de novas obras, reformas e demolição, obteve um volume de 13.940 m³ em um período de um ano que iniciou em outubro de 2005 a setembro de 2006. O

mesmo destaca ainda que, a geração de resíduos é um problema para os gestores públicos, tanto para os pequenos municípios, quanto para as grandes cidades, pois esses resíduos favorecem a contaminação dos rios, córregos, lençóis freáticos e serve de abrigo para animais peçonhentos.

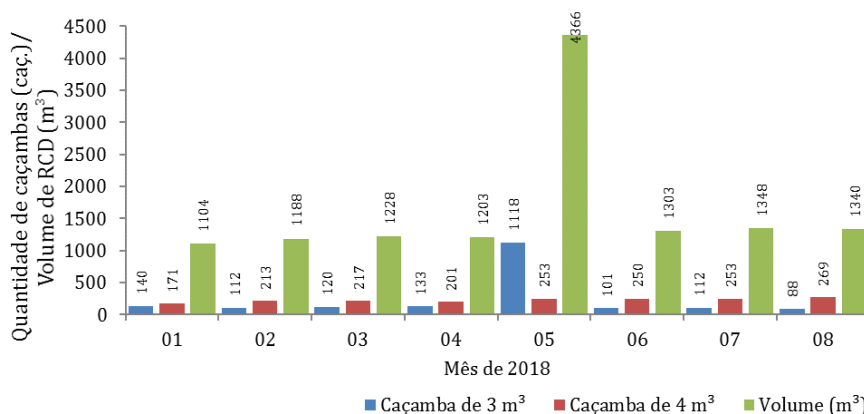


Figura 3. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa A entre os meses 01 e 08 do ano de 2018.

Ao analisarem-se os dados de volume total de RCD recolhidos durante os 8 primeiros meses de 2017 e de 2018 pela empresa A, pode-se verificar que ocorre um aumento de cerca de 27% do volume pela empresa A neste período. Quando comparado o volume nos primeiros 8 meses de 2018 com o total recolhido no ano de 2017, este representa cerca de 87% do volume no ano anterior, sendo este mais um indicativo

de que houve aumento da atividade construtiva na cidade de Passos e, conseqüentemente, da geração de RCD.

Nas Figuras 4 e 5 estão ilustradas as quantidades de caçambas com capacidade para 3 e 4 m³, bem como os volumes mensais de RCD recolhidos pela empresa B ao longo do ano de 2017, e ao longo dos primeiros 8 meses de 2018, respectivamente.

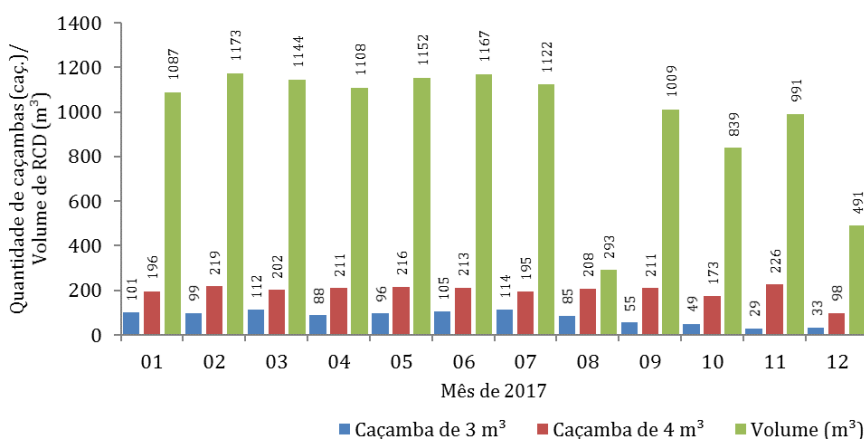


Figura 4. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa B mensalmente no ano de 2017.

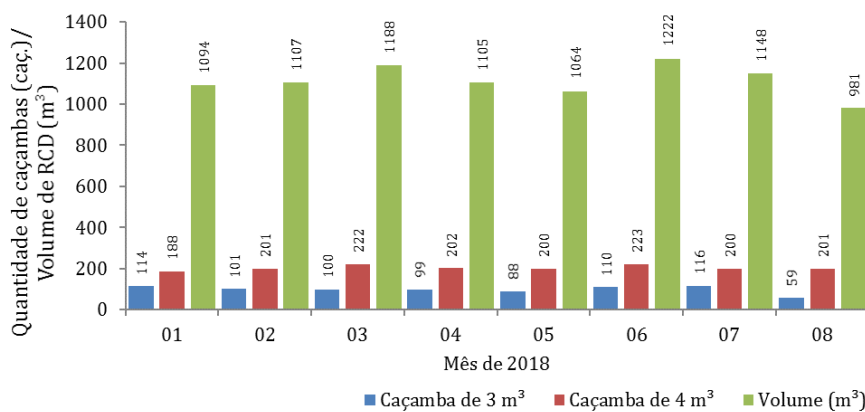


Figura 5. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa B mensalmente no ano de 2018.

Diferentemente do que observa-se para a empresa A no ano de 2017, para a empresa B ocorre uma redução significativa das quantidades de caçambas/volumes de resíduos recolhidos nos últimos 5 meses do ano, com destaque para os meses 08 e 12/2017, em que são recolhidos apenas volumes de 293 e 491 m³, respectivamente. O menor volume recolhido pela empresa B no mês 12/2017 reforça a redução da atividade construtiva no município neste período, função da maior ocorrência de precipitação e período festivo. Por outro lado, ao longo dos primeiros 7 meses do ano o volume de RCD recolhido é praticamente constante, com média de recolhimento mensal de aproximadamente 1.136 m³.

Já no ano de 2018, os volumes recolhidos são praticamente constantes, apresentando média de recolhimento mensal igual a 1.113 m³ e volume total no período igual a 8.909 m³. O mês com recolhimento de maior volume de RCD pela empresa B é junho, em 1222 m³, e o mês com menor é agosto (981 m³).

Comparando os dados relativos aos 8 primeiros meses dos dois anos analisados, o volume cumulativo recolhido pela empresa B no ano de 2018 é cerca de 8% superior no mesmo período do ano anterior, indicando que possivelmente ocorreu aumento da atividade

construtiva no município de Passos no ano de 2018.

Esguícero e Battistelle (2016) ao realizarem um estudo para implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Lençóis Paulista, localizado na região centro oeste do Estado de São Paulo, concluíram que é viável a implantação da usina, pois o município gera 39.600 m³ de resíduos.

As Figuras 6 e 7 ilustram as quantidades de caçambas com capacidade para 3 e 4 m³ e os volumes mensais de RCD recolhidos pela empresa C durante o ano de 2017, e nos primeiros 8 meses de 2018, respectivamente.

Conforme pode-se observar através da Figura 6, o volume de RCD recolhido pela empresa C varia ao longo do ano de 2017, sendo que, o mês com maior recolhimento é julho (1.012 m³) e o com menor é dezembro (523 m³). Por outro lado, não ocorre redução abrupta entre os meses consecutivos, sendo mantida a regularidade dos dados e havendo maior redução apenas no mês de dezembro que, possui tendência à redução da atividade construtiva, por questões climáticas e festivas. No acumulado, o volume total de RCD recolhido no ano de 2017 pela empresa C é de 10.312 m³.

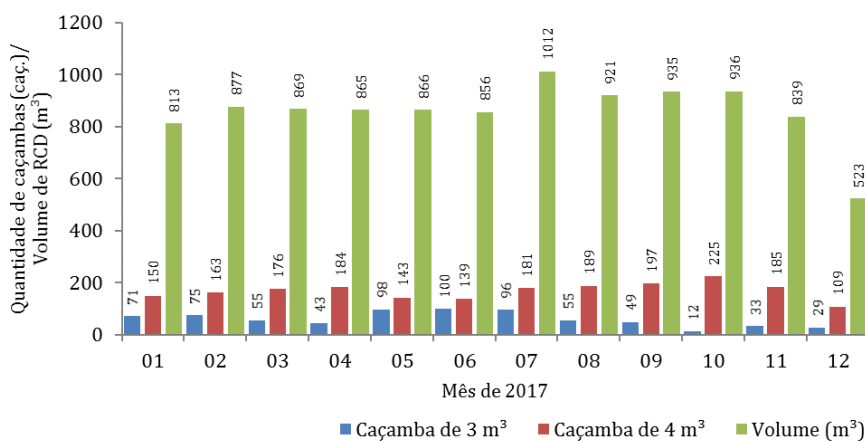


Figura 6. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa C mensalmente no ano de 2017.

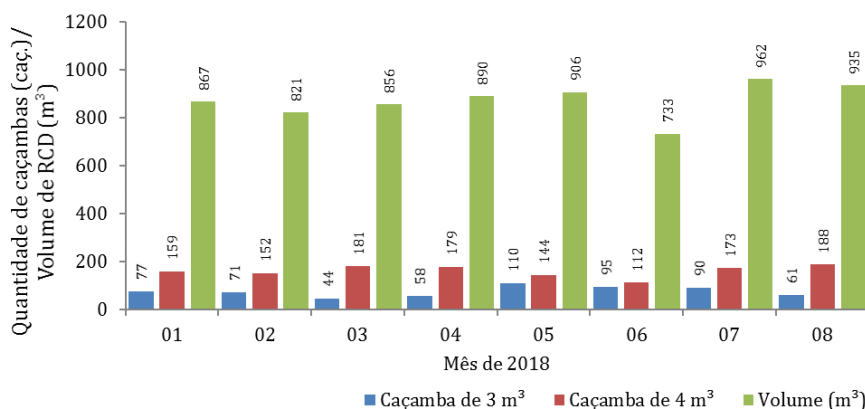


Figura 7. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa C mensalmente no ano de 2018.

No ano de 2018, a empresa C recolheu mensalmente volumes praticamente constantes de RCD, com média mensal de aproximadamente 871,0 m³, valor próximo, mas ligeiramente inferior ao volume médio recolhido pela mesma empresa nos 8 primeiros meses do ano anterior (aprox. 884,0 m³). Tais dados indicam que, mantida essa tendência de coleta para os meses seguintes do ano de 2018, tal empresa poderá recolher volume acumulado de RCD neste ano muito próximo ao do ano de 2017.

Os gráficos apresentados nas Figuras 8 e 9 ilustram as quantidades de caçambas com capacidade para 3 e 4 m³ e os volumes mensais de RCD recolhidos pela empresa D ao longo do

ano de 2017, assim como nos primeiros 8 meses de 2018, respectivamente.

Tessaro et al. (2012) destacam que, a construção civil é um dos setores econômicos de maior causador de impactos ao meio ambiente por causa dos altos volumes de resíduos, os autores fizeram uma pesquisa no município de Pelotas/RS e depararam com um volume de 315,08 m³ de RCD.

Conforme pode ser observado na Figura 8, os dados de volumes de RCD coletados pela empresa D apresentam certa constância até o mês de maio, a partir do qual se verifica tendência à redução dos volumes mensais. O mês com menor volume de RCD recolhido pela empresa D é o mês de novembro, com cerca de 201 m³ de resíduo.

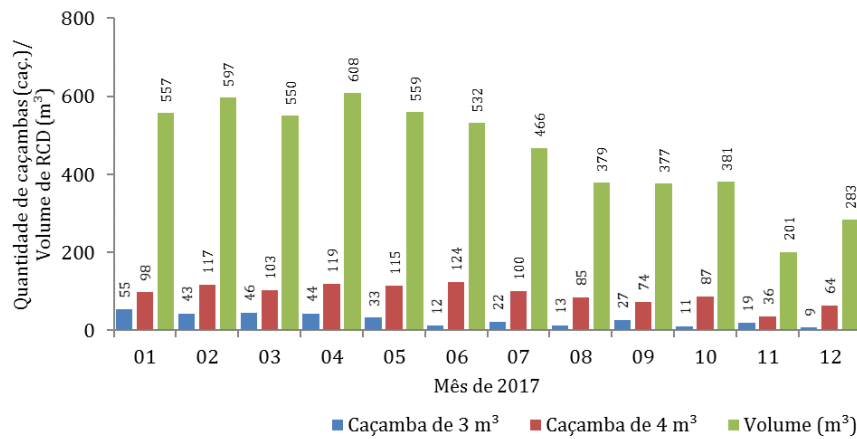


Figura 8. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa D mensalmente no ano de 2017.

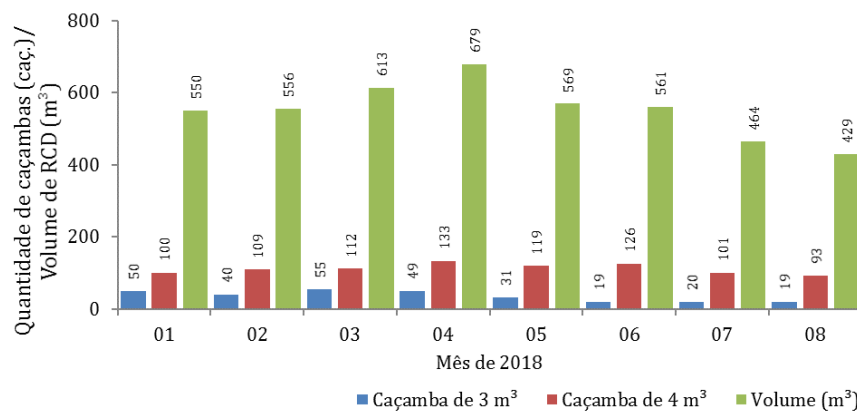


Figura 9. Quantidade de caçambas e volume de RCD recolhidos pela empresa D mensalmente no ano de 2018.

No ano de 2018, verifica-se tendência ao aumento do volume de resíduos gerados/recolhidos pela empresa D até o mês de abril (679 m³), a partir do qual inicia-se a redução dos volumes coletados. Dos meses avaliados, o que apresenta menor volume de coleta é agosto, em que foram coletados 429,0 m³ de RCD. Por outro lado, tal volume ainda é bem superior ao que fora coletado no mesmo mês do ano anterior, com apenas 379,0 m³ de resíduo.

Ao comparar-se os volumes de RCD recolhidos pela empresa D nos primeiros 8 meses de 2018 com o que fora coletado no mesmo período de 2017, verifica-se que apresenta aumento de cerca de 4% do volume e, caso esta tendência mantenha-se para os meses seguintes, o volume de resíduo recolhido pela empresa D no ano de 2018 poderá ser superior ao que fora coletado no ano anterior.

Silva et al. (2017), preocupados com a grande quantidade de resíduos que as obras geram e altos impactos causados ao meio ambiente, resolveram pesquisar sobre resíduos

da construção civil em uma área total construída de 13.194,09 m², e obtiveram um volume de 2.845 m³ de resíduos, os mesmos afirmam que, os agregados naturais são de recursos finitos e esgotáveis, neste contexto, ressaltam que, a reciclagem de produtos oriundos da construção civil pode ser reciclado e utilizados na própria obra como confecção de pavers para pavimentação de calçadas, estacionamentos e até em quintal de residências. Já Silva et al. (2015) destacam que, os resíduos podem ser reciclados e utilizados como blocos de concretos, pois neste estudo obteve-se resistência à compressão comparáveis às dos concretos de referência.

Segundo Lanzelloti et al. (2004), a Holanda lidera com 70% de aproveitamento dos produtos reciclados dos RCC, em seguida vem a Alemanha com 30%. Devido à falta de material granulado em Copenhague na Dinamarca, o país recicla em torno de 25% do entulho de demolição.

Conclusão

Através da realização deste trabalho foi possível quantificar os volumes de resíduos de construção civil e demolição gerados no município de Passos – MG durante o período de janeiro de 2017 a agosto de 2018, bem como verificar tendência ao aumento do volume de RCD gerados pela indústria de construção civil entre os anos avaliados.

Conforme os resultados obtidos pôde-se concluir que a quantidade de RCD gerado em oito meses de 2018 é maior do que os doze meses do ano de 2017.

Conclui-se que a empresa A se destacou com 27.949 m³, em seguida a empresa B registrando 21.279 m³, já a C com 17.282 m³ e a empresa D com apenas 9.911 m³ respectivamente.

Referências

ABRECON. Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil. Pesquisa Setorial 2014/2015. Disponível em: https://abrecon.org.br/pesquisa_setorial/. Acesso em: 08 de agosto 2018.

ABRELPE. Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2015. Disponível em: <http://abrelpe.org.br/panorama/>. Acesso em: 01 de agosto 2018.

BEZERRA, V. R. Mapeamento georreferenciado de resíduos de construção civil na cidade de Campina Grande. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº 307. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da República Federativa do Brasil de 17 de julho de 2002.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica*, v.61, n.358, p.178-189, 2015.

ESGUÍCERO, F. E.; BATTISTELLE, R. A. G. Avaliação econômica e ambiental no processo de reciclagem de resíduos da construção civil – estudo de caso através de um investimento público municipal. *Rev. Cient. de Ciências Apl. da FAIP*, v.3, n.6, 2016.

ESTEVÃO, S. R.; ROCHA, M. A.; CHAGAS, A. N. M. Análise quantitativa dos resíduos da construção civil: um estudo de caso. In: Congresso Norte

Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7, 2012, Palmas. Anais... Palmas, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades e Estados – Passos-MG. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil. IPEA, Brasília, 2012. 42p.

JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos na construção civil – contribuição a metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 102f. Tese (Livre Docência). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2000.

KLEIN, F. B.; DIAS, S. L. F. G. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v.40, n.1, p.483-506, 2017.

LANZELLOTTI, R. F.; LUZ, A. B.; TOREM, M. L. Desenvolvimento de fluxograma de beneficiamento mineral para resíduos sólidos da construção civil. In: Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 20, 2014, Florianópolis. Anais... Florianópolis, 2004.

OLIVEIRA, T. K. S.; JÚNIOR, I. M. P. Política nacional de resíduos sólidos. *Ciências Exatas e Tecnológicas*, v.4, n.3, p.77-84, 2018.

PASSOS. Lei Complementar Nº 26. Código de Obras do Município de Passos-MG. Passos, MG, 2006.

PINTO, G. F. J.; LOPES DE MELO, E. S. R.; NOTARO, K. A. Geração de resíduos sólidos da construção civil – Métodos de Cálculo. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7, 2016, Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2016.

SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. F.; ALVES, M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v.108, n.1-2, p.1-7, 2012.

SCHNEIDER, D. M.; PHILIPPI, A. JR. Public management of construction and demolition waste in the city of São Paulo. *Ambiente Construído*, v.4, n.4, 2004.

SILVA, A. B.; MACIEL, J. C. S. Viabilidade técnica da utilização de concretos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição. *Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFAM*, v.3, 2014.

SILVA, R. B da; ANGULO, S. C.; PILEGGI, R. G.; SILVA, C. O. Concretos secos produzidos com agregados reciclados de RCD separados por

densidade. *Ambiente Construído*, v.15, n.4, p.335-349, 2015.

SILVA, W. C.; SANTOS, G. O.; ARAÚJO, W. E. L. Resíduos sólidos da construção civil: caracterização, alternativas de reuso e retorno econômico. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 286 - 301, jul./set. 2017.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico de Resíduos Sólidos Urbanos, 2015. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticoresiduos-solidos/diagnostico-rs-2015>. Acesso em: 01 de agosto 2018.

TAMURA, C. D. Gerenciamento de resíduos da construção civil: análise e atualização dos estudos realizados na UNESP-FEG para o município de Guaratinguetá. 74f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Estadual Júlio de Mesquita Filho. Guaratinguetá, 2015.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S. de; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. *Ambiente Construído*, v.12, n.2, p.121-130, 2012.

TROCA, J. R. Reciclagem de RCD de acordo com a resolução 307 do CONAMA. *Revista Técnica*, v.131, p.50-53, 2008.

Capítulo 6

PRODUTIVIDADE DE MILHO EM SUCESSÃO A PLANTAS DE COBERTURA NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE ADUBAÇÃO

Maria da Conceição Bezerra Matias¹

João Rodrigues da Cunha²

Francisco Edinaldo Pinto Mousinho³

¹Dra. Profa. Colégio Técnico de Floriano, CTF/UFPI, Floriano-PI, matiasbezerra@yahoo.com.br

²Dr. Prof. Colégio Técnico de Floriano, CTF/UFPI, Floriano-PI, joaorcsoles@hotmail.com

³Dr. Prof. Colégio Técnico de Teresina, CTT/UFPI, Teresina-PI, fepmouisi@ufpi.edu.br

Introdução

A produtividade da lavoura de milho é resultado do potencial genético da semente, das condições edafoclimáticas e do manejo cultural. Nos últimos anos no Brasil, visando uma produção sustentada, algumas mudanças tecnológicas têm sido adotadas na cultura, sendo destaque a conscientização dos produtores da necessidade de melhoria do manejo dos solos (FORNASIERI FILHO, 2007).

Segundo dados da FAO (2011), a cultura do milho no Brasil, em termos de área plantada, é a segunda mais cultivada (13,2 milhões de hectares), ocupando o terceiro lugar no mundo em produção, com 55,6 milhões de toneladas de grãos colhidos. De acordo com dados da CONAB (2012), o rendimento do milho na região Nordeste do país é inferior a 2.000 kg ha⁻¹ (safra 2011/2012), menor aos obtidos nas outras regiões, como Sul (4.897 kg ha⁻¹), Sudeste (5.942 kg ha⁻¹) e Centro-Oeste (7.697 kg ha⁻¹), por a maioria dos produtores praticarem agricultura na forma de policultivos.

O cultivo de plantas de cobertura pode proporcionar maiores produtividades do milho (AMADO et al., 2002), sejam estas leguminosas, que reduzem a necessidade de adubo nitrogenado (SCIVITTARO et al., 2003), e diminuem o risco de contaminação do lençol freático por N de origem mineral (BERTIN et al., 2005), ou gramíneas que, com maior relação C/N, proporcionam um período maior de cobertura do solo (CERETTA et al., 2002).

Estudos realizados sob diferentes condições edafoclimáticas, como os de Carvalho et al. (2008), Lara Cabezas et al. (2004), Leite et al. (2010) e Torres et al. (2005), avaliando a massa seca de plantas e sua influência na cultura do milho, têm apresentado grande variabilidade de resultados. Para Fabian (2009), isso se deve, principalmente, à semeadura e manejo das

plantas de cobertura em diferentes épocas, às condições edafoclimáticas de cada região e ao desenvolvimento diferenciado das plantas de cobertura.

No Cerrado brasileiro, Carvalho et al. (2008) verificaram que o guandu apresentou produção de massa seca inferior ao feijão-bravo-do-Ceará não diferindo na produtividade do milho em sucessão.

Em Jaboticabal, SP, Bertin et al. (2005) observaram maior produtividade de milho em sucessão à crotalária-juncea em relação ao milheto, atribuído ao maior sincronismo na liberação de nutrientes da crotalária com a demanda da cultura do milho. Sousa Neto et al. (2008), sob as mesmas condições edafoclimáticas, verificaram menor produtividade de milho em sucessão ao lab-lab quando comparado ao milheto e à crotalária. Silva et al. (2006), em Selvíria-MS, verificaram que, o milho em sucessão à crotalária-juncea, proporcionou maior produtividade de grãos, absorção e recuperação do N em relação ao pousio e ao milheto.

No Estado do Piauí, resultados de pesquisas referentes às recomendações de plantas de cobertura são escassos. Diante disso, estabeleceu-se a hipótese de que plantas de cobertura do solo, sob condições de clima tropical quente e úmido com estação chuvosa no verão, associados à desuniformidade das precipitações pluviais e às elevadas temperaturas, pelo processo de decomposição, produzem matéria seca em qualidade e quantidade diferentes podendo resultar em melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente a produtividade de grãos de milho cultivado em sucessão.

O objetivo deste trabalho é avaliar a produção de matéria seca de plantas de

cobertura, na presença e ausência de adubação mineral, e sua influência na produtividade de milho em sucessão, no município de Teresina-PI.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido na área experimental do Colégio Agrícola, da Universidade Federal do Piauí (UFPI), município de Teresina, Piauí, a 5° 05' de Latitude Sul, 42° 48' de Longitude Oeste e altitude média de 72 m.

O clima do local, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Aw', tropical quente e úmido com estação chuvosa no verão. As médias anuais de temperatura do ar, de umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica são de 28,2°C, 72,6% e 1.336mm, respectivamente, concentrando a maioria das chuvas nos meses de janeiro a abril (BASTOS & ANDRADE JÚNIOR, 2008). As precipitações pluviais e as temperaturas médias, máximas e mínimas do ar ocorridas ao longo do período de experimentação foram obtidas na estação

climatológica da Embrapa Meio-Norte, instalada em Teresina-PI.

O solo da área experimental é o Argissolo Vermelho-Amarelo espessarênico, com A moderado, relevo suave ondulado, textura arenosa/média (EMBRAPA, 2006), com histórico de aproximadamente cinco anos em pousio.

Antecedendo a instalação do experimento, em agosto de 2010, foi feito o manejo da vegetação presente na área por meio de uma roçadeira mecânica. Em seguida, foi realizada amostragem de solo na camada de 0,00-0,20 m de profundidade para determinação de pH (CaCl₂), teores de matéria orgânica (MO), P (resina), K, Ca, Mg e H + Al, segundo metodologia de Raij et al. (2001). As análises de solo foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal do Piauí. Também foram calculados os valores da capacidade de troca de cátions (CTC) e da saturação por base (V), cujos resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo na camada de 0,00-0,20 m anterior à instalação do experimento

Camada (m)	pH (CaCl ₂)	MO (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+Al (cmol _c dm ⁻³)	CTC	V (%)
0,00 - 0,20	4,7	8,5	7,5	0,9	9,5	2,5	22	34,9	37

Para avaliação das condições físicas do solo, foram determinadas a granulometria pelo método da pipeta (Day, 1965), a densidade do solo (Ds), conforme método do anel volumétrico (BLAKE & HARTGE, 1986), a porosidade total

(PT), a macroporosidade (Ma) e a microporosidade (Mi) pelo método da mesa de tensão (EMBRAPA, 1997), cujos resultados das análises estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos físicos do solo, na camada de 0,00-0,20 m anterior à instalação do experimento

Camada (m)	Argila	Silte	Areia			Ds (kg m ⁻³)	Ma	Mi (%)	PT ⁴
			Fina	Grossa	Total				
0,00 - 0,20	70	30	630	280	900	1590	21,30	16,90	38,20

Em setembro de 2010 foi realizada a calagem para elevar o valor da saturação por bases para cerca de 70% de acordo com a recomendação de Raij e Cantarella (1997) para a cultura do milho. Foram aplicados 1,3 t ha⁻¹ de calcário com 32% de CaO, 14% MgO e PRNT de 90%, sendo metade antes da aração e a outra metade após, e incorporada com gradagem. Em janeiro de 2011, o solo foi preparado por meio de uma aração e gradagem niveladora.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com quatro repetições. Nas parcelas (10 x 4 m)

foram utilizadas as plantas de cobertura: crotalaria-juncea - IAC-KRI (*Crotalaria juncea* L.) - CJ; feijão-caupi - BR 17 Gurguéia (*Vigna unguiculata*) - FC; guandu anão - IAPAR-43 (*Cajanus cajan*) - GU; lab-lab - Rongai (*Dolichoslab lab*) - LL; milheto - AD 7010 (*Pennisetum glaucum*) - MI; mucuna-preta - Comum (*Mucuna aterrima*) - MP; e vegetação espontânea - VE. Nas subparcelas (5 x 4 m) foram aplicados o manejo: adubado, utilizando-se 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 5-30-15 + Zn 0,3%, no espaçamento entre sulcos de 0,50 m; e não adubado.

As PC foram semeadas manualmente entre 14 e 17 de janeiro de 2011, utilizando-se espaçamento de 0,50 m entrelinhas na densidade de 27, 20, 12, 55, 10 e 4 sementes/m para CJ, GU, LL, MI, FC e MP, respectivamente. Antes da semeadura da MP foi feita a quebra de dormência de suas sementes pelo método descrito em Wutke et al. (2007), que consistiu em colocar as sementes em água aquecida de 60 a 80°C, por cerca de 30 segundos.

No período compreendido entre o início e 50% do florescimento das plantas de cobertura (31/03 a 04/04/2011), foi realizada a amostragem para avaliação da produtividade de matéria seca (MS), coletando-se as plantas contidas numa área de 0,50 m², obtida com um quadrado metálico, lançado aleatoriamente em dois pontos ao acaso em cada subparcela. Após essas amostragens, as plantas das subparcelas foram cortadas rente ao solo, picotadas com auxílio de facão em segmentos de aproximadamente 0,05 m, e em seguida retornaram ao campo onde foram redistribuídas uniformemente nas respectivas parcelas e subparcelas.

O material amostrado foi pesado e levado ao laboratório, colocado em estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 72 h, sendo determinada sua matéria seca (MS), com resultados expressos em kg ha⁻¹. Em seguida, o material foi moído em moinho tipo Wiley equipado com peneira de 40 mesh.

No resíduo vegetal, seco e moído, determinaram-se o teor de N, por digestão úmida e destilação por meio de destilador de arraste de vapor semimicro-Kjeldahl (BATAGLIA et al., 1983), e o teor de carbono orgânico, analisado pelo método Walkley e Black, descrito por Tedesco et al. (1985). Com os valores obtidos foi calculada a relação C/N dos materiais.

Antes da semeadura do milho foi aplicado herbicida à base de glifosato para dessecação das plantas daninhas e das plantas de cobertura que rebrotaram.

Em 09/04/2011, na palhada das plantas de cobertura, foi realizada a adubação de semeadura para a cultura do milho, seguindo a recomendação de Raij e Cantarela (1997) para uma expectativa de produtividade de 6 a 8 t ha⁻¹. Nas subparcelas, no espaçamento entre sulcos de 0,80 m, abertos com auxílio de enxada, foram aplicados 500 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 05-30-15+Zn 0,3%.

Utilizando-se um espaçador manual de 0,20 m entre linhas, foi semeado o híbrido simples de milho Truck, precoce, colocando-se duas sementes por cova. O desbaste foi realizado quando as plantas apresentavam três a quatro folhas expandidas, deixando-se a planta mais vigorosa, com um estande final de 62.500 plantas ha⁻¹, ficando as subparcelas compostas de cinco linhas de plantas com 5,0 m de comprimento e 0,80 m entre fileiras.

A adubação de cobertura, parcelada em duas aplicações, foi realizada manualmente a 0,20 m das fileiras das plantas e incorporada a 0,05 m de profundidade. A primeira aplicação foi feita quando as plantas apresentavam de 4 a 5 folhas, sendo utilizados 60 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia e 50 kg de K₂O ha⁻¹ na forma de cloreto de potássio. A segunda ocorreu no estádio de 8 a 10 folhas, completamente desenvolvidas, com 60 kg de N ha⁻¹ também na forma de ureia. Assim, totalizando 145 kg ha⁻¹ de N, 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 125 kg ha⁻¹ de K₂O.

Em 19/08/2011, para avaliação da produtividade de grãos do milho foram coletadas manual e aleatoriamente 15 (quinze) espigas das três linhas centrais de cada parcela e subparcela, desprezando-se 0,50 m nas extremidades. Posteriormente, foi feita manualmente a despalha e degrana destas espigas. Os valores de produtividade de grãos foram ajustados para 13% de umidade e expressos em kg ha⁻¹, conforme Equação 1.

$$PGC=(100-U_i) \times PGN/(100-U_f) \text{ (Eq. 1)}$$

Em que: U_i = umidade inicial encontrada no grão por ocasião da colheita (%); U_f = umidade final de correção (13%); PGN = produtividade de grãos (kg ha⁻¹) com umidade inicial; PGC = produtividade de grãos (kg ha⁻¹) com umidade final.

O restante das espigas fora colhido e, em seguida, os restos culturais do milho foram cortados rente ao solo, e após serem picotados em uma ensiladeira, retornaram ao campo e redistribuídos em suas respectivas parcelas e subparcelas.

A área experimental foi irrigada utilizando sistema de irrigação por aspersão convencional fixo com aspersores espaçados 12 x 12 m, vazão de 0,597 m³ h⁻¹ a uma pressão de serviço de 250 kPa. O turno de rega foi diário, utilizando lâminas de irrigação baseadas na demanda evapotranspirométrica da cultura do

milho, atingindo-se lâminas d'água cerca de 8 mm dia⁻¹ nos estádios V18 a R3.

No período de 03 a 10/09/2011, utilizando-se também o sistema de plantio direto e o mesmo esquema de distribuição dos tratamentos nas parcelas e nas subparcelas, seguindo os mesmos procedimentos usados no cultivo anterior, as plantas de cobertura foram novamente semeadas e após o corte e manejo (janeiro de 2012) foi cultivado o milho de 21/01/2012 a 19/05/2012 (segundo cultivo).

Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados de modo a manter a área livre de plantas invasoras, insetos-praga e doenças, conforme proposto por Fornasieri Filho (2007).

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, empregando-se o software AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO, 2011).

Resultados e Discussão

Durante a realização do experimento, a temperatura média do ar se manteve entre 26 e 28°C (Figura 1), estando dentro da faixa recomendada para a cultura do milho (FORNASIERI FILHO, 2007) e para as plantas de cobertura (PC) utilizadas, à exceção do LL cuja temperatura ótima para o seu desenvolvimento, segundo Wutke et al. (2007), deve estar entre 18 e 25°C.

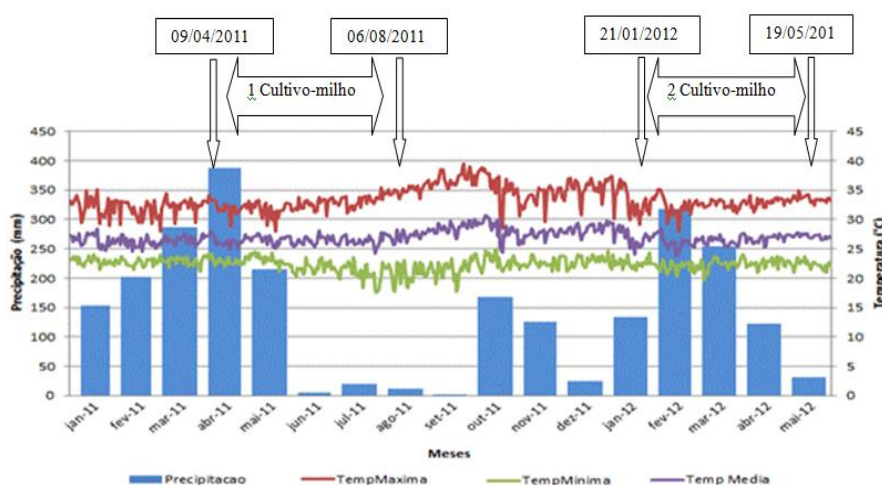


Figura 1. Precipitação pluvial mensal (mm) e temperaturas média, máxima e mínima do ar (°C) no período de condução dos experimentos. Fonte: Adaptado de INMET (2012).

O tratamento principal, (PC), bem como o tratamento secundário (adubado e não adubado), apresentam-se significativos nos dois cultivos avaliados, não havendo interação entre

os mesmos (Tabela 3). Em relação à produtividade do milho, apenas o tratamento principal, no primeiro cultivo, apresenta efeito significativo.

Tabela 3. Análise de variância da produção de massa seca na parte aérea das plantas de cobertura, nos sistemas de manejo, adubado e não adubado, e produtividade de grãos de milho, em dois cultivos

Causas da Variação	Produção de massa seca		Produtividade do milho	
	1º Cultivo	2º Cultivo	1º Cultivo	2º Cultivo
Blocos	1,49 ^{ns}	1,35 ^{ns}	9,21 ^{**}	0,14 ^{ns}
Tratamento Principal	46,58 ^{**}	77,18 ^{**}	6,46 ^{**}	2,14 ^{ns}
Tratamento secundário	60,29 ^{**}	9,34 ^{**}	0,03 ^{ns}	0,37 ^{ns}
TP x TS	2,37 ^{ns}	2,40 ^{ns}	1,07 ^{ns}	1,12 ^{ns}

** Significativo (p<0,01); * Significativo (p<0,05); ns: Não significativo (p>0,05).

Os valores obtidos para produtividade de MS da parte aérea das diferentes PC e seus efeitos na produtividade de grãos do milho, avaliados no primeiro cultivo, são apresentados

na Tabela 4. No primeiro cultivo das PC (jan./2011), a MP é a espécie de cobertura que produz maior quantidade de MS, não diferindo significativamente da CJ, que por sua vez não

difere do FC (Tabela 4). Tal resultado pode estar relacionado ao maior teor de nitrogênio apresentado pela MP que favorece seu desenvolvimento no campo, e ao teor de carbono na CJ resultando em maior relação C/N

(Tabela 5). Segundo Torres et al. (2005), nas leguminosas, a maior quantidade de N acumulado pode ser explicado pela fixação biológica do N₂.

Tabela 4. Produtividade de massa seca da parte aérea das plantas de cobertura na presença e ausência de adubação e de grãos de milho cultivado em sucessão, em Argissolo Vermelho-Amarelo

Plantas de cobertura	Massa seca das plantas de cobertura		Produtividade do milho	
	1º cultivo	2º cultivo	1º cultivo	2º cultivo
----- (kg ha ⁻¹) -----				
CJ	4864 ab	1533 bc	4571 abc	5044 a
FC	4453 b	545 de	4904 ab	5807 a
GU	2997 c	325 e	3414 c	5768 a
LL	1954 cd	61 e	3849 bc	6557 a
MI	2014 cd	2389 b	4846 ab	6108 a
MP	5587 a	5337 a	5270 a	6459 a
VE	1689 d	1339 cd	4431 abc	5264 a
CV %	19,55	35,47	16,02	18,74
DMS (5%)	1087,33	965,15	1182,90	1813,81
PC ad	4049 a	1927 a	4489 a	5929 a
PC nad	2682 b	1367 b	4450 a	5787 a
CV %	19,58	41,69	19,81	14,93
DMS	366,21	381,62	492,22	486,24

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CJ – Crotalaria-juncea; FC – Feijão-caupi; GU – Guandu-anão; LL – Lab-lab; MI – Milheto; MP – Mucuna-preta; VE – Vegetação espontânea; PC ad – Planta de cobertura adubada; PC nad – Planta de cobertura não adubada.

Tabela 5. Teores médios de carbono (C) e nitrogênio (N) e relação C/N da parte aérea das plantas de cobertura (PC) na presença e ausência de adubação, em dois cultivos, antecedendo a cultura do milho

Plantas de cobertura	1º Cultivo			2º Cultivo		
	C	N	C/N	C	N	C/N
	----- (g kg ⁻¹) -----			----- (g kg ⁻¹) -----		
CJ	355,75 a	11,60 cd	31,70 a	351,81 ab	15,58 c	24,93 b
FC	352,12 ab	17,16 b	21,24 b	331,81 ab	20,25 b	17,39 c
GU	235,16 c	13,99 bc	16,40 bc	345,41 ab	19,50 b	19,42 c
LL	314,31 ab	15,69 b	21,56 b	368,47 a	16,65 c	24,61 b
MI	309,41 ab	9,28 d	35,17 a	314,81 b	12,42 d	26,63 ab
MP	336,06 ab	26,21 a	12,87 c	360,00 ab	23,09 a	15,94 c
VE	289,00 bc	14,04 bc	21,56 b	375,62 a	12,39 d	31,03 a
CV%	24,41	26,50	30,45	18,56	19,74	25,95
DMS (5%)	63,15	3,377	5,73	53,62	2,79	4,90
PC ad	322,03 a	16,01 a	22,51 a	349,24 a	17,54 a	22,66 a
PC nad	304,20 b	14,84 b	23,09 a	350,17 a	16,72 a	23,04 a
CV%	17,01	19,14	29,19	15,15	23,97	23,74
DMS	14,80	0,82	1,85	14,72	1,14	1,51

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). CJ – Crotalaria-juncea; FC – Feijão-caupi; GU – Guandu-anão; LL – Lab-lab; MI – Milheto; MP – Mucuna-preta; VE – Vegetação espontânea; PC ad – Planta de cobertura adubada; PC nad – Planta de cobertura não adubada.

O MI e o LL, no primeiro cultivo, não diferem da VE na produção de MS (Tabela 4). Provavelmente as condições climáticas de elevadas temperaturas com máximas variando de 28,4 a 39,5°C são fatores limitantes ao

desenvolvimento dessas culturas, contribuindo, desta forma, para reduzir o acúmulo de MS. Segundo Landau e Pereira Filho (2010), a temperatura exerce efeito na taxa de crescimento da cultura do MI, sendo que

temperaturas muito altas ou muito baixas podem retardar o desenvolvimento das plantas. Na região do cerrado, Torres et al. (2005) constataram as maiores produções de MS para MI com 10.300 kg ha⁻¹, enquanto que o GU, os menores valores (1.600 kg ha⁻¹).

A produção de MS do MI (6.240 kg ha⁻¹) e CJ (4.790 kg ha⁻¹) observada por Bertin et al. (2005), no Estado de São Paulo, não diferiram entre si, com o LL produzindo a menor quantidade de MS (3.190 kg ha⁻¹), valor superior ao constatado neste estudo. Os autores relatam que, o LL tem apresentado produção de MS inferior a outras PC, tais como, MI, CJ, MP e GU. Calegari et al. (1993) afirmam que, em solo com fertilidade baixa e pH ácido, normalmente o crescimento do LL é lento e a produção de MS é menor.

Cavalcante et al. (2012), no Agreste de Alagoas, verificaram que a VE foi semelhante às leguminosas na produção de MS e superior à CJ na produção de matéria fresca, sendo o desempenho da VE local justificado pela presença de plantas adaptadas às condições da região e capacidade de produzir biomassa. Segundo Fabian (2009), além da quantidade de massa seca produzida por uma planta utilizada como cobertura do solo, a qualidade do resíduo também é um fator importante no que se refere ao tempo de decomposição e permanência do resíduo na superfície do solo, sendo esta qualidade estreitamente ligada à relação C/N e aos teores de celulose e lignina encontrados nos resíduos vegetais.

No primeiro cultivo, o milho cultivado em sucessão à MP apresenta produtividade superior quando comparado ao cultivado após GU e LL (Tabela 4). Tal fato pode ser explicado, em parte, pela maior produtividade de MS (5587 kg ha⁻¹) da MP (Tabela 4) e pelo seu maior teor de N, 26,24 g kg⁻¹ (Tabela 5), resultando em maior quantidade (146,4 kg ha⁻¹ de N) do nutriente acumulada por esta espécie, enquanto o GU apresenta acumulado 41,9 kg ha⁻¹ de N e o LL apenas 30,7 kg ha⁻¹ de N. Assim, o GU provavelmente favorece o maior e mais regular fornecimento de N e o aproveitamento desse nutriente pelo milho. Scivittaro et al. (2003), verificaram que a associação da MP com a ureia propiciara maior utilização de N da ureia pela cultura do milho. Em Jaboticabal, SP, Sousa Neto et al. (2008), observaram que a utilização de LL antecedendo a cultura do milho resultou em menor produtividade de grãos.

No primeiro cultivo, as palhadas de MP, de FC, de CJ, de MI e de VE proporcionam similar produtividade de grãos de milho e superior àquela com as palhadas de GU e LL (Tabela 4). Tal resultado pode ser justificado pelas condições edafoclimáticas do local e pelos teores de carbono e nitrogênio das espécies avaliadas, proporcionando diferente relação C/N (Tabela 5), o que provavelmente influencia a taxa de decomposição dos resíduos e, ao mesmo tempo a liberação de nutrientes. Silva et al. (2006), avaliando a melhor dose, época de aplicação e eficiência de utilização de N pelo milho cultivado sob plantio direto em sucessão à crotalária-junceia, milheto e vegetação espontânea, em um Latossolo de cerrado, constataram maior resposta em produtividade de grãos para o milho cultivado, em sucessão à crotalária, não havendo diferença quanto às épocas de aplicação do N, sendo estes resultados atribuídos ao maior e mais regular fornecimento de N por esta leguminosa, em virtude de sua menor C/N favorecer a maior mineralização e menor imobilização de N mineral, comparado aos resíduos do milheto e da vegetação espontânea. Bertin et al. (2005), no centro-norte do estado de São Paulo, observaram maior média na produção de grãos de milho em sucessão à CJ, apresentando produtividade média 12% superior ao cultivo em sucessão ao MI, o que foi atribuído ao melhor sincronismo entre liberação de nutrientes pela decomposição da CJ e a demanda da cultura do milho, quando comparada ao MI.

Leite et al. (2010), comparando VE, braquiária, MI e consórcio destas duas últimas, verificaram em Latossolo Amarelo do cerrado do nordeste maranhense, que o MI apresentou decomposição mais lenta que a VE e mais rápida que a braquiária, sendo a maior persistência do MI atribuída à sua maior relação C/N, tornando-o mais resistente à ação dos microrganismos. Carvalho et al. (2008) constataram, em área sob cultivo de milho e PC, decomposição mais lenta dos resíduos do GU e MI, embora não tenham obtido maiores produtividades do milho em relação a VE, recomendam estas espécies como cobertura do solo no sistema de plantio direto.

A produtividade do milho no primeiro cultivo (abril a julho de 2011), de modo geral, segue a tendência ocorrida para produção de MS pelas PC, em que as maiores produções de MS pelas coberturas proporcionam maiores produtividades de milho (Tabela 4). Isso pode ser atribuído à disponibilidade de nutrientes

proporcionada pela decomposição dos resíduos vegetais provenientes dessas plantas. Suzuki e Alves (2006), avaliando a produção de fitomassa de PC em diferentes sucessões de cultura e sistemas de manejo, constataram que a semeadura de PC no início do período das chuvas, antes da cultura principal, além de aumentar a produção de MS, fornece nutrientes para as culturas subsequentes.

No segundo cultivo (set/2011) dentre as PC, a MP apresenta a maior produção de MS, seguida do MI e CJ. As menores produções de MS são observadas para GU e LL, com valores inferiores à da VE, cuja produção não difere da quantidade produzida pelo FC (Tabela 4).

Vale ressaltar que, antes do primeiro cultivo, o solo estava em pousio por cinco anos e foi preparado pelo sistema convencional, isso provavelmente favorece o melhor desenvolvimento das plantas. Já no segundo cultivo a produção de material vegetal proveniente das espécies de cobertura e dos restos culturais do milho do primeiro cultivo, não foi suficiente para formação adequada de palhada sobre a superfície do solo, tornando o ambiente mais propício aos efeitos negativos da radiação solar e do impacto das gotas de chuva (LEITE et al., 2010).

A produtividade do milho no segundo cultivo não é influenciada pelas PC (Tabela 4), o que pode ser justificado pelo reduzido tempo da experimentação, com reduzida manutenção de palhada na superfície do solo. Além disso, altas temperaturas, principalmente noturnas, influenciam negativamente, na produtividade das culturas. Apesar disso, ocorre ganhos de produtividade do milho do primeiro para o segundo cultivo, o que pode ser atribuído à melhoria das condições da área experimental.

Em relação à influência da adubação mineral nas PC, esta prática proporciona incremento na produção de MS das PC (Tabela 4); no entanto, não ocorre influência na produtividade de grãos de milho, provavelmente por ser adequada a adubação fornecida à cultura do milho. Lara Cabezas et al. (2004) constataram que, a adubação nitrogenada na cultura do milho promoveu um acréscimo médio de 2.396 kg ha⁻¹ de grãos na sucessão milheto-milho em sistema plantio direto, comparada à testemunha não adubada. Scivittaro et al. (2003), avaliando a dinâmica do N de adubos verdes e mineral à cultura do milho, evidenciaram influência da combinação da ureia com a MP, favorecendo o

aproveitamento do N da fonte mineral, expressando também maior aproveitamento do N pelo milho. Esses autores constataram que, o N do adubo verde permaneceu mais no solo do que o N do fertilizante mineral, sendo este resultado atribuído à decomposição lenta dos resíduos da MP, explicando sua menor recuperação pelas plantas de milho, e o maior efeito residual do N dos adubos verdes que o de fertilizantes minerais. Araújo et al. (2005), atribuíram à mineralização de resíduos vegetais pelo incremento na disponibilidade de N, propiciando estreitamento da relação C/N do adubo verde, favorecendo a microbiota na decomposição da matéria orgânica do solo.

No presente estudo, nos dois cultivos, observam-se diferenças significativas na produção de MS pelas PC, embora não suficientes para influenciar na produtividade do milho no segundo cultivo (Tabela 4). Apesar disso, observam-se que, nos dois anos avaliados, as produtividades médias obtidas para a cultura do milho são superiores à média do Estado do Piauí, com 2.108 kg ha⁻¹ (CONAB, 2012).

Estes resultados comprovam a necessidade de mais estudos referentes às recomendações de plantas de cobertura mais adaptadas às condições edafoclimáticas do município de Teresina, Piauí, para produção de palhada, com o objetivo de viabilizar a adoção do sistema de plantio direto, e que influencie na produtividade do milho e de outras culturas cultivadas em sucessão.

Conclusão

As diferentes espécies de cobertura não influenciaram a produtividade de grãos de milho, no segundo cultivo.

A adubação mineral proporcionou aumento no acúmulo de matéria seca pelas plantas de cobertura, mas não influenciou a produtividade de grãos de milho cultivado em sucessão.

A produção de palhada com adubação e o comportamento das plantas de cobertura são dependentes da época de cultivo.

A mucuna-preta e o milheto foram as espécies que tiveram menor influência da época de cultivo para produtividade de matéria seca.

Referências

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de coberturas do solo, sob sistema de plantio

- direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.26, n.1, p.241-248, 2002.
- ARAÚJO, S. F. DE; TEIXEIRA, G. M.; CAMPOS, A. X. de; SILVA, F. C.; AMBROSANO, E. J.; TRIVELIN, P. C. O. Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou uréia. Ciência Rural, v.35, n.2, p.284-289, 2005.
- BARBOSA, J. C.; MALDONADO J. R. W. AgroEstat - Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, 2011. Versão 1.1.0.626.
- BASTOS, A. E.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. DE. Boletim agrometeorológico de 2007 para o município de Teresina, PI. Teresina, 2008. Embrapa Meio-Norte. (Documentos, 132).
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M.; C. TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: IAC, 1983. 48p.
- BERTIN, E. G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J. F. Plantas de cobertura em pré-safra ao milho em plantio direto. Acta Scientiarum Agronomy, v.27, n.3, p.379-386, 2005.
- BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk Density. In: KLUTE, A. (Ed.). Methods of soil analysis: Physical and Mineralogical Methods. Part 1. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.363-375.
- CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; COSTA, M. B. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B.; CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. P.; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1993. p.56.
- CARVALHO, A. M. DE; BUSTAMANTE, M. M. C.; SOUSA JUNIOR, J. G. A.; VIVALDI, L. J. Decomposição de resíduos vegetais em Latossolo sob cultivo de milho e plantas de cobertura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, p.2831-2838, 2008.
- CAVALCANTE, V. S.; SANTOS, V. R.; SANTOS NETO, A. L. DOS; SANTOS, M. A. L. DOS; SANTOS, C. G. DOS; COSTA, L. C. Biomassa e extração de nutrientes por plantas de cobertura. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, n.5, p.521-528, 2012.
- CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; HERBES, M. G.; POLLETO, N.; SILVEIRA, M. J. Produção e decomposição de fitomassa de plantas inverniais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. Ciência Rural, v.32, p.49-54, 2002.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Safras – Grãos Safra 2011-2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 03 de janeiro de 2013.
- DAY, P. R. Particle fraction and particle-size analysis. In: BLACK, C. A. ed. Methods of soil analysis: part 1. Madison, ASA, p.545-567, 1965.
- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306p.
- FABIAN, A. J. Plantas de cobertura: efeito nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação. 83f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, 2009.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization. 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 28 de novembro 2012.
- FORNASIERI FILHO, D. A cultura do milho. Jaboticabal: Funep, 2007, 276p.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 23 de novembro de 2012.
- LANDAU, E. C.; PEREIRA FILHO, J. A. Cultivo do milheto. Embrapa milho e sorgo. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br>. Acesso em: 19 de fevereiro de 2013.
- LARA CABEZAS, W. A. R.; ALVES, B. J. R.; CABALLERO, S. S. U.; SANTANA, D. G. Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema semeadura direta e solo preparado. Ciência Rural, v.34, n.4, p.1005-1013, 2004.
- LEITE, L. F. C.; FREITAS, R. C. A. de; SAGRILO, E.; GALVÃO, S. R. S. Decomposição e liberação de resíduos vegetais depositados sobre Latossolo Amarelo no Cerrado Maranhense. Revista Ciência Agronômica, v.41, n.1, p.29-35, 2010.
- RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H. Recomendação de adubação para a cultura do milho. In: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2. ed. Instituto Agronômico de Campinas. Campinas, 1997. 285p.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico. 2001. 285p.

SCIVITTARO, W. B.; MURAOKA, T.; BOARETTO, A. E.; TRIVELIN, P. C. O. Transformações do nitrogênio proveniente de mucuna-preta e uréia utilizados como adubo na cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.12, p.1427-1433, 2003.

SILVA, E. C. DA.; MURAOKA, T.; BUZZETTI, S.; TRIVELIN, P. C. O. Manejo de nitrogênio no milho sob plantio direto com diferentes plantas de cobertura, em Latossolo Vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, n.3, p.477-486, 2006.

SOUSA NETO, E. L. DE; ANDRIOLI, I.; BEUTLER, A. N.; CENTURION, J. F. Atributos físicos do solo e produtividade do milho em resposta a culturas de pré-safra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.3, n.2, p.255-260, 2008.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões

de culturas e sistemas de cultivo. *Bragantia*, v.5, p.121-127, 2006.

TEDESCO, M. J.; VOLKWEISS, S. J.; BOHNEN, H. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: UFRGS, 1985. 188p. (Boletim Técnico de Solos 5).

TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, n.4, p.609-618, 2005.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. J.; RAZERA, L. F.; MEDINA, P. F.; CARVALHO, L. H.; KIKUTI, H. Bancos comunitários de sementes de adubos verdes: informações técnicas. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento, 2007.

Capítulo 7

UTILIZAÇÃO E ANÁLISE DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS COM PARÂMETROS CLIMATOLÓGICOS APLICADO A DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Camila Bermond Ruezzené¹
Carlos Eduardo Nunes Medina Martinez²
Renato Billia de Miranda³
Adriano Rogerio Bruno Tech⁴
Frederico Fábio Mauad⁵

¹Doutoranda em Ciências da Engenharia Ambiental, USP/Campus São Carlos/SP, camila.ruezzené@gmail.com

²Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, USP/Campus São Carlos/SP, carlosenmm@gmail.com

³Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, USP/Campus São Carlos/SP, rbm1706@gmail.com

^{4,5}Professor Associado do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental, USP/Campus São Carlos/SP, adriano.tech@usp.br; mauadffm@gmail.com

Introdução

As ocorrências das precipitações são derivadas de fenômenos atmosféricos que se interagem com a superfície terrestre por meio de trocas de calor e umidade. A precipitação pluvial possui grande atuação nas condições do ambiente, pois representa o principal componente de entrada do balanço hídrico, contribuindo assim com a recarga de corpos d'água (GOUVEA et al., 2018).

O conhecimento do regime pluviométrico e da variabilidade da precipitação se torna fundamental nas análises ambientais e de cenários socioeconômicos, já que eventos de grande intensidade ou de escassez podem gerar impactos negativos nas atividades do homem e, conseqüentemente, no desenvolvimento de uma região. Estudos de precipitação são realizados por meio de simulações numéricas e geração de modelos que permitem a realização de projeções e avaliação de impactos relacionados a processos erosivos, produção agrícola e eventos climáticos, sendo também aplicados na gestão e gerenciamento dos recursos hídricos (KLEIBER et al., 2012; SANTOS et al., 2018).

Há uma grande limitação quanto ao conhecimento aprofundado da distribuição dos dados climatológicos que influenciam diretamente na precipitação devido à complexidade física de seus processos. É de grande relevância que se obtenha resultados satisfatórios de projeções e possíveis anomalias de chuva que possa estar ocorrendo ao longo do

tempo. Dessa forma, as Redes Neurais Artificiais (RNAs) apresentam grande potencial para compreensão da variabilidade espaço/temporal e modelagem de vários processos meteorológicos e hidrológicos existentes em bacias hidrográficas, por ser uma técnica complexa de classificação e reconhecimento de padrões (MELLO et al., 2017; WANDERLEY et al., 2014).

A RNA é uma ferramenta que simula o sistema neurológico do ser humano. Operando em camadas e neurônios, ela recebe do usuário uma ou mais séries de parâmetros que são denominadas como entrada da rede e uma única série de parâmetros denominado como alvo da rede. A rede atribui pesos a cada tipo de dado de entrada para obter uma saída que é, então, comparado com o valor do alvo, ou seja, a saída esperada. Este processo é repetido diversas vezes sendo que, a cada interação, a rede altera os valores dos pesos atribuídos em busca de uma correlação cada vez mais precisa entre os valores de saída e o alvo (NKUNA & ODIYO, 2011; HEMA & KANT, 2017).

Esses novos métodos de análise através das redes neurais vem sendo cada vez mais utilizados para modelagem climáticas, sendo essas ferramentas estatísticas não lineares que tornam as análises mais eficazes para relacionar as complexas entradas e saídas de simulações, gerando assim, séries consistentes e confiáveis para os estudos mais detalhados do clima (COUTINHO et al., 2018; MAQSOOD & ABRAHAM, 2007).

Desta maneira, a partir da classificação da intensidade da precipitação, o objetivo deste estudo é criar redes neurais artificiais para o preenchimento de falha em dados mensais de chuva através de parâmetros climatológicos, utilizando dados de 2010 a 2018 de uma estação climatológica localizada no município de Itirapina-SP.

Material e Métodos

A área de estudo localiza-se no município de Itirapina-SP com uma população de 15.524 habitantes e conta com uma área territorial de 564,603 km² (IBGE, 2010). Geograficamente, as regiões situam-se na porção central do Estado de São Paulo (Figura 1).

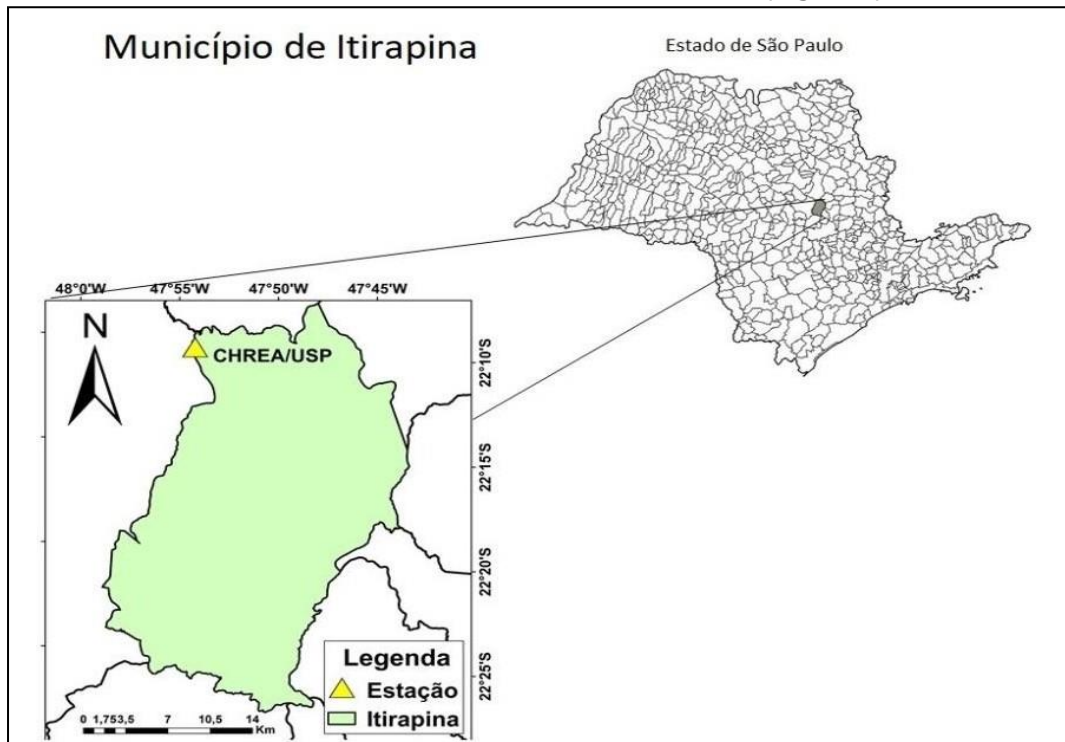


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

O clima predominante da região, de acordo com a classificação de Köppen é CWA, definido por clima temperado, de invernos secos e verões chuvosos. Esta região central tem uma sazonalidade com estação úmida entre os meses de outubro a março, de intensidade concentrada principalmente nos meses de dezembro a fevereiro, e a estação seca, correspondente aos meses de abril a setembro, apresentando uma precipitação média anual de 1493mm (MACHADO & MATTOS, 2001). A temperatura média é de 22°C, porém, variando entre mais amenas e altas, conforme a época do ano (CEPAGRI, 2015; PEEL et al., 2007; PERUSSI & VECCHIA, 2016). Os solos da região são, basicamente arenosos e em direção a Serra Geral encontra-se maior presença de solos em argila (ZANCHETTA & PINHEIRO, 2007).

Neste estudo, foram utilizados os dados da estação meteorológica do Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais (CRHEA) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). Essa estação foi instalada no ano de 1972 e a escolha desta foi devido a ela possuir dados primários e consistidos. Para a criação da rede foi definido uma série onde não havia nenhuma falha nos parâmetros climatológicos diários, sendo compreendido entre os anos de 2010 a 2018 e utilizado como variáveis de entrada temperaturas mínima, máxima e média (°C), velocidade do vento a 0,5 m de altura (m/s), umidade relativa (%) e como parâmetro de saída a precipitação (mm) como pode ser observado na Figura 2.

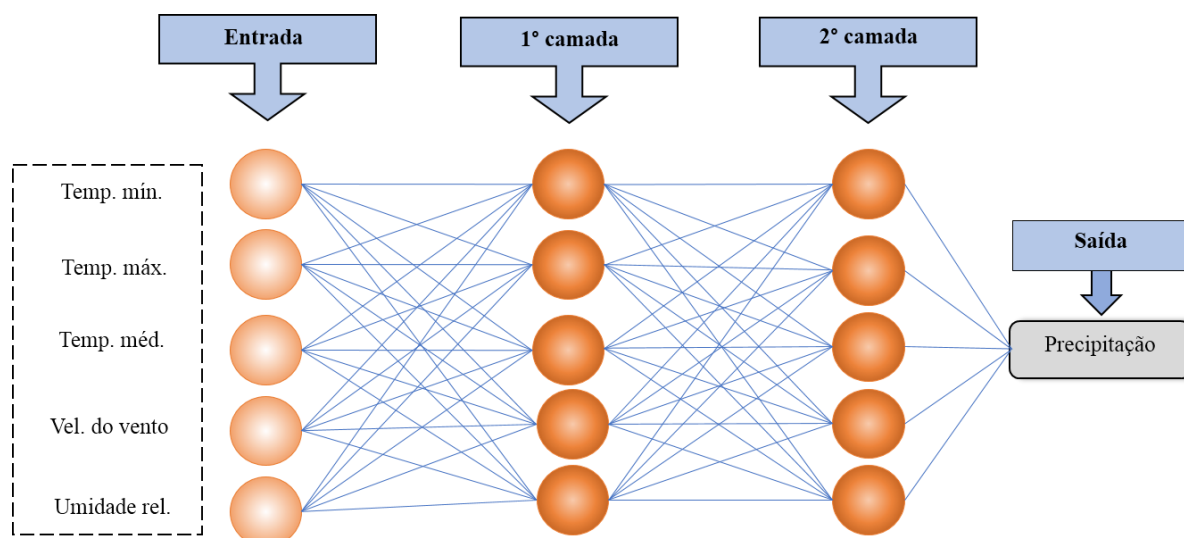


Figura 2. Arquitetura da rede neural.

As redes foram treinadas no software MATLAB versão R2015a utilizando a rede *feed-forward backpropagation*, com função de treinamento Levenberg-Marquardt, a função de aprendizado adaptativo *Gradient descent with momentum weight and bias*, a função de performance *mean-squared error*. A estrutura da rede foi implementada com 5 neurônios de entrada, duas camadas intermediárias com 10 neurônios e, uma camada de saída com um único neurônio, sendo a função de transferência utilizada a *tansig*.

Inicialmente, foi criada uma única rede que recebeu os parâmetros da série diária dos 9 anos, entretanto, após os testes iniciais foram criadas trinta e seis (36) redes para melhor modelagem dos dados e, conseqüentemente, melhor desempenho da rede. Os dados foram divididos tanto por mês quanto por classificação de intensidade da chuva, adaptada de Reichardt (1986), sendo a baixa menor que 2,5mm; a média maior ou igual a 2,5mm e menor que 7,5mm; e a alta maior ou igual a 7,5mm. Após as redes terem calculado os valores esperados de precipitação para cada intensidade nos respectivos meses, foram feitas três análises, a diferença entre a precipitação acumulada real e a estimada, o coeficiente de determinação e o teste não paramétrico de Mann-Witney proposto por Sneyers (1975). Foram utilizados valores acumulados de precipitação para cada intensidade correspondentes aos 12 meses e, após, realizou-se a diferença entre o acumulado real e o estimado.

Foi utilizado o coeficiente de determinação para avaliar a qualidade do ajuste

de modelo indicando o quanto ele foi capaz de explicar os dados de referência, sendo que valores mais próximos de 1 indicam melhores modelos criados, e segundo recomendações de Pruski et al. (2004) e Barbosa et al. (2005) adotou-se como critério mínimo, valores obtidos de R^2 acima de 0,7. Foram calculados os coeficientes para as 36 redes criadas comparando-se os valores de precipitação diários reais com os estimados.

Foi realizado o teste não paramétrico de Mann-Witney com nível de significância de 0,05 para testar se houve diferenças significativas entre o valor estimado pelas redes neurais e o dado real de referência da precipitação. Ao encontrar p-valores maiores que o nível de significância, aceita-se H_0 onde os dados provêm de amostras iguais, e rejeita-se a H_1 , onde os dados provêm de amostras diferentes, em que a distribuição das duas amostras são as mesmas. Onde o Teste de hipótese para H_0 : os dados provêm de amostras iguais e H_1 : os dados provêm de amostras diferentes.

Resultados e Discussão

Observa-se nas Tabelas 1 a 3 os valores mensais de precipitação de 2010 a 2018 correspondentes a cada rede criada com as suas respectivas estimativas classificadas em baixa ($\leq 2,5\text{mm}$), média ($>2,5$ e $<7,5\text{mm}$) e alta ($\geq 7,5\text{mm}$) intensidade de chuvas comparando as diferenças percentuais com os valores reais, assim como, os valores correspondentes ao R^2 e os p-valores do teste de Mann-Whitney para cada mês.

Tabela 1. Rede neural mensal para baixa intensidade de chuvas. Precipitação acumulada real e estimada, diferença percentual entre os valores estimados e a reais, R^2 e p-valor do teste de Mann-Whitney

Mês	Intensidade real	Intensidade estimada	Diferença (%)	R^2 (%)	Mann-Whitney (MW)
Jan	49,5	41,38	16,40	0,49	0
Fev	30,9	23,51	23,92	0,63	0,018
Mar	45,8	54,32	-18,60	0,33	0
Abr	22	17,18	21,91	0,60	0,598
Mai	770,1	789,16	-2,48	0,43	0
Jun	16,4	11,79	28,17	0,73	0
Jul	13,7	12,63	7,81	0,74	0
Ago	8,8	8,51	3,30	0,82	0
Set	15,3	11,11	27,39	0,71	0
Out	32,2	30,04	6,71	0,56	0
Nov	32,2	17,87	44,50	0,51	0
Dez	45,3	36,66	19,07	0,76	0

É possível observar pela Tabela 1, que as redes para baixa intensidade superestimam os meses de março e maio com diferenças de -18,60 e -2,48%, respectivamente, e as demais redes subestimam os valores, encontrando menores diferenças para os meses de julho e agosto, e maiores diferenças para novembro e junho.

Por meio do coeficiente de determinação obtido pelo teste, dentre as três classificações, a de baixa intensidade é a que apresenta, no geral, menores valores de R^2 . Os dois melhores resultados são os obtidos para meses de agosto e dezembro, e os dois menores são para os meses de março e maio.

Pode-se verificar, por meio do teste de Mann-Whitney com nível de significância de 0,05, a diferença significativa entre os valores estimados e o real. Desta forma, para baixa intensidade, apenas o mês de abril apresenta estimativas significativamente iguais aos dados reais.

Conforme encontrado por Silva e Jardim (2017), a transição entre o período seco e úmido representa uma maior dispersão nos dados acumulados de chuva, por apresentarem períodos com baixa precipitação e valores acima da normalidade, resultando em

anomalias que ocorrem de forma desproporcional entre as estações avaliadas o que pode dificultar as estimativas. Como pôde ser verificado nesse estudo onde não foram encontradas boas estimativas para baixas precipitações, sendo indicado utilizar a rede neural criada para preencher os dados correspondentes ao mês de abril.

Souza e Galvani (2017), ao analisarem a precipitação de 1968 a 1998 de 16 postos localizados na bacia do rio Jacaré Guaçu que compõe parte do município de Itirapina, afirmam que essa região apresenta uma grande variabilidade espacial e temporal das chuvas, conforme verifica-se para áreas localizadas nos trópicos. Desta forma, conjunturas de efeito orográfico da região podem ter comprometido as estimativas de baixa intensidade, não sendo possível estimar de forma coerente por meio das redes neurais artificiais.

Na Tabela 2 são apresentados os dados da rede neural para média intensidade correspondente a cada mês e os seus respectivos valores acumulados mensais, diferença percentual, coeficiente de determinação (R^2) e p-valor do teste de Mann-Whitney, todos referentes aos dados reais e estimados de precipitação.

Tabela 2. Rede neural mensal para média intensidade de chuvas. Precipitação acumulada real e estimada, diferença percentual entre os valores estimados e a reais, R^2 e p-valor do teste de Mann-Whitney

Mês	Intensidade real	Intensidade estimada	Diferença (%)	R^2 (%)	Mann-Whitney (MW)
Jan	174,1	172,96	0,65	0,85	0,991
Fev	154,63	153,8	0,54	0,94	0,825
Mar	145,4	148,79	-2,33	0,83	0,714
Abr	66	65,68	0,48	0,98	1
Mai	42,5	41,87	1,48	0,95	0,958
Jun	23,6	22,61	4,19	0,53	1
Jul	40,6	39,69	2,24	0,87	1
Ago	51,2	49,88	2,58	0,98	0,948
Set	59,7	54,1	9,38	0,50	0,436
Out	106,7	107,61	-0,85	0,99	0,982
Nov	124,2	117,31	5,55	0,92	0,464
Dez	156,9	161,08	-2,66	0,68	0,720

As redes de média intensidade de chuva (Tabela 2) apresentam resultados satisfatórios com poucas diferenças percentuais entre os meses, sendo encontrados maiores diferenças para os meses de setembro e novembro, e menores para abril e fevereiro. Com relação ao R^2 , seis dos doze meses apresentam valores superiores a 0,9, e para o teste de Mann-Whitney, todos os meses apontam estimativas significativas indicando que não existe

diferença significativa entre os dados reais e estimados.

Na Tabela 3 pode ser observado as redes neurais criadas para alta intensidade correspondente a cada mês, com os respectivos valores acumulados mensais, diferença percentual, coeficiente de determinação (R^2) e p-valor do teste de Mann-Whitney, todos referentes aos dados reais e estimados de precipitação.

Tabela 3. Rede neural mensal para alta intensidade de chuvas. Precipitação acumulada real e estimada, diferença percentual entre os valores estimados e a reais, R^2 e p-valor do teste de Mann-Whitney

Mês	Intensidade real	Intensidade estimada	Diferença (%)	R^2 (%)	Mann-Whitney (MW)
Jan	2599,7	2690,68	-3,50	0,58	0,810
Fev	1303,3	1276,23	2,08	0,96	0,726
Mar	1390	1409,96	-1,44	0,67	0,630
Abr	735,5	731,69	0,52	0,91	0,945
Mai	710,5	736,83	-3,71	0,99	0,792
Jun	437,8	448,79	-2,51	0,91	0,862
Jul	109,2	111,56	-2,16	0,98	0,958
Ago	145,23	160,3	-10,38	0,68	1
Set	538,8	548,42	-1,79	0,37	0,352
Out	955,11	97,8	-2,06	0,87	0,802
Nov	1290,3	1285,4	0,38	0,79	0,868
Dez	1691,5	949,9	43,84	0,20	0

Para alta intensidade de chuvas, o mês de dezembro apresenta a maior diferença entre os valores estimados e reais, enquanto novembro aponta a menor diferença. Os meses de dezembro e setembro exibem os menores valores de R^2 , enquanto os meses de maio e julho são próximos de 1. Observa-se um p-valor

igual a 1 para o mês de agosto, mas não se obteve resultado satisfatório para o R^2 . Para o teste de Mann-Whitney todos os meses, exceto para dezembro, indicam que não existe diferença significativa entre os dados reais e estimados.

Para todas as análises realizadas, as classificações de média e alta intensidade mostram os melhores resultados. As de baixa intensidade apresentam diversos resultados insatisfatórios, que podem ser devidos aos parâmetros de entrada não conseguirem representar de maneira adequada, no período seco, os dias em que há pouca ou nenhuma precipitação.

O fato de os dados diários de chuva terem uma alta variabilidade espaço/temporal como observado também nos estudos de Barreto et al. (2012), tal fato causa um impacto negativo nas RNA devido à dificuldade de atribuição de pesos dos parâmetros de entrada. Este problema foi suprido por meio da classificação mensal da intensidade, a qual permitiu com que as redes conseguissem encontrar padrões e ajustassem os pesos, o que ocasionou em resultados mais precisos devido a menores variações de dados (WANDERLEY et al., 2014).

Os resultados de classificação de período encontrados neste trabalho são similares ao estudo de Depiné et al. (2014), que utilizaram as redes neurais e dividiram as séries de precipitação em três diferentes alternativas, sendo a primeira com 365 dias de dados, a segunda com séries curtas de 12 a 30 dias e a terceira semelhante a segunda, mas com o acréscimo apenas de análises dos períodos sazonais. O estudo destes autores obteve melhores resultados do preenchimento na terceira alternativa em todos os postos analisados, reproduzindo de forma eficiente os picos de verão.

Para valores de precipitação acima de 2,5mm observa-se valores de R^2 acima de 0,9 e p-valores acima de 0,05, o que indica tanto uma ótima relação entre os dados estimados e os dados reais, quanto a hipótese de que os resultados provêm de amostras iguais em cerca de metade dos meses para cada classificação, sendo possível utilizar estas redes criadas para o preenchimento de falha em dados de precipitação.

Pode-se observar neste estudo que a partir da utilização de dados diários de temperatura mínima, média e máxima, velocidade do vento e umidade relativa foram obtidos altos índices de correlação com a precipitação a partir da aplicação de redes neurais artificiais. Isto foi atingido devido a criação de uma rede para cada mês e para cada intensidade de chuva.

Conclusão

Para valores de precipitação acima de 2,5mm foram encontrados valores de R^2 acima de 0,9 e p-valores acima de 0,05, o que indicou tanto uma ótima correlação entre os dados estimados e os dados reais quanto a hipótese de que os resultados provêm de amostras iguais em cerca de metade dos meses para cada classificação.

Comprovou-se neste estudo que a partir da utilização de dados diários de temperatura mínima, média e máxima, velocidade do vento e umidade relativa foram obtidos altos índices de correlação com a precipitação a partir da aplicação de redes neurais artificiais. Isto foi atingido devido a criação de uma rede para cada mês e para cada intensidade de chuva.

Esse trabalho trouxe contribuições através da criação de RNAs para estudo de preenchimento de falha de dados de precipitação a partir de outras variáveis e para o entendimento da relação dos parâmetros climatológicos com a precipitação, sendo possível esta metodologia ser aplicada em outras regiões através das análises empregadas.

Referências

- BARBOSA, S. E. da S.; BARBOSA JÚNIOR, A. R.; SILVA, G. QUEIROZ da; CAMPOS, E. N. B.; RODRIGUES, V. de C. Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a Bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.10, n.1, p.64-71, 2005.
- BARRETO, H. B. F.; SANTOS, W. de O.; CRUZ, C. M. Análise da distribuição da precipitação pluviométrica média anual no estado do Ceará. Revista Verde, v.7, n.2, p.122-128, 2012.
- CEPAGRI. Centro de Pesquisa Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura. Clima dos municípios paulistas. 2015. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_560.html. Acesso em: 15 de abril 2019.
- COUTINHO, E. R.; SILVA, R. M.; MADEIRA, J. G. F.; COUTINHO, P. R. de O. dos S.; BOLOY, R. A. M.; DELGADO, A. R. S. Application of artificial neural networks (ANNs) in the gap filling of meteorological time series. Revista Brasileira de Meteorologia, v.33, n.2, p.317-328, 2018.
- GOUVEA, R. L.; CAMPOS, C. C.; MENEZES, J. T.; MOREIRA, G. F. Análise de frequência de precipitação e caracterização de anos secos e chuvosos para a bacia do Rio Itajaí. Revista

- Brasileira de Climatologia, v.14, n.22, p.309-323, 2018.
- HEMA, N.; KANT, K. Reconstructing missing hourly real-time precipitation data using a novel intermittent sliding window period technique for automatic weather station data. *Journal of Meteorological Research*, v.31, n.4, p.774-790, 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/itirapina/panorama>. Acesso em: 10 abril 2019.
- KLEIBER, W.; KATZ, R. W.; RAJAGOPALAN, B. Daily spatiotemporal precipitation simulation using latent and transformed Gaussian processes. *Water Resources Research*, v.48, n.1, p.1-17, 2012.
- MACHADO, R. E.; MATTOS, A. Construção e instalação de um lisímetro com sistema de drenagem. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.9, n.1 p.147-151, 2001.
- MAQSOOD, I.; ABRAHAM, A. Weather analysis using ensemble of connectionist learning paradigms. *Applied Soft Computing*, v.7, n.3, p.995-1004, 2007.
- MATLAB. Matlab R2015a, 2018. Disponível em: <https://atendimento-prod.sti.usp.br/otrs/public.pl?Action=PublicFAQZoom;ItemID=316>. Acesso em: 26 fevereiro 2019.
- MELLO, Y. R.; KOHLS, W.; OLIVEIRA, T. M. N. Uso de diferentes métodos para o preenchimento de falhas em estações pluviométricas. *Boletim de Geografia*, v.35, n.1, p.112-121, 2017.
- NKUNA, T. R.; ODIYO, J. O. Filling of missing rainfall data in Luvuvhu River Catchment using artificial neural networks. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts a/b/c*, v.36, n.14-15, p.830-835, 2011.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen- Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences*, v.11, n.5, p.1633-1644, 2007.
- PERUSSI, R.; VECCHIA, F. A. da S. Análise do comportamento térmico de um sistema de cobertura verde utilizando plataformas de teste. *Pesquisa em Arquitetura e Construção*, v.7, n.4 p.225-236, 2016.
- PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.3, p.247-253, 2004.
- REICHARDT, K. A. Água em Sistemas Agrícolas. 1. ed. São Paulo: Manole. 1986. 188p.
- SANTOS, R. S.; VIERA, P. D.; EVANGELISTA, D. H. R.; OLIVEIRA, L. J. C.; NONATO, D. Caracterização de extremos mensais de precipitação em Cacoal (RO). *Revista Brasileira de Climatologia*, v.22, p.267-280, 2018.
- SILVA, A. A. F.; JARDIM, C. H. Aplicação de técnicas de preenchimento de falhas de dados de pluviosidade mensal e anual para o noroeste do estado de Minas Gerais - Brasil. *Geografias Artigos Científicos*, v.15, n.2, p.83-106, 2017.
- SNEYERS, R. Sur l'analyse statistique des séries d'observations. Ed. Genève: Organisation Météorologique Mondiale, 1975. 192p.
- WANDERLEY, H. S.; AMORIM, R. F. C.; CARVALHO, F. O. Interpolação espacial de dados médios mensais pluviométricos com redes neurais artificiais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.29, n.3, p.389-396, 2014.
- ZANCHETTA, D.; PINHEIRO, L. de S. Análise biofísica dos processos envolvidos na invasão biológica de sementes de *Pinus elliottii* na Estação Ecológica de Itirapina - SP e alternativas de manejo. *Climatologia e Estudos de Paisagem*, v.2, n.1, p.72-89, 2007.

Capítulo 8

PREDIÇÃO DE MODELOS MATEMÁTICOS SOBRE A CINÉTICA DE SECAGEM DE FATIAS DE PÊSSEGO

Newton Carlos Santos¹

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva²

Sâmela Leal Barros³

Victor Herbert de Alcântara Ribeiro⁴

Shênia Santos Monteiro⁵

Caroline Gomes dos Reis⁶

Shirley Santos Monteiro⁷

¹Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal – RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com

^{2,4}Doutorandos 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

^{5,6}Mestrandas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande –PB, shenia-monteiro@hotmail.com; carolainetecalimentos@gmail.com

⁷Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande –PB, shirley_pinto_monteiro@hotmail.com

Introdução

O pêssego (*Prunus persica* L.) é uma das frutas mais importantes da dieta humana, devido ao seu sabor único e nutrientes abundantes. No entanto, os frutos de pêssego são altamente perecíveis e apresentam rápida deterioração da qualidade à temperatura ambiente (HUAN et al., 2019). Segundo Sun et al. (2019) os pêssegos geralmente são colhidos durante o verão quente e úmido, e são suscetíveis à deterioração devido ao crescimento de fungos após a colheita, o que ocorreria dentro de três a cinco dias depois que a fruta fosse mantida à temperatura ambiente, resultando em rápida mudança no seu sabor e textura.

Por apresentarem alta perecibilidade pós-colheita segundo Defraeyer e Radu (2018), a secagem é uma tecnologia fundamental para sua preservação, pois ao secar, aumenta-se a disponibilidade desta fruta fora da sua estação e seu conteúdo nutricional é assegurado, além de reduzir os desperdícios pós-colheita.

A conservação pela secagem baseia-se no fato de que, tanto os microrganismos como as enzimas, e todo o mecanismo metabólico necessitam de água para suas atividades. Com a redução da quantidade de água disponível, serão reduzidas a atividade de água e a velocidade das reações químicas e, como consequência, o desenvolvimento de

microrganismos, conferindo ao produto uma maior qualidade por maior período de tempo, aumentando-se, assim, a vida de prateleira (OLIVEIRA et al., 2015).

Segundo Santos et al. (2019), a secagem de produtos agrícolas pode ser descrita por diversos modelos matemáticos teóricos, semiteóricos e empíricos que podem ser usadas posteriormente em projetos de equipamentos. Considerando a diversidade das estruturas biológicas envolvidas na transferência de calor e massa, e os efeitos observados em cada produto. Informações sobre as condições com as quais o produto perde umidade, é uma questão que pode ser resolvida incorporando modelos matemáticos amplamente utilizados (LEITE et al., 2019).

Assim, o processo de secagem para as fatias de pêssego surge como uma alternativa para aumentar a sua vida pós-colheita, pois proporciona redução na quantidade de água, resultando em maior vida útil com diminuição da atividade microbiana. Portanto, o objetivo deste estudo foi realizar a cinética da secagem de fatias de pêssegos nas temperaturas de 60, 70 e 80 ° C e ajustar aos dados experimentais obtidos modelos matemáticos empíricos e difusivos.

Material e Métodos

Os Pêssegos (*Prunus persica* L.) cv. Hubimel foram adquiridos no comércio local da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil. Os mesmos foram selecionados, higienizados e cortados manualmente em fatias (0,6mm), com auxílio de uma faca doméstica e paquímetro. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Secagem da Universidade Federal de Campina Grande.

Cinética de secagem

A cinética de secagem foi realizada em estufa de circulação de ar com velocidade do ar de 1,5 m.s⁻¹, nas temperaturas de 60, 70 e 80°C, nas quais as fatias de pêssego com espessura de 0,6mm foram distribuídas uniformemente em bandejas.

Os dados experimentais foram expressos em termos de razão de teor de água (X^*), dada pela relação entre as diferenças de teores de água no tempo, t , e teor de água de equilíbrio ($X(t) - X_{eq}$) e teores de água inicial e de equilíbrio ($X_i - X_{eq}$) como descrito na Equação (1).

$$X^*(t) = \frac{X(t) - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Sendo que: X^* = razão de teor de água (adimensional); X_{eq} = teor de água de equilíbrio (base seca); $X(t)$ = teor de água (base seca); X_i = teor de água inicial (base seca).

As funções empíricas $f(t,a,b)$ apresentadas na Tabela 1, foram ajustadas aos conjuntos de dados experimentais, usando regressão não linear através do Software de Ajuste de Curvas LAB Fit (SILVA & SILVA, 2008). A partir funções empíricas, as expressões matemáticas para taxa de secagem em função do tempo também são expressas como mostrado na Tabela 1. Os resultados, dos modelos empíricos, foram avaliados através dos indicadores estatísticos qui-quadrado, χ^2 e coeficiente de determinação, R^2 (BEVINGTON & ROBINSON, 1992; DA SILVA et al., 2008; TAYLOR, 1997; SILVA et al., 2014).

Tabela 1. Modelos empíricos e suas respectivas taxas utilizadas para descrição da cinética de secagem

Modelo	Expressão	Taxa
Page	$X^* = e^{-at^b}$	$\frac{dX^*}{dt} = -abe^{b-1}e^{-at^b}$
Lewis	$X^* = e^{-at}$	$\frac{dX^*}{dt} = ae^{-at}$
Peleg	$X^* = t(a + bt)$	$\frac{dX^*}{dt} = a(a + bt)^2$
Handerson e Pabis	$X^* = ae^{-bt}$	$\frac{dX^*}{dt} = -abe^{-bt}$

Solução analítica da equação de difusão

Para a solução analítica da equação de difusão o teor médio de umidade do sólido com geometria de parede infinita no momento t é dado por Luivok (1968) conforme a Equação 2.

$$X^*(t) = \sum_{n=1}^{16} B_n \exp\left(-\mu_n^2 \frac{D}{L/2} t\right) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: $X^*(t)$ é o teor de umidade no instante t ; X_{eq} é o teor de umidade para $t \rightarrow \infty$; X_i é o teor de umidade para $t = 0$; L é a espessura; D é a difusividade; t é o tempo.

O número de termos do somatório foi estabelecido como 16, ao invés de infinito, e o parâmetro B_n é dado pela Equação 3.

$$B_n = \frac{2Bi^2}{\mu_n^2 (Bi^2 + Bi + \mu_n^2)} \quad (\text{Eq. 3})$$

Sendo que, Bi é o número de Biot e é dado pela Equação 4.

$$Bi = \frac{h(L/2)}{D} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde: h é o coeficiente convectivo de transferência de calor; e $\cot \mu = \mu/Bi$ é a equação característica para a parede infinita.

Para obtenção dos parâmetros de processo D , h e Bi , a otimização do processo foi

feita conforme metodologia descrita por Da Silva et al. (2010).

Resultados e Discussão

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados obtidos para os modelos empíricos

aplicados a cinética de secagem das fatias de pêssego, assim como os indicadores estatísticos, qui-quadrado (χ^2) e coeficiente de determinação (R^2).

Tabela 2. Resultados obtidos pelo ajuste dos modelos matemáticos empíricos

Modelo	T (°C)	<i>a</i>	<i>b</i>	R^2	$\chi^2 \times 10^{-3}$
Page	60	$0,273 \times 10^{-2}$	1,155	0,9993	1,831
	70	$0,476 \times 10^{-2}$	1,086	0,9996	1,552
	80	$1,269 \times 10^{-2}$	0,934	0,9996	1,234
Lewis	60	$0,591 \times 10^{-2}$	-	0,9977	1,111
	70	$0,476 \times 10^{-2}$	-	0,9992	5,522
	80	$0,127 \times 10^{-2}$	-	0,9993	3,947
Peleg	60	$0,738 \times 10^{-2}$	$-0,161 \times 10^{-2}$	0,9892	3,464
	70	$1,095 \times 10^2$	0,8388	0,9896	42,679
	80	$7,807 \times 10^1$	0,8753	0,9835	20,736
Handerson e Pabis	60	1,042	$0,631 \times 10^{-2}$	0,9981	7,640
	70	1,028	$0,750 \times 10^{-2}$	0,9943	2,126
	80	0,974	$0,898 \times 10^{-2}$	0,9994	2,683

Em análise ao indicador estatístico (R^2) todos os modelos apresentam valores superiores a 0,980; sendo os menores valores de R^2 obtidos para o modelo Peleg ($0,990 > R^2 > 0,980$) em todas as temperaturas aplicadas. No entanto, apenas os modelos matemáticos com coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,990 são considerados como bons ajustes. Sendo assim, o modelo de Page melhor se ajusta aos dados experimentais, pois, para todas as temperaturas aplicadas, apresenta os maiores valores para este indicador.

Valores elevados de R^2 também foram obtidos para os modelos Lewis e Handerson e Pabis, porém segundo Silva et al. (2019) para um modelo adequar-se adequadamente aos dados experimentais, é essencial que, além do R^2 ser maior que 0,99 o qui-quadrado (χ^2) deve ser o mais baixo possível. Portanto, em relação aos valores do χ^2 os menores valores obtidos são para o modelo de Page variando de 1,831 a $1,234 \times 10^{-3}$ quando houve variação da temperatura de 60 a 80°C.

Observa-se também que, o parâmetro “*a*” das equações empíricas (Page e Peleg) sofre tendência de aumento com aumento da temperatura do ar de secagem, o mesmo parâmetro para os modelos de Handerson e Pabis e Lewis diminuem com o aumento da temperatura. Comportamento semelhante é

observado para o parâmetro “*b*”, onde o mesmo apresenta aumento na medida em que se eleva a temperatura do ar de secagem, no entanto, apenas o modelo de Page apresenta comportamento diferente. De acordo com Moreira et al. (2018), o parâmetro “*b*” é uma constante de proporcionalidade entre a taxa de secagem e a razão de umidade.

Segundo Zhu e Shen (2014), ao avaliarem o processo de secagem de pêssego, observaram que a mudança de razão de umidade com o tempo de secagem na temperatura variando de 60 a 80°C pode ser descrita com sucesso pelo modelo de Page. Resende et al. (2019), ao estudarem o processo de secagem da fruta-pão de semente, concluíram que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais. Leite et al. (2016), ao aplicarem modelos matemáticos empíricos na cinética de secagem de carambola, também determinaram que o modelo de Page se ajustou de forma mais satisfatória aos dados experimentais, devido apresentar maior coeficiente de determinação (R^2) e menores valores de χ^2 .

Na Figura 1, pode-se observar o modelo Page como aquele que melhor descreve a cinética de secagem das fatias de pêssego para as temperaturas de ar de secagem aplicadas.

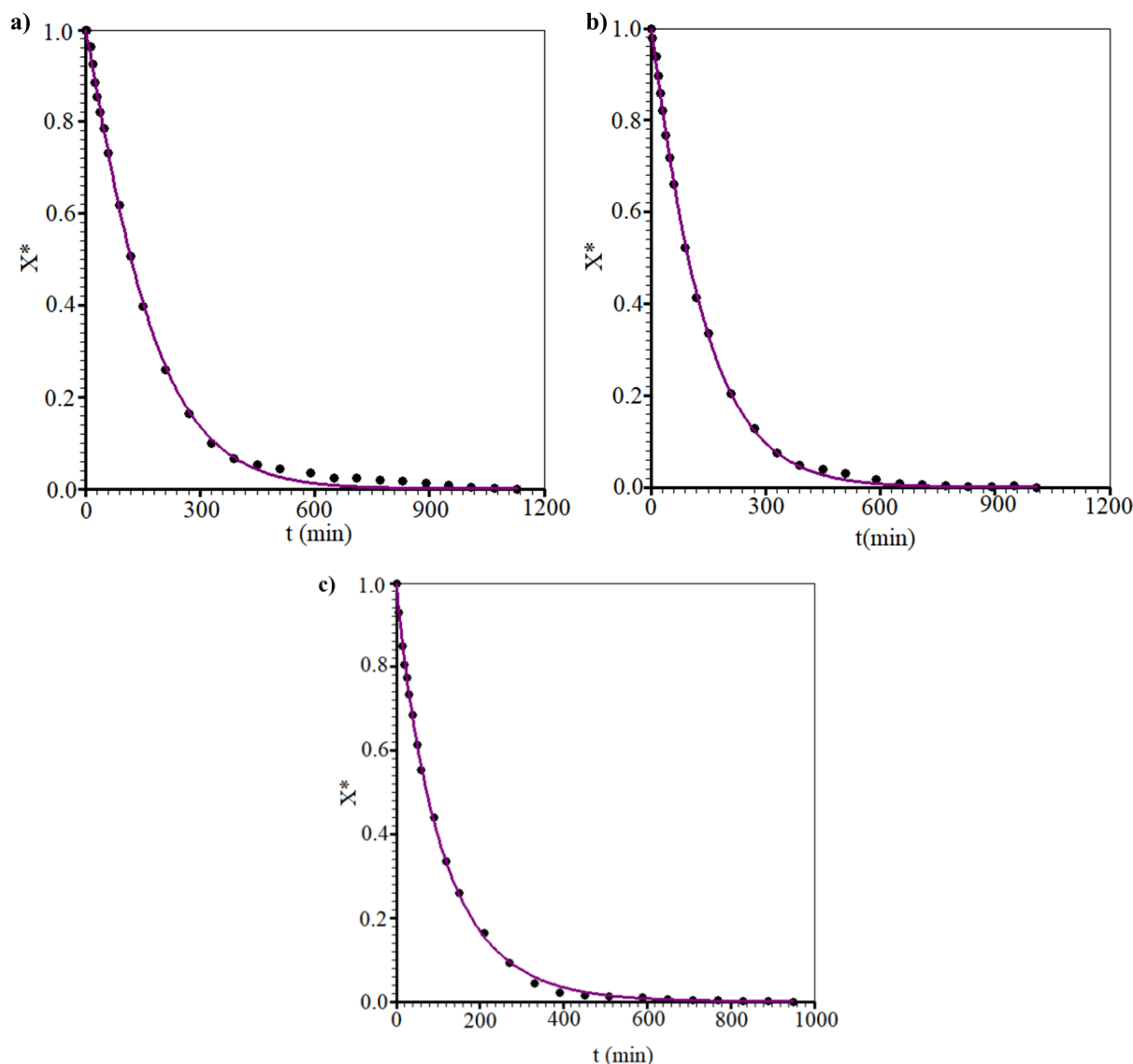


Figura 1. Simulação da cinética de secagem usando o modelo matemático de Page nas temperaturas de T: a) 60°C; b) 70°C; e c) 80°C.

Analisando os gráficos da Figura 1, pode-se notar que as fatias submetidas a 60°C necessitam de mais tempo para atingir o equilíbrio, e conseqüentemente o menor tempo é requerido para as fatias expostas a 80°C. Segundo Santos et al. (2019), esse fenômeno se deve ao fato de que, em temperaturas mais elevadas a energia cinética das moléculas da água é acelerada em virtude da maior energia de aquecimento (DENG et al., 2017; ARAL & BEŞE, 2016).

Estão descritas na Figura 2, as curvas que representam as taxas de secagem em todas as temperaturas aplicadas (60, 70 e 80°C) em

razão do teor de umidade do produto, pelas quais observa-se que a taxa de secagem é proporcional a razão de umidade. Portanto, verifica-se o decréscimo da taxa de secagem ($-dX^*/dt$) desde o instante inicial até o final do processo, que ocorre quando a taxa de secagem apresenta valor nulo, representado que atingiu uma condição de equilíbrio. Moreira et al. (2018), em seus estudos referentes a secagem de fatias de kiwi, também verificaram valores superiores de taxa de secagem durante os instantes iniciais do processo, no qual o produto apresentava valores superiores de razão de umidade.

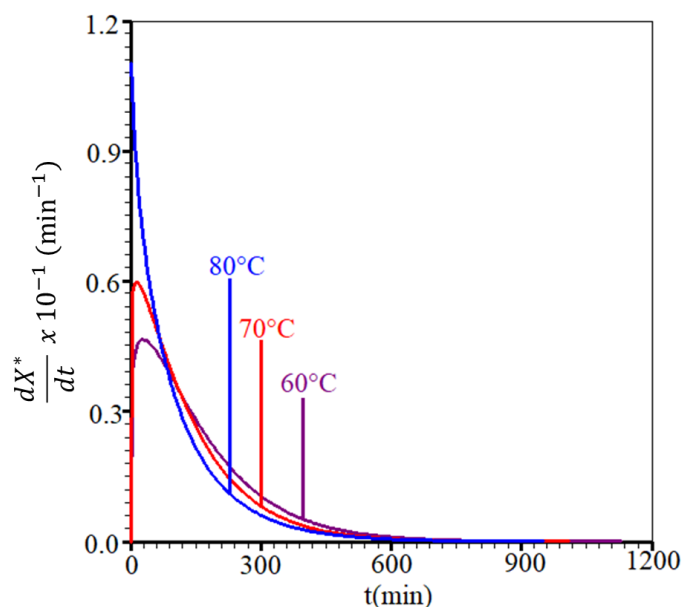


Figura 2. Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para as temperaturas de 60, 70 e 80°C.

Na Tabela 3, estão descritos os valores referentes a difusividade efetiva (D_{ef}), coeficiente convectivo de transferência de calor

(h) e número de Biot (Bi) obtidos na secagem de fatias de pêssago em diferentes temperaturas.

Tabela 3. Resultados obtidos por solução analítica para secagem das fatias de pêssago

Temperatura (°C)	$D_{ef} \times 10^{12} \text{ (m}^2\cdot\text{min}^{-1}\text{)}$	$h \times 10^6 \text{ (m}\cdot\text{min}^{-1}\text{)}$	Bi
60	2,27	1,51	200
70	2,44	1,63	200
80	2,69	1,79	200

Observa-se que o acréscimo da temperatura do ar de secagem proporciona o aumento da D_{ef} , apresentando uma variação de 2,27 a 2,69 $\times 10^{-12} \text{ m}^2\cdot\text{min}^{-1}$. Santos et al. (2019), em estudos com fatias de acuri, obtiveram difusividade que variou de 3,28 a 5,53 $\times 10^{-11} \text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$ quando a temperatura de secagem variou de 60 a 90°C. O aumento da D_{ef} indica maior facilidade de transferência de massa no produto, fato que ocorre devido ao acréscimo da temperatura aplicada no processo, que provoca maior agitação das moléculas e conseqüentemente o aumento da pressão de vapor no produto. O acréscimo nos valores de D_{ef} está associado também a mudança na viscosidade da água existente no produto, pois com o aumento da temperatura ocorre a diminuição da viscosidade, e conseqüentemente favorece a saída do fluido do interior do produto até o meio externo (LISBÔA et al., 2015; ARAL & BESE, 2016).

Com relação ao coeficiente convectivo de transferência de calor observa-se proporcionalidade com relação ao aumento da

temperatura do ar de secagem, apresentando uma variação de 1,51 a 1,79 $\times 10^{-6} \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$. Pode-se afirmar então, que dentre as temperaturas aplicadas no processo, a temperatura de 80°C possibilita maior quantidade de calor transferida para o produto.

Não se observa correlação entre o número de Biot (Bi) e a temperatura do ar de secagem, pois em todos os tratamentos aplicados o Bi apresenta valor correspondente a 200. Este alto valor, indica que a condição de contorno de primeiro tipo também descrever o processo de secagem de fatias de pêssago de maneira satisfatória. O Bi é um número adimensional que correlaciona a taxa de condução interna com a taxa de convecção externa, e é capaz de indicar a resistência interna do produto ao processo de transferência de calor e massa (GINER et al., 2010; BEZERRA et al., 2015).

Conclusão

O modelo de Page foi o que melhor descreveu o processo de secagem das fatias de

pêssego, pois apresentou os maiores R^2 e menores χ^2 .

Houve decréscimo da taxa desde o instante inicial até o final do processo.

A solução analítica da equação de difusão com geometria de parede infinita, apresentou aumento da difusividade e do coeficiente convectivo de transferência de calor com incremento da temperatura de secagem.

O número de Biot indicou que a condição de contorno de primeiro tipo também descreveria de forma satisfatória o processo.

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

ARAL, S.; BEŞE, A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus spp.*): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food Chemistry*, v.210, n.1, p.577-584, 2016.

BEVINGTON, P. R.; ROBINSON, D. K. *Data reduction and error analysis for the physical sciences*, 2 ed. Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1992.

DA SILVA, W. P.; MATA, M. E. R. M. C.; SILVA, C. D. P. S.; GUEDES, M. A.; LIMA, A. G. B. Comportamento da secagem de grãos de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) variedade sempre-verde, como base para a determinação da difusividade efetiva e energia de ativação. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.2, p.325-333, 2008.

DA SILVA, W. P.; PRECKER, J. W.; SILVA, C. M. D. P. S.; GOMES, J. P. Determination of effective diffusivity and convective mass transfer coefficient for cylindrical solids via analytical solution and inverse method: Application to the drying of rough rice. *Journal of Food Engineering*, v.98, n.3, p.302-308, 2010.

DEFRAEYE, T.; RADU, A. Insights in convective drying of fruit by coupled modeling of fruit drying, deformation, quality evolution and convective exchange with the airflow. *Applied Thermal Engineering*, v.129, p.1026-1038, 2018.

DENG, L. Z.; YANG, X. H.; MUJUMDAR, A. S.; ZHAO, J. H.; WANG, D.; ZHANG, Q.; WANG, J.; GAO, Z. J.; XIAO, H. W. Red pepper (*Capsicum*

annuum L.) drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure. *Drying Technology*, v.36, n.8, p.893-907, 2017.

GINER, S. A.; IRIGOYEN, R. M. T.; CICUTTÍN, S.; FIORENTINI, C. The variable nature of Biot numbers in food drying. *Journal of Food Engineering*, v.101, n.2, p.214-222, 2010.

HUAN, C.; XU, Y.; AN, X.; YU, M.; MA, R.; ZHENG, X.; YU, Z. iTRAQ-based protein profiling of peach fruit during ripening and senescence under different temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, v.151, p.88-97, 2019.

LEITE, D. D. F.; PEREIRA, E. M.; ALBUQUERQUE, A. P.; MENDES, F. A.; ALEXANDRE, H. V. Carambola (star fruit) drying kinetics evaluation in convective dryer. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.2, p.01-04, 2016.

LEITE, D. D. F.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; LIMA, L. S. L. Mathematical drying kinetics modelling of jackfruit seeds (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Revista Ciência Agronômica*, v.50, n.3, p.361-369, 2019.

LISBÔA, J. F.; SILVA, J. N.; CAVALCANTI, M. T.; SILVA, E. M. C. A.; GONÇALVES, M. C. Análise da hidratação de grãos de alpiste. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, n.3, p.218-223, 2015.

MOREIRA, I. S.; SILVA, W. P.; CASTRO, D. S.; SILVA, L. M. M.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Production of kiwi snack slice with different thickness: Drying kinetics, sensory and physicochemical analysis. *Australian Journal of Crop Science*, v.12, n.5, p.778-787, 2018.

OLIVEIRA, G. H. H.; ARAGÃO, D. M. S.; OLIVEIRA, A. P. L. R.; SILVA, M. G.; GUSMÃO, A. C. A. Modelling and thermodynamic properties of the drying of strawberries. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.12, n.4, p.314-321, 2015.

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, D. C.; LEITE, D. D. F.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; SANTOS, F. S.; LIMA, T. L. B.; FIGUEIREDO, R. M. F.; COSTA, T. N. Modelling and thermodynamic properties of the drying of acuri slices. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.22, e2018031, 2019.

SILVA, E. C. O.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; ALEXANDRE, H. V.; FARIAS, V. S. O.; MELO, B. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R.

M. F. Drying of albedo and whole peel of yellow passion fruit. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.6, p.501-509, 2019.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; GAMA, F. J. A.; GOMES, J. P. Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, v.13, p.67-74, 2014.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. LAB Fit Curve Fitting Software (Nonlinear Regression and Treatment of Data Program) V 7.2.50.2008. Disponível em: www.labfit.net. Acesso em: 19 de março de 2019.

SUN, Y.; LU, R.; LU, Y.; TU, K.; PAN, L. Detection of early decay in peaches by structured-illumination reflectance imaging. *Postharvest Biology and Technology*, v.151, p.68-78, 2019.

TAYLOR, J. R. An introduction to error analysis. 2nd ed. Sausalito, California: University Science Books. 1997.

ZHU, A.; SHEN, X. The model and mass transfer characteristics of convection drying of peach slices. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, v.72, p.345-351, 2014.

Capítulo 9

AJUSTE DOS MODELOS MATEMÁTICOS NA CINÉTICA DE SECAGEM DOS RESÍDUOS DE UVA CV. "ISABEL"

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva¹

Newton Carlos Santos²

Raphael Lucas Jacinto Almeida³

Victor Herbert de Alcântara Ribeiro⁴

Luana Nascimento Silva⁵

Samuel Brito Ferreira Santos⁶

Gabriel Monteiro da Silva⁷

^{1,4}Doutorandos 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

^{2,3}Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal – RN, newtonquimicoindustrial@gmail.com; raphaelqindustrial@gmail.com

⁵Bacharel em Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/UAEQ/Campus Campina Grande – PB, luana.nascimento25@hotmail.com

⁶Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/CCT/UAEQ/Campus Natal – RN, samuelbritof@gmail.com

⁷Graduando em Química Industrial, Universidade Estadual da Paraíba, UEPB/CCT/DQ/Campus Campina Grande - PB, silvagam839@gmail.com

Introdução

A videira "Isabel" é uma das principais cultivares de *Vitis labrusca* L., espécie originária do sul dos Estados Unidos e de onde foi difundida para outras regiões, destinada principalmente à indústria e apresenta normalmente cachos com tamanho e peso inferiores quando comparada a outras cultivares, tais como Itália e Benitaka, no entanto, mostra-se com maiores valores de sólidos solúveis (COELHO et al., 2019). Apesar de sua alta produtividade, esta cultivar geralmente apresenta uma cor de pele menos intensa que outras variedades de uvas pretas. Portanto, tecnologias pré ou pós-colheita que aumentam a concentração de pigmentos naturais e antioxidantes na casca da baga são particularmente relevantes para a qualidade funcional das uvas (MAURER et al., 2017).

Segundo Almeida et al. (2020), os resíduos de frutas podem apresentar maior conteúdo nutricional do que as partes comestíveis. Além disso, esses resíduos podem conter compostos bioativos com maior capacidade antioxidante do que a polpa, dado que os perfis desses os fitoquímicos são diferenciados daqueles de outras partes da fruta. No entanto, segundo Nunes et al. (2017) um dos desafios que a humanidade enfrenta

atualmente é a procura pela redução de perdas de alimentos que ocorrem ao longo da produção, colheita, pós-colheita e comercialização, e a secagem é o método mais eficaz para que aconteça a diminuição dessa perda.

A cinética de secagem consiste na obtenção do teor inicial e final de água presente no material, aplicando teorias e fórmulas empíricas que permitem entender fenômenos e prever a taxa de secagem do alimento (FEITOSA et al., 2019). A modelagem da secagem é fundamental para a seleção e otimização das condições de processo. As taxas de secagem devem ser relacionadas para um determinado produto e para uma determinada operação (processo e equipamento), podendo ser estabelecidas mediante estudos de transferência de calor e massa, além dos possíveis mecanismos de migração interna de umidade. Entretanto, as equações de transferência de calor e massa demandam considerável conhecimento de cálculo numérico, para sua solução analítica (VILHALVA et al., 2012).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo realizar a cinética de secagem dos resíduos de uva cv. "Isabel" em diferentes temperaturas do ar de secagem e ajustar os

dados experimentais obtidos aos modelos matemáticos empíricos.

Material e Métodos

As uvas cv. “Isabel” foram adquiridas no comércio local da cidade de Campina Grande, Paraíba, Brasil. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas da Universidade Federal de Campina Grande. Inicialmente as uvas (Figura 1) foram selecionadas, higienizadas e despulpadas de forma manual obtendo-se assim a polpa e seus resíduos (cascas + sementes).



Figura 1. Uva cv. “Isabel” utilizada para o desenvolvimento do trabalho.
Fonte: Vieira (2014).

Cinética de secagem

A secagem foi realizada em estufa de circulação de ar com velocidade de 1,5 m.s⁻¹, nas

temperaturas de 50, 60, 70°C, nas quais os resíduos de uva foram distribuídos uniformemente em bandejas, formando uma camada fina.

Os dados experimentais foram expressos em termos de razão de teor de água (X*), dada pela relação entre as diferenças de teores de água no tempo t, teor de água de equilíbrio (X(t) - X_{eq}) e teores de água inicial e de equilíbrio (X_i - X_{eq}) como descrito na Equação (1).

$$X^*(t) = \frac{X(t) - X_{eq}}{X_i - X_{eq}} \quad (\text{Eq.1})$$

Sendo que: X* = razão de teor de água (adimensional); X_{eq} = teor de água de equilíbrio (base seca); X(t) = teor de água (base seca); X_i = teor de água inicial (base seca).

As funções empíricas f(t,a,b) apresentadas na Tabela 1 foram ajustadas aos conjuntos de dados experimentais, usando regressão não linear através do Software de Ajuste de Curvas LAB Fit (SILVA & SILVA, 2008). A partir dos modelos apresentados na Tabela 1, as expressões matemáticas para taxa de secagem em função do tempo são expressas como mostrado na Tabela 2. Os resultados dos modelos empíricos foram avaliados através dos indicadores estatísticos qui-quadrado, χ² (Equação 2) e coeficiente de determinação R² (BEVINGTON & ROBINSON, 1992; DA SILVA et al., 2008; TAYLOR, 1997; SILVA et al., 2014).

Tabela 1. Modelos empíricos para descrição da cinética de secagem

Modelo	Expressão	Referência
Handerson e Pabis	$X^* = ae^{-bt}$	Diamante et al. (2010)
Lewis	$X^* = e^{-at}$	Kaleta e Górnicki (2010)
Page	$X^* = e^{-at^b}$	Diamante et al. (2010)

Tabela 2. Expressões de taxa de secagem obtidas através de modelos empíricos

Modelo	Taxa de secagem
Handerson and Pabis	$\frac{dX^*}{dt} = -abe^{-bt}$
Lewis	$\frac{dX^*}{dt} = ae^{-at}$
Page	$\frac{dX^*}{dt} = -abe^{b-1}e^{-at^b}$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_{exp,i}^* - X_{pre,i}^*)^2}{N - n} \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde: χ² é a função qui-quadrado; X_{exp,i}*: é a razão de umidade experimental; X_{pre,i}*: é a razão de umidade prevista pelo modelo; N é o número

de dados experimentais; e n é o número de coeficientes e constantes do modelo.

Resultados e Discussão

Tabela 3. Parâmetros obtidos pelos modelos matemáticos empíricos ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem dos resíduos de uva cv. "Isabel"

Modelos	T (°C)	a	b
Handerson e Pabis	50	1,180500	0,006073
	60	1,154798	0,006136
	70	1,127618	0,006190
Lewis	50	$0,4975 \times 10^{-2}$	-
	60	$0,5147 \times 10^{-2}$	-
	70	$0,5325 \times 10^{-2}$	-
Page	50	0,000006	2,307
	60	0,000014	2,151
	70	0,000032	2,001

Observa-se que o parâmetro " a " das equações empíricas de Lewis e de Page sofre tendência de aumento com a elevação da temperatura do ar de secagem, esse comportamento não é observado para o modelo de Handerson e Pabis que diminui com o aumento da temperatura. O parâmetro " b " nos modelos de Handerson e Pabis e Page apresenta redução em seus valores quando se eleva a temperatura do ar de secagem. Silva et al. (2019a) observaram em seus estudos de

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados obtidos para os modelos empíricos aplicados a cinética de secagem dos resíduos de uva cv. "Isabel".

secagem aplicada a sementes de avelã sem casca que os parâmetros " a " e " b " não sofrem influência da temperatura aplicada. Silva et al. (2019b), ao aplicarem o processo de secagem em cascas de maracujá, nas temperaturas de 70 e 80°C, observaram a influência do aumento da temperatura nos parâmetros das equações de Page e de Handerson e Pabis.

Na Tabela 4 está apresentado os valores obtidos para os indicadores estatísticos qui-quadrado e coeficiente de determinação.

Tabela 4. Indicadores estatísticos coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado (χ^2) obtidos pelo ajuste dos modelos matemáticos a cinética dos resíduos de uva cv. "Isabel"

Modelos	T (°C)	R^2	χ^2
Handerson e Pabis	50	0,9576	0,28929
	60	0,9556	0,26601
	70	0,9536	0,29547
Lewis	50	0,9414	0,43910
	60	0,9384	0,37354
	70	0,9334	0,31247
Page	50	0,9988	0,00541
	60	0,9969	0,01366
	70	0,9927	0,02727

De acordo com o coeficiente de determinação (R^2) o modelo de Handerson e Pabis apresenta valores de $R^2 > 0,95$; o modelo de Lewis valores de $R^2 > 0,93$ e o modelo de Page valores superiores a 0,99 ($R^2 > 0,99$) para todas as temperaturas aplicadas. Mas, a avaliação de apenas um único parâmetro estatístico não constitui um bom critério de seleção de modelos não-lineares. Sendo, portanto, necessário a análise de outros parâmetros como a função

qui-quadrado (SILVA et al., 2019b; SANTOS et al., 2019).

Em análise do qui-quadrado (χ^2), pode-se observar que o modelo de Page apresenta os menores valores, no qual variam de 0,00541 a 0,02727 quando a temperatura do ar de secagem varia de 50 a 70°C, e o modelo de Lewis apresenta os maiores valores variando de 0,31247 a 0,43910 para a mesma faixa de temperatura.

Na Tabela 5, pode-se observar a distribuição dos resíduos para os modelos de

Handerson e Pabis, Lewis e Page nas três temperaturas aplicadas.

Tabela 4. Distribuição de resíduos da cinética de secagem dos resíduos de uva cv. "Isabel"

Modelos	T (°C)	Distribuição de resíduos
Handerson e Pabis	50	Tendenciosa
	60	Tendenciosa
	70	Aleatória
Lewis	50	Aleatória
	60	Aleatória
	70	Tendenciosa
Page	50	Aleatória
	60	Aleatória
	70	Aleatória

No entanto, obteve que o modelo de Page apresenta distribuição de resíduos aleatória para as três temperaturas de secagem aplicadas. Segundo Santos et al. (2017), um modelo é considerado aceitável se os resíduos exibirem distribuição aleatória. Portanto, o modelo de Page foi o mais adequado para representar a cinética de secagem dos resíduos de uva.

Ferreira et al. (2012) ao realizarem a cinética de secagem do bagaço de uva fermentado nas temperaturas de 50, 60, 70, 80 e 90°C, observaram que o modelo de Page

modificado foi selecionado para representar o comportamento da secagem. Costa et al. (2016) ao realizarem a cinética de secagem de casca de jabuticaba nas temperaturas variando de 40, 50, 60 e 70°C observaram que o modelo de Midili foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais da cinética de secagem.

Na Figura 2, pode-se observar o modelo Page como aquele que melhor descreve a cinética de secagem dos resíduos de uva cv. "Isabel" para as temperaturas de ar de secagem aplicadas.

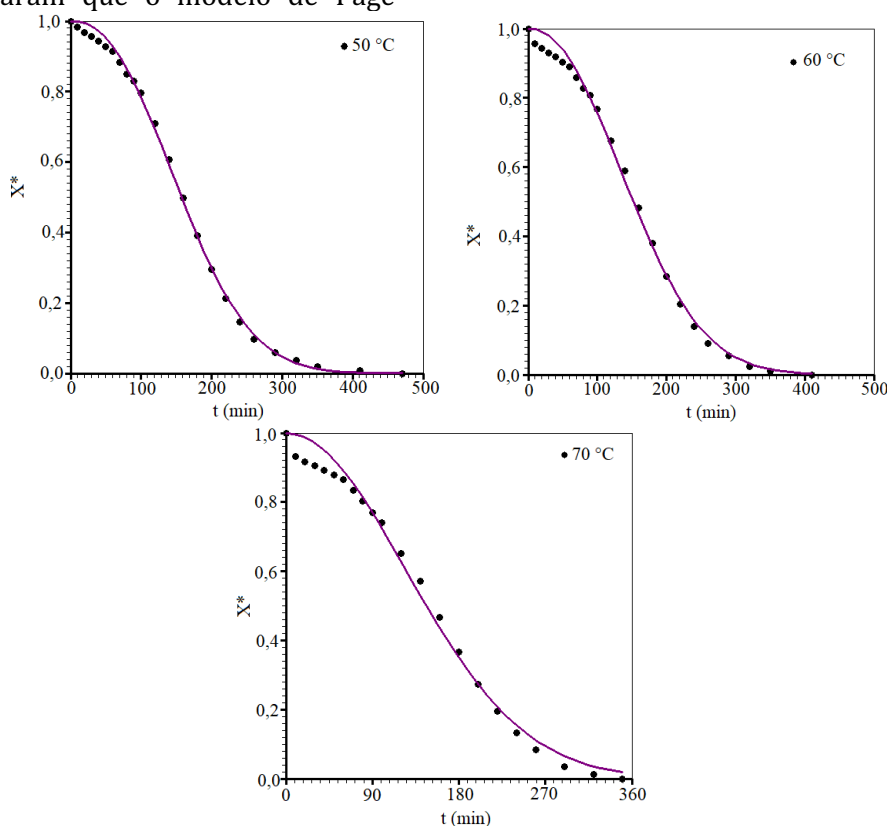


Figura 2. Simulação da cinética de secagem dos resíduos de uva cv. "Isabel" usando o modelo matemático empírico de Page nas temperaturas de 50, 60 e 70°C.

O aumento da temperatura do ar de secagem reduziu o tempo de secagem dos resíduos, cujos tempos são de 470, 410 e 350 min, respectivamente. Segundo Melo et al. (2015), esse comportamento deve-se ao fato de as maiores taxas de remoção de água do produto ocorrerem nas maiores temperaturas, o que reduz o tempo de secagem. Mas para Santos et al. (2019), apesar de o aumento de

temperatura reduzir o tempo de secagem, sabe-se que tanto uma condição térmica elevada quanto a exposição excessiva ao calor, podem degradar componentes termossensíveis que podem estar presentes nos resíduos da uva.

Estão apresentadas na Figura 3, as curvas que representam as taxas de secagem para as temperaturas aplicadas na cinética de secagem dos resíduos de uva.

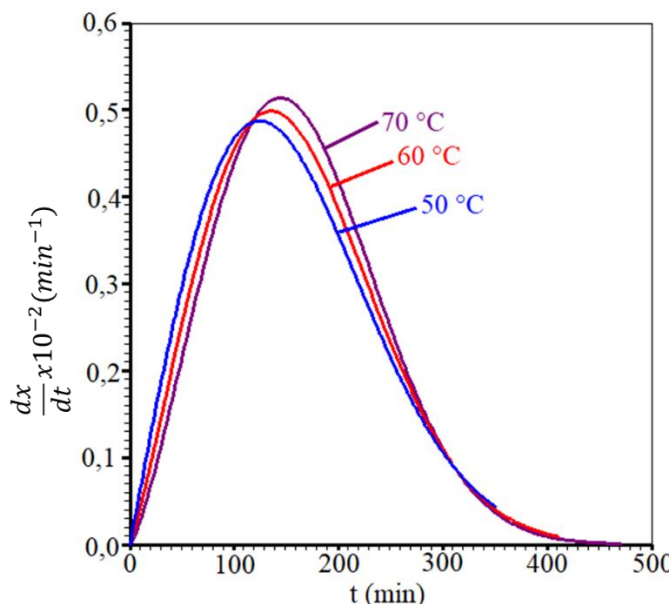


Figura 3. Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para as temperaturas de 50, 60 e 70°C.

É notório um período de taxa decrescente após aos 100 primeiros minutos de processo. De acordo com Oliveira et al. (2006), neste período de secagem, a taxa decrescente corresponde à migração interna de água que constitui a cinética de secagem.

Conclusão

O modelo matemático de Page apresentou-se como o de melhor ajuste aos dados experimentais da cinética de secagem dos resíduos de uva cv. “Isabel”, pois além de apresentar os maiores coeficientes de determinação e os menores valores da função qui-quadrado, também apresentou distribuição aleatória de resíduos para as três temperaturas de processo. As maiores taxas de remoção de água dos resíduos ocorrerem nas maiores temperaturas (70°C) e o período de taxa de secagem decrescente só foi observado após os 100 minutos de secagem.

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

- ALMEIDA, R. L. J.; SANTOS, N. C.; PEREIRA, T. S.; SILVA, V. M. A.; SILVA, L. S.; CABRAL, M. B.; SILVA, L. R. I. BARROS, E. R.; RIBEIRO, V. H. A. Análises físico-química e microbiológicas de farinha elaborada do aproveitamento da casca de kiwi. *Research, Society and Development*, v.9, n.3, e92932522, 2020.
- BEVINGTON, P. R.; ROBINSON, D. K. *Data reduction and error analysis for the physical sciences*, 2 ed. Boston, MA: WCB/McGraw-Hill, 1992.
- COELHO, B. E. S.; NÉZIO, E. P. X. N.; DE ARAÚJO, A. A.; COELHO, C. L.; DE SOUSA, K. D. S. M.; BRAGA, A. C. D. Desenvolvimento e avaliação sensorial do licor de uva cv. Isabel. *Nucleus*, v.16, n.2, p.379-388, 2019.
- COSTA, C. F.; CORRÊA, P. C.; VANEGAS, J. D.; BAPTESTINI, F. M.; CAMPOS, R. C.; FERNANDES, L. S. Mathematical modeling and determination

- of thermodynamic properties of jaboticaba peel during the drying process. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.6, p.576-580, 2016.
- DA SILVA, W. P.; MATA, M. E. R. M. C.; SILVA, C. D. P. S.; GUEDES, M. A.; LIMA, A. G. B. Comportamento da secagem de grãos de feijão macassar (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) variedade sempre-verde, como base para a determinação da difusividade efetiva e energia de ativação. *Engenharia Agrícola*, v.28, n.2, p.325-333, 2008.
- DIAMANTE, L. M.; IHNS, R.; SAVAGE, G. P.; VANHANEN, L. A new mathematical model for thin layer drying of fruits. *International Journal of Food Science and Technology*, v.45, n.9, p.1956-1962, 2010.
- FEITOSA, B. F.; DE OLIVEIRA, E. N. A.; DE OLIVEIRA NETO, J. O.; DE OLIVEIRA, D. B.; FEITOSA, R. M. Cinética de secagem dos resíduos da agroindústria processadora de polpa de frutas. *Energia na Agricultura*, v.34, n.01, p.134-141, 2019.
- FERREIRA, L. F. D.; PIROZI, M. R.; RAMOS, A. M.; PEREIRA, J. A. M. Modelagem matemática da secagem em camada delgada de bagaço de uva fermentado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.6, p.855-862, 2012.
- HACHMANN, T. L.; DALASTRA, G. M.; ECHER, M. M.; LOZANO, C. S.; REZENDE, R. Características produtivas de duas cultivares de pimentão em substratos alternativos. *Cultura Agrônômica*, v.26, n.4, p.502-513, 2017.
- KALETA, A.; GÓRNICKI, K. Evaluation of drying models of apple (var. McIntosh) dried in a convective dryer. *International Journal of Food Science and Technology*, v.45, n.5, p.891-898, 2010.
- MAURER, L. H.; BERSCH, A. M.; SANTOS, R. O.; TRINDADE, S. C.; COSTA, E. L.; PERES, M. M.; EMANUELLI, T. Postharvest UV-C irradiation stimulates the non-enzymatic and enzymatic antioxidant system of "Isabel" hybrid grapes (*Vitis labrusca* × *Vitis vinifera* L.). *Food Research International*, v.102, p.738-747, 2017.
- MELO, J. C. S.; PEREIRA, E. D.; OLIVEIRA, K. P.; COSTA, C. H. C.; FEITOSA, R. M. Study smell pepper drying kinetics in different temperature. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.10, n.2, p.09-14, 2015.
- NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. D. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. *Revista Agropecuária Técnica*, v.1, n.1, p.41-46, 2017.
- OLIVEIRA, R. A. DE; OLIVEIRA, W. P. DE; PARK, K. J. Determinação da difusividade efetiva de raiz de chicória. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.181-189, 2006.
- SANTOS, D. C.; DE FARIAS LEITE, D. D.; LISBOA, J. F.; DE LIMA FERREIRA, J. P.; DOS SANTOS, F. S.; DE LIMA, T. L. B.; DA COSTA, T. N. Modelagem e propriedades termodinâmicas da secagem de fatias de acuri. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.22, p.1-12, 2019.
- SANTOS, F. S. D.; DE FIGUEIRÊDO, R. M.; QUEIROZ, A. J. D. M.; SANTOS, D. D. C. Cinética de secagem e caracterização física e química de cascas de pitaya com polpa branca. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.12, p.872-877, 2017.
- SANTOS, N. C.; SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. L. J.; LUIZ, M. R.; BESERRA, Y. A. S. Secagem convectiva de cascas de kiwi cv. hayward, difusividade efetiva e energia de ativação. In: FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. DO N.; MEDEIROS, P. DA C. (Org.). *Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação*. 1 ed. Campina Grande: EPGRAF, v.2, p.82-89, 2019.
- SILVA, V. M. A.; BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; RIBEIRO, V. H. A.; NASCIMENTO, A. P. S.; PEREIRA, T. S. MOREIRA, F. I. N. Modelagem matemática da cinética de secagem aplicada a semente de avelã sem casca. In: FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. M. DE A.; SILVINO, G. DA S.; RIBEIRO, G. DO N. (Org.). *Ciência, Desenvolvimento e Inovação na Engenharia e Agronomia Brasileira*. 1ed. Campina Grande: EPGRAF, v.1, p.96-102, 2019a.
- SILVA, E. C. O.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. S. P. S.; ALEXANDRE, H. V.; FARIAS, V. S. O.; MELO, B. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUERÊDO, R. M. F. Drying of albedo and wholepeel of yellowpassionfruit. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.6, p.501-509, 2019b.
- SILVA, W. P.; NUNES, J. S.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Obtaining anthocyanin from jambolan fruit: Kinetics, extraction rate, and prediction of process time for different agitation frequencies. *Food Science & Nutrition*, v.6, p.1664-1669, 2018.
- SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. LAB Fit Curve Fitting Software (Nonlinear Regression and Treatment of Data Program) V 7.2.50. 2008. Disponível em: www.labfit.net. Acesso em: 19 de março de 2019.
- SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SOUSA, J. A. R.; FARIAS, V. S. O. Empirical and diffusion models

to describe water transport into chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Food Science and Technology*, v.48, n.2, p.267–273, 2013.

TAYLOR, J. R. *An introduction to error analysis*. 2 ed. Sausalito, California: University Science Books. 1997.

VIEIRA, A. C. G. Encapsulamento da casca da uva isabel para aplicação em espumante rose. 83f.

Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.

VILHALVA, D. A. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; CALIARI, M.; SILVA, F. A. D. Secagem convencional de casca de mandioca proveniente de resíduos de indústria de amido. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.42, n.3, p.331-339, 2012.

Capítulo 10

NÍVEIS DE SATISFAÇÃO EM RELAÇÃO AO IV SIMPÓSIO DE ESTUDOS E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS NA UTFPR LONDRINA

Sueli Tavares de Melo Souza¹
Aulus Roberto Romão Bineli²
Alessandra Furtado da Silva³
Alex Kiyomassa Watanabe⁴
Thiago Henrique da Silva⁵
Catarine Strongrem Palmiere⁶

¹Professora de Ensino Técnico e Tecnológico, UTFPR, Campus Londrina, suelisouza@utfpr.edu.br

²Professor de Ensino Superior, UTFPR, Campus Londrina, aulusbineli@utfpr.edu.br

³Professora de Ensino Superior, UTFPR, Campus Londrina, alessandrasilva@utfpr.edu.br

⁴Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UTFPR, Campus Londrina, alex.kiyo@hotmail.com

^{5,6}Acadêmicos em Engenharia de Ambiental, UTFPR, Campus Londrina, thiagohenrique.utfpr@gmail.com; catarine6491@gmail.com

Introdução

Segundo a Política Nacional de Extensão Universitária (FORPROEX, 2012), a extensão universitária é um processo interdisciplinar, educativo, cultural e científico que possibilita a interação transformadora entre universidade e outros setores da sociedade. A nova visão da extensão universitária integra a dinâmica pedagógica curricular na formação do conhecimento dos alunos e demais pessoas (JEZINE, 2004).

O desenvolvimento do conhecimento técnico-científico, por meio dos eventos acadêmicos, estimula a aprendizagem, que por sua vez, apresenta funções transformadoras por associar os conhecimentos complementares à aprendizagem curricular dos alunos da graduação e pós-graduação (SILVA & VASCONCELOS, 2006).

Os projetos de extensão demonstram a vivência, atribuindo-se forma diferenciada de atuação, particularmente no que se refere à extensão popular, apresentando um espaço de estabelecimento de relações solidárias baseadas na afetuosidade, instituindo e mantendo vínculo de amizade, aumentando a teoria de relações sociais (RIBEIRO, 2009).

O Simpósio de Estudos e Tecnologias Ambientais (SETA) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Londrina, é um evento de debates interdisciplinar de temas atuais relacionados ao meio ambiente, tendo a avaliação dos resultados como uma ferramenta de gestão para o desenvolvimento pessoal e profissional visando

o aumento da produtividade para trabalhos em equipe (DJOUKI, 2017). O objetivo do Simpósio é a promoção do debate sobre temas pertinentes ao profissional da engenharia ambiental, trazendo à luz da discussão temas ministrados por profissionais acadêmicos e de mercado com ampla experiência e capacidade técnica, com atuação direta e indireta nos temas abordados. As discussões são coordenadas, sob a pluralidade do pensar, axioma fundamental para a construção do pensamento, instigando os participantes a uma profunda reflexão e à busca de uma análise crítica coerente, com as variáveis ambientais, econômicas e sociais, inerente aos temas explanados (SOUZA et al., 2019).

O SETA é um evento totalmente gratuito, com serviços voluntários e sem fins lucrativos, realizado por uma comissão composta por representantes dos docentes do ensino superior, ensino técnico e tecnológico e, estudantes dos cursos de graduação em Engenharia Ambiental e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA). Conta também com o apoio da Coordenação do curso de bacharelado em Engenharia Ambiental, Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), das diretorias do Campus (Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação (DIRPPG), Diretoria de Graduação e Educação Profissional (DIRGRAD) e Diretoria de Relações Empresariais e Comunitárias (DIREC)), do centro acadêmico Allan Nishioka (CAAN) e empresa Gaia Jr, com a reserva do auditório, empréstimo de materiais audiovisuais, impressão de materiais de

divulgação e organização do evento (SOUZA et al., 2019).

Portanto, o objetivo deste trabalho é avaliar a satisfação dos participantes do IV Simpósio de Estudos e Tecnologias Ambientais na UTFPR/Londrina, de forma a reforçar as ações com resultados satisfatórios e corrigir os pontos deficitários.

Material e Métodos

Descrição do evento

O IV SETA ocorreu no período de abril a setembro de 2019 no auditório da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Campus Londrina.

Os temas selecionados para o IV SETA foram baseados nas sugestões feitas pelos participantes da edição anterior (III SETA) (SOUZA et al., 2019). Com os temas já determinados iniciaram-se os contatos em todas as frentes de trabalho por telefone e e-mail. Na sequência, houve a seleção dos palestrantes para cada tema selecionado e a divulgação do evento dentro do Campus Londrina/UTFPR e nas diferentes mídias.

As mesas redondas foram divulgadas utilizando as redes sociais de modo a disseminar a informação na página própria do evento. A divulgação foi feita também no *Instagram*, *Facebook*, *WhatsApp*, lista de e-mails, de modo a atingir o maior número possível de participantes.

A comissão também ficou responsável pela logística antes, durante e após a realização das mesas redondas, bem como pelo fechamento dos palestrantes de cada mesa, marketing e logística no dia de cada mesa.

Nas cinco mesas a comunidade acadêmica tiveram oportunidades de conhecer:

- O Desastre de Brumadinho: uma reflexão sobre a mineração no Brasil (9/04), onde abordou-se a concepção do desastre ocorrido de modo técnico com apresentação e exemplos dos acontecimentos. Houve análise geral da problemática da mineração no Brasil e seus aspectos legais;
- Mudanças na política de licenciamento ambiental no Paraná: o papel do

Engenheiro Ambiental (07/05), em que foram discutidas as mudanças na legislação que descentralizam os processos de licenciamentos enviados para o Instituto Ambiental do Paraná – IAP, a proposta da municipalização do licenciamento ambiental a qual dentre outros ganhos visa mais agilidade na concessão das licenças;

- Biodiversidade e conservação de recursos naturais (dia 11/06), pode-se conhecer estudos desenvolvidos em ambientes terrestres e aquáticos, os quais buscam a manutenção da fauna e flora, analisou-se os impactos causados pelas atividades humanas sobre os diversos ambientes;
- Otimização de logística reversa pós-consumo (27/08), foi possível conhecer o funcionamento da logística reversa em uma indústria de tintas e em uma cooperativa de catadores de materiais recicláveis. Também foi explicada a logística por meio da secretaria do meio ambiente;
- A Evolução da Energia Produzida por Biomassa (10/09) onde discutiu-se as fontes atuais da matriz energética, bem como a evolução tecnológica de aproveitamento energético e as aplicações futuras.

Para a realização das mesas, a equipe de logística preparou a recepção dos participantes, entregando-lhes uma pasta contendo bloco de notas e o formulário de avaliação. Em seguida, iniciou-se o cerimonial de abertura, o qual apresentava-se o tema e os palestrantes convidados. Em seguida, cada palestrante realizada a sua apresentação. Por fim, a mesa redonda era montada e as dúvidas e questionamentos dos participantes eram repassadas para os palestrantes. Ao fim de cada mesa, os participantes foram agraciados com uma lembrança da comissão organizadora.

Todas as mesas foram compostas por três palestrantes, oriundos da UTFPR/Londrina e de outras Instituições de Ensino e Pesquisa da região. O material gráfico utilizado para a divulgação das mesas nas redes sociais, *Instagram*, *WhatsApp* e nos e-mails pode ser observado na Figura 1.




Figura 1. Banners utilizados na divulgação das mesas.

Processo de avaliação

O formulário de avaliação (Figura 2) abordou sobre avaliação da Mesa (conteúdo programático, alcance dos objetivos, carga horária, aplicabilidade em sua profissão/atividade, qualidade do material disponibilizado, comunicação, informação e divulgação do evento), avaliação dos membros da mesa (domínio do conteúdo e didática), auto

avaliação (interesse no assunto e nível de participação), participação na próxima mesa, indicação do evento para um amigo, nível de satisfação relacionado à recepção, espaço físico, sonorização e equipamentos audiovisuais. Para avaliação foi adotada a seguinte escala: fraco (1-2-3), regular (4-5-6), bom (7 e 8) e ótimo (9 e 10).



IV SETA – SIMPÓSIO DE ESTUDOS E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Obrigado pela sua participação. Gostaríamos de Ouvir sua opinião. Por favor Responda as perguntas abaixo para que possamos fazer ainda melhor nas próximas edições. Obrigado

Curso/Profissão: _____ Período/Atividade: _____ RA.: _____

Avaliação da Mesa:

	Fraco		Regular			Bom		Ótimo		
Conteúdo programático	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alcance de objetivos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Carga Horária	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Aplicabilidade em sua profissão / atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Qualidade do material disponibilizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Comunicação, informação e divulgação do evento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Avaliação dos membros da mesa:

	Fraco		Regular			Bom		Ótimo		
Domínio do conteúdo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Didática	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Auto-Avaliação:

	Fraco		Regular			Bom		Ótimo		
Seu interesse no assunto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Seu nível de Participação	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Você pretende participar novamente deste evento na próxima mesa?
 Sim Não Talvez

Você indicaria esse evento para algum amigo ou conhecido?
 Sim Não Talvez

Local e Equipamentos:

	Fraco		Regular			Bom		Ótimo		
Recepção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Espaço físico	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sonorização	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Equipamentos audio-visuais	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Comentários:

Sugestões - temas para as próximas mesas, etc...

Obrigada por sua participação!

Figura 2. Formulário de avaliação.

Processamento dos dados

A compilação dos dados de cada mesa com base no formulário de avaliação preenchido fez parte das atividades dos discentes voluntários do projeto e as análises dos docentes envolvidos. As perguntas não respondidas foram descartadas e desconsideradas nos cálculos dos percentuais.

Os dados obtidos foram tabulados em planilha do Excel para facilitar a análise do

comportamento dos participantes de maneira global e individual.

Resultados e Discussão

Avaliação das mesas

Na Tabela 1, têm-se a compilação geral da avaliação do nível de satisfação das mesas redondas em números reais, obtidos por meio do formulário aplicado.

Tabela 1. Nível de satisfação das mesas redondas do IV SETA

Indicador	Classe	1ª mesa	2ª mesa	3ª mesa	4ª mesa	5ª mesa
Conteúdo Programático	Fraco	0	0	0	0	0
	Regular	0	1	0	0	0
	Bom	6	5	9	10	4
	Ótimo	26	7	21	24	6
Alcance de objetivos	Fraco	0	0	0	0	0
	Regular	1	0	0	0	0
	Bom	11	8	10	12	4
	Ótimo	20	5	20	22	6
Carga horária	Fraco	0	0	0	0	0
	Regular	3	0	1	0	0
	Bom	7	4	11	13	3
	Ótimo	20	9	18	21	7
Aplicabilidade em sua profissão/atividade	Fraco	0	0	0	0	0
	Regular	1	0	0	1	1
	Bom	6	4	5	7	3
	Ótimo	25	9	25	26	6
Qualidade do material disponibilizado	Fraco	0	0	0	1	0
	Regular	0	0	0	2	0
	Bom	9	3	9	10	5
	Ótimo	23	10	21	21	5
Comunicação, informação e divulgação do evento	Fraco	0	0	0	3	0
	Regular	7	3	5	4	1
	Bom	13	5	10	10	3
	Ótimo	11	5	15	17	6

Conteúdo programático

Para o IV SETA, nota-se na Figura 3 que cerca de 66% dos participantes consideram o conteúdo programático oferecido no evento durante as cinco mesas como “ótimo”, 32,50% como “bom”, e 1,50% como “regular”. Pelos resultados observa-se que não se apresenta a indicação para a opção “fraco”. De modo geral, nota-se que, a seleção do conteúdo programático pela comissão organizadora, baseada nas sugestões do III SETA, se mantém

assertiva na abordagem de temas que satisfaçam e traçam um paralelo no ensino aplicado em sala de aula.

Souza et al. (2019), mostraram que no III SETA, 50% dos participantes consideraram como ótimo, e 30% como bom o conteúdo programático oferecido no evento durante as cinco mesas. Apenas 3% dos participantes consideraram como regular, e somente um participante da quarta mesa considerou o conteúdo não satisfatório.

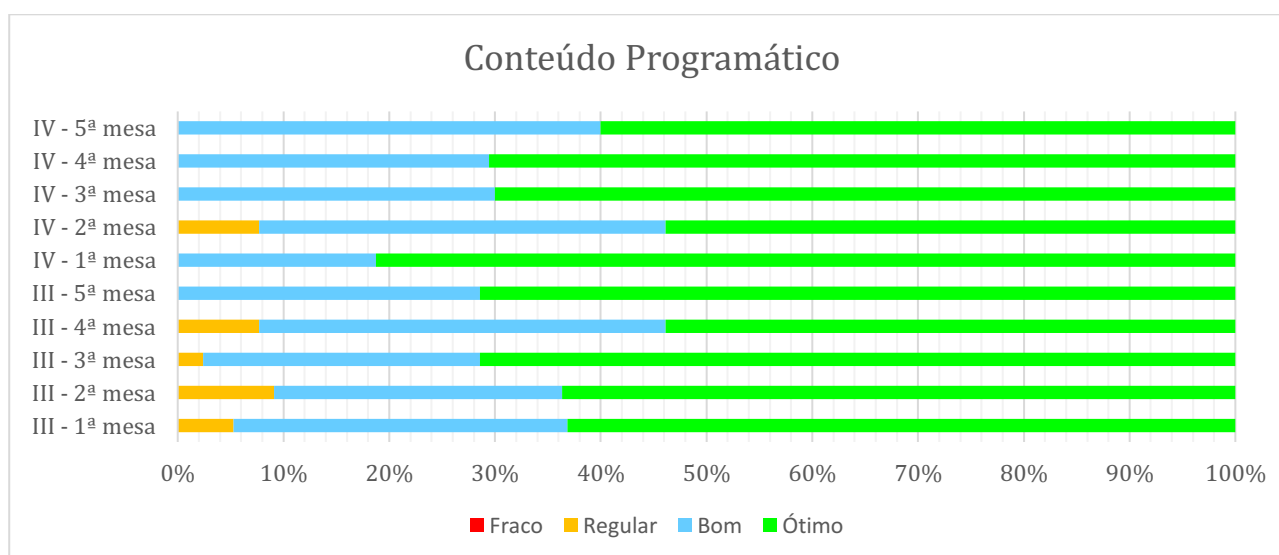


Figura 3. Avaliação do conteúdo programático.

Alcance de objetivos

Na Figura 4 nota-se o percentual global de 57,90% para o alcance dos objetivos como “ótimo”, 41,50% para “bom”, e apenas 0,60% para “regular”. A mesa melhor avaliada é a terceira com um percentual de 66,70% referente a “ótimo”, enquanto que a segunda mesa apresenta um percentual maior como “bom” com 61,54%, e 38,46% como “ótimo”. Como o montante de aprovação entre ótimo e bom apresenta 99,40%, pode-se evidenciar a

qualidade do planejamento estratégico da comissão organizadora para atingir os objetivos propostos com a realização do IV SETA.

Já para o III SETA (Figura 4), 50% dos participantes consideraram que o alcance dos objetivos foi ótimo para as mesas um, dois, três e cinco; exceto na mesa quatro onde 46% dos participantes consideraram ótimo, e 54% dos participantes consideraram bom. Apenas 2% dos participantes consideraram regular nas mesas três e cinco (SOUZA et al., 2019).

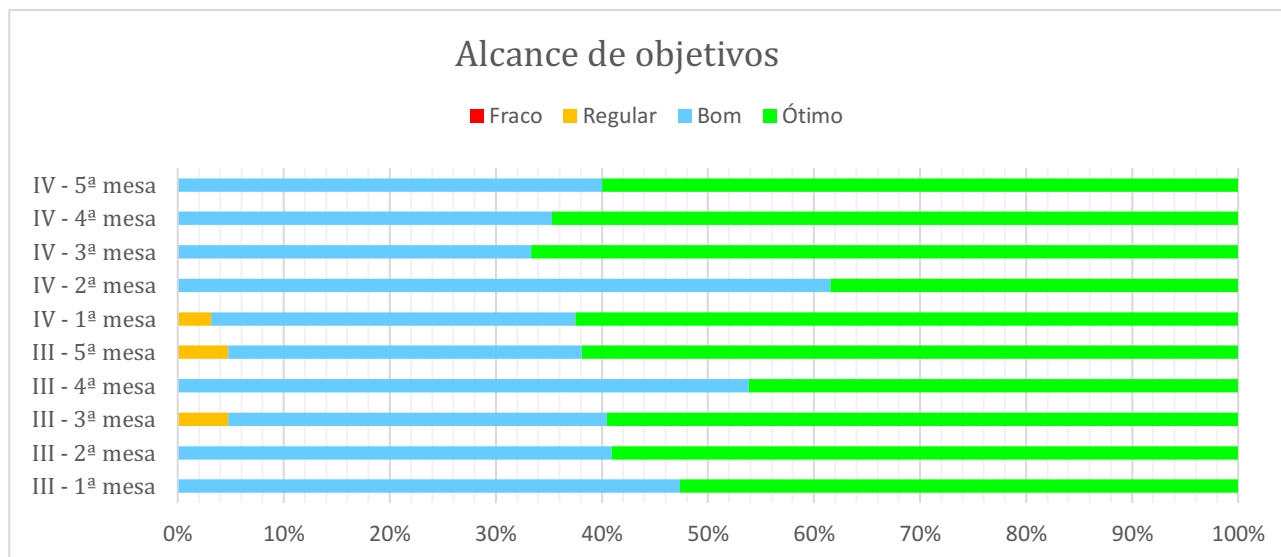


Figura 4. Avaliação do alcance dos objetivos.

Carga horária

Sobre a carga horária tem-se uma aprovação de 57,88% correspondente a “ótimo” e 41,50% a “bom”. A avaliação regular corresponde a 3,25%. Pelos resultados observa-se que não ocorre nenhuma resposta demonstrando insatisfação (Figura 5).

No III SETA (Figura 5) mais de 55% dos participantes consideraram como ótima e 36% como boa em todas as mesas. Apenas na mesa três, 10% dos participantes apontam como regular (SOUZA et al., 2019).

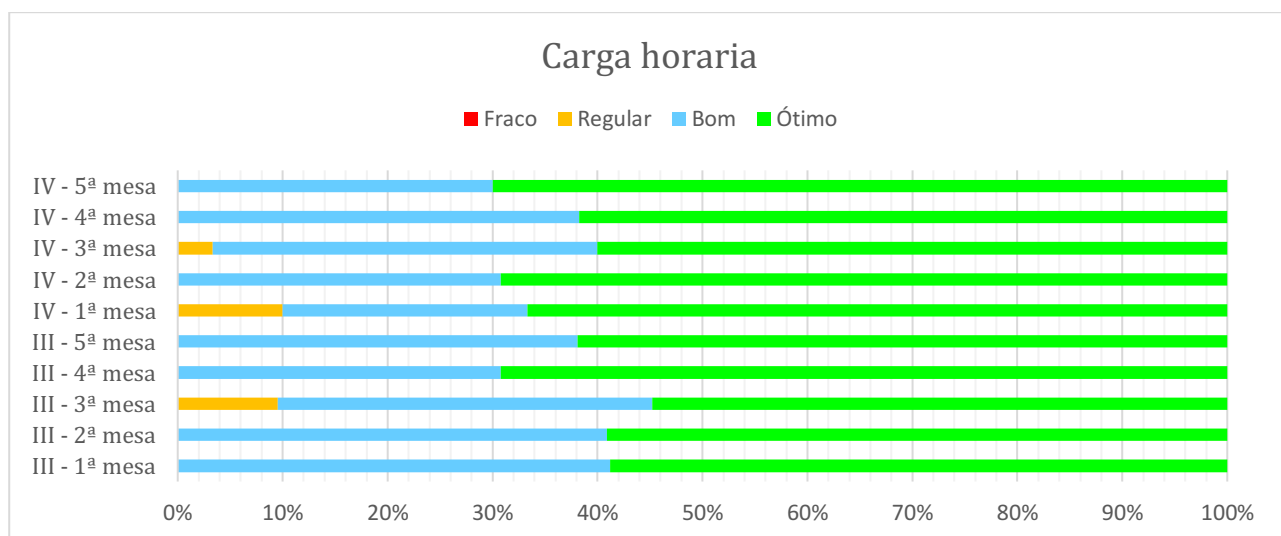


Figura 5. Avaliação da carga horária do evento.

Aplicabilidade na profissão/atividade

A efetividade dos temas pode ser também analisada pela aplicabilidade na profissão. Os resultados do IV SETA (Figura 6) mostram que 73,43% classificam-se como “ótimo” e 23,36% como “bom”. Considerando as duas respostas obtidas, observa-se que o

percentual aumenta para 96,79%, mostrando desta forma, um alto índice de satisfação.

Para o III SETA (Figura 6), em média de 65% dos participantes consideram a aplicabilidade como ótima, enquanto 27% consideram como boa e 8% como regular (SOUZA et al., 2019).

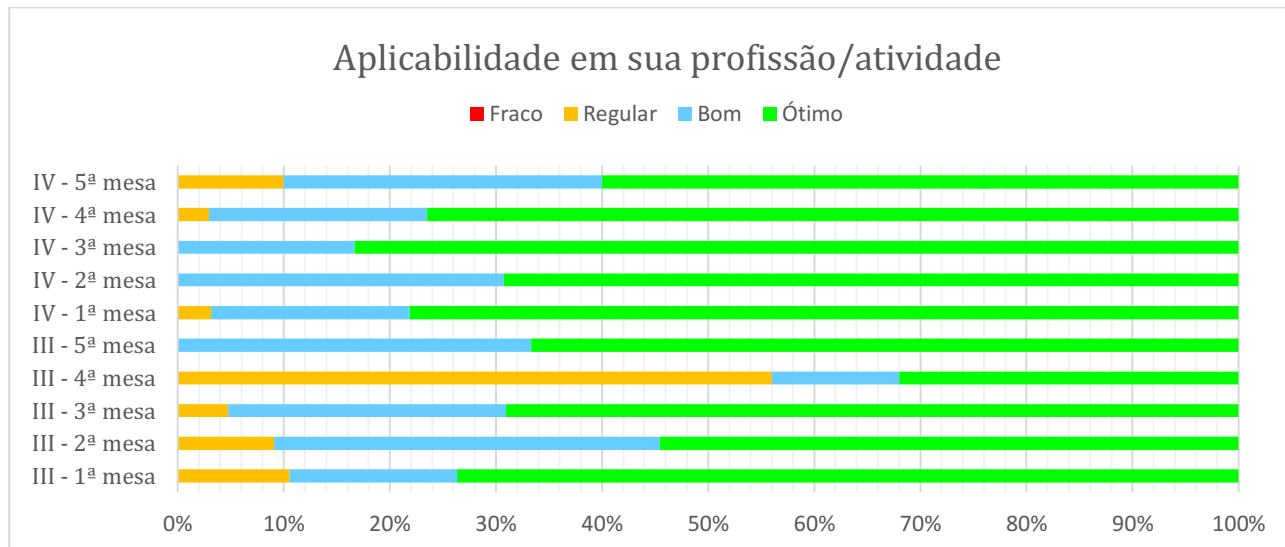


Figura 6. Avaliação da aplicabilidade na profissão.

Qualidade do material disponibilizado

Analisando os percentuais da Figura 7, nota-se que, a pior avaliação é a da mesa 4, mas observa-se também que o percentual total considerando ótimo e bom é superior a 90%, indicando satisfação do público participante. No III SETA 69% os participantes da 3ª Mesa (Aplicação do Geoprocessamento na

Engenharia Ambiental) consideram como ótimo e 31% como bom o material disponibilizado nesta mesa (OLIVEIRA et al., 2018). Este percentual mostra novamente a satisfação dos participantes. Vale salientar que, nas outras mesas do III SETA não foram contabilizadas as respostas deste item.

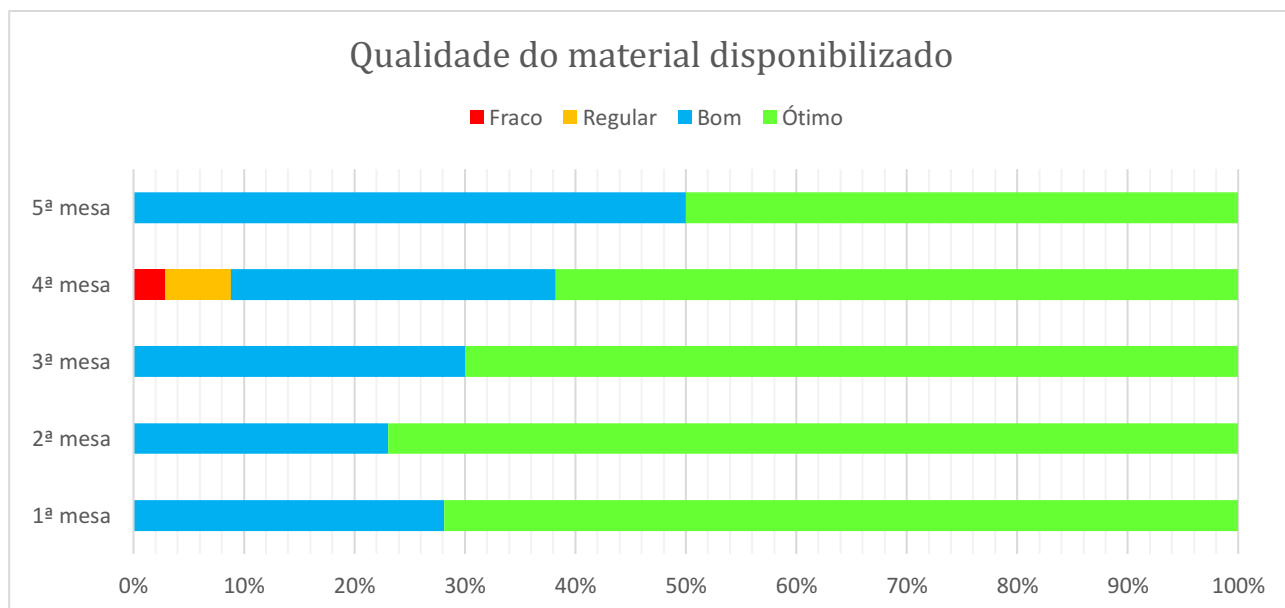


Figura 7. Qualidade do material disponibilizado do IV SETA.

Comunicação, informação e divulgação do evento

Pelos resultados obtidos no IV SETA (Figura 8) observa-se que dentre as mesas realizadas, o público expressa insatisfação somente em relação a mesa 4, pois dos 34 avaliadores, 3 consideram este item como fraco.

Segundo Souza et al. (2019) no III SETA, 45% dos participantes consideram a comunicação, informação e divulgação como ótimo, enquanto 42% consideram como bom, 12% como regular e 1% como fraco. Percebe-se que nos dois simpósios é preciso reavaliar o que foi observado e buscar melhorias (Figura 8).

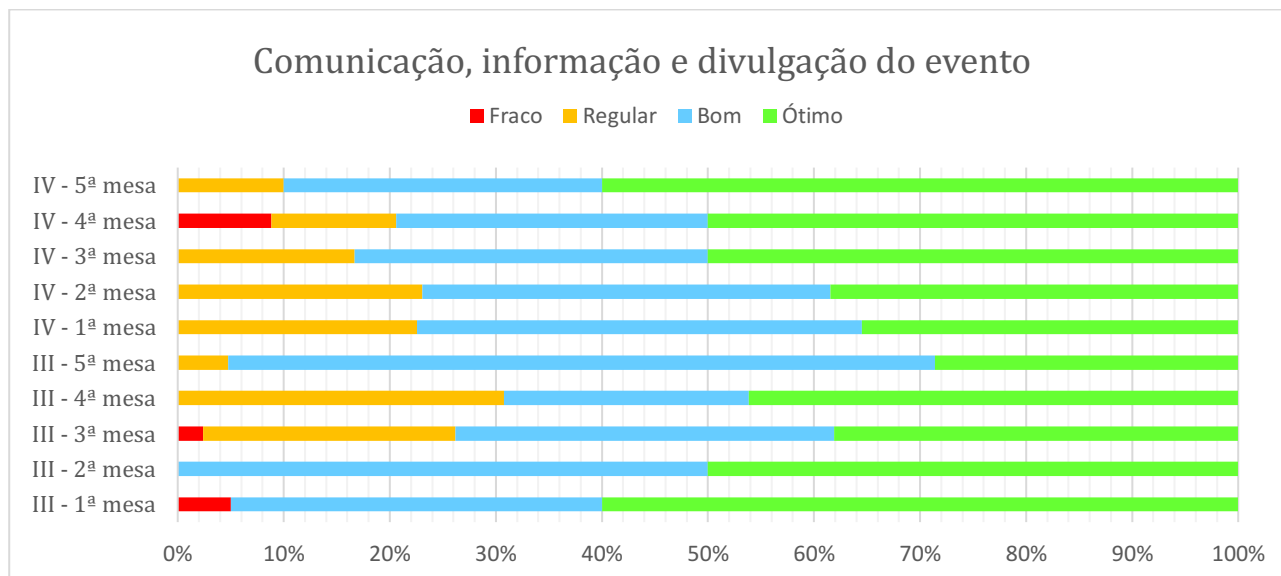


Figura 8. Avaliação da comunicação, informação e divulgação.

Avaliação dos membros das mesas

A Tabela 2 apresenta os números obtidos nas avaliações realizadas durante as cinco mesas redondas, bem como a ótica dos

participantes em relação à qualidade dos palestrantes no domínio dos conteúdos temáticos e a didática ao transmitir a informação.

Tabela 2. Nível de satisfação dos membros das mesas

Indicador	Classe	1ª mesa	2ª mesa	3ª mesa	4ª mesa	5ª mesa
Domínio do conteúdo	Fraco	0	0	0	0	0
	Regular	0	1	0	1	0
	Bom	3	1	8	5	4
	Ótimo	29	11	22	28	6
Didática	Fraco	0	0	0	6	0
	Regular	3	0	0	3	2
	Bom	6	7	6	14	2
	Ótimo	23	6	24	11	6

Domínio do conteúdo

As respostas da Tabela 2 (IV SETA) e Figura 9 em sua maioria apontam os maiores percentuais para ótimo e bom para o domínio

do conteúdo em relação ao IV e III SETA (SOUZA et al., 2019).

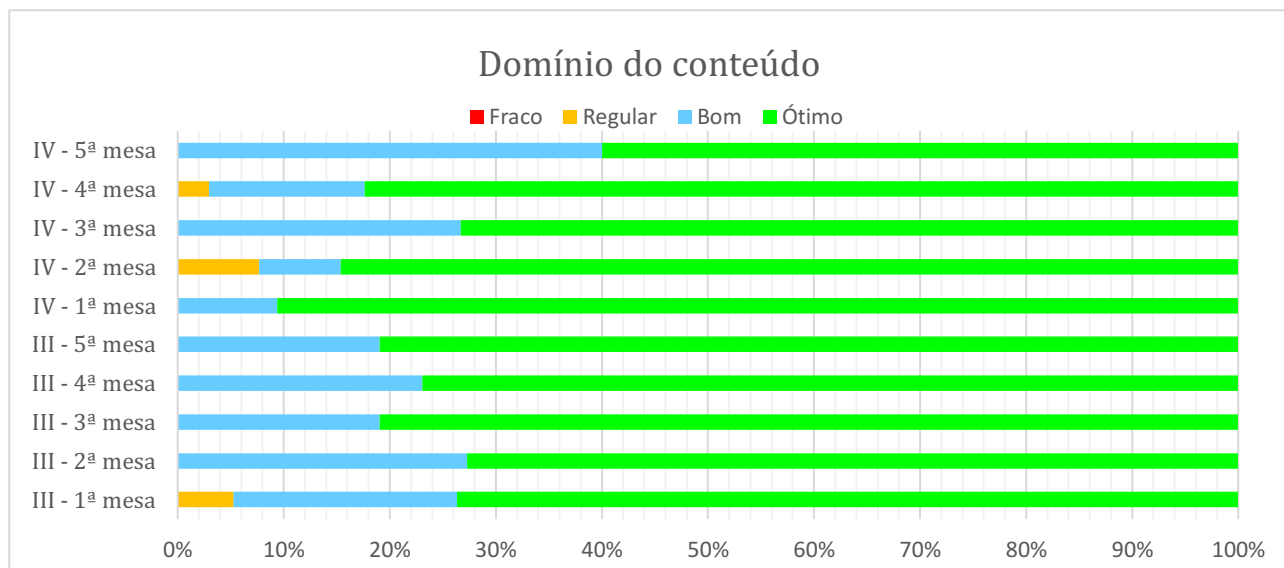


Figura 9. Avaliação do domínio do conteúdo dos membros da mesa redonda.

Didática

Na Figura 10 nota-se que os palestrantes das mesas 1 e 3 do IV SETA repassaram os conteúdos com bom nível de compreensão, com um percentual de 71,88 e 80% respectivamente.

Em relação às outras mesas ocorre divergência entre as opiniões.

Quanto ao III SETA (Figura 10), 67% avaliaram a didática como ótimo, enquanto 23% consideraram a didática como bom e 19% como regular (SOUZA et al., 2019).

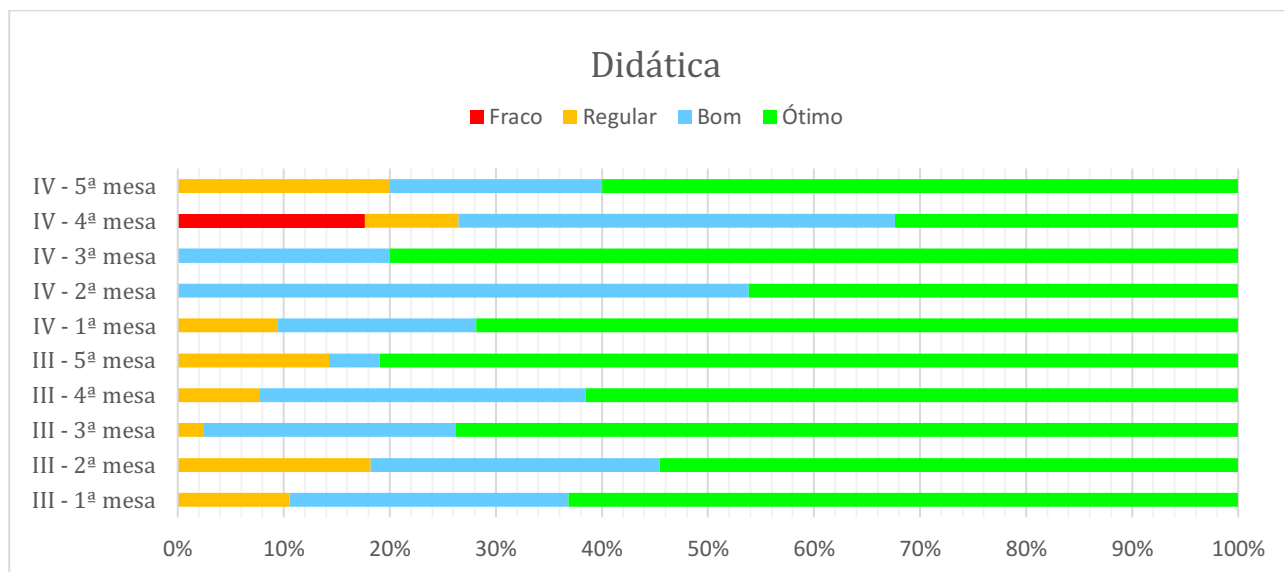


Figura 10. Avaliação da didática do conteúdo dos membros da mesa redonda.

Auto avaliação

A Tabela 3 apresenta o interesse dos participantes em relação aos temas abordados na edição do IV SETA e a postura enquanto participante. Observa-se que a primeira mesa que relatou o desastre de Brumadinho foi bastante divulgada e atraiu o público por ser bem atual.

O indicador “meu nível de participação” instiga o avaliador a questionar sua efetiva

participação nas discussões propostas. A mesa 1 é a que mais envolveu os participantes, mas a maioria das mesas também atenderam este quesito. No entanto, na mesa 4 (42%) percebe-se um menor envolvimento por parte dos participantes, em termos de porcentagem quando comparado a mesa 1 (88%). Este item não foi compilado no III SETA, por isso não poderá ser estabelecida qualquer comparação.

Tabela 3. Nível de auto avaliação

Indicador	Classe	1ª mesa	2ª mesa	3ª mesa	4ª mesa	5ª mesa
Meu interesse no assunto	Fraco	0	1	0	3	0
	Regular	0	1	0	5	0
	Bom	3	3	8	11	4
	Ótimo	29	8	22	15	6
Meu nível de participação	Fraco	0	1	1	6	2
	Regular	0	4	5	3	3
	Bom	11	5	14	14	3
	Ótimo	21	3	10	11	2

Local e equipamentos

Pelos dados da Tabela 4 observa-se um bom nível de satisfação em relação à recepção. O regular e fraco aparece nos outros itens. O

espaço físico é criticado devido à existência de colunas no interior do auditório, dificultando a visão dos participantes. No III SETA as respostas mostraram a mesma tendência do IV SETA.

Tabela 4. Indicador para o Local e equipamentos

Indicador	Classe	1ª mesa	2ª mesa	3ª mesa	4ª mesa	5ª mesa
Recepção	Fraco	0	0	0	0	0
	Regular	0	0	1	0	0
	Bom	4	7	5	11	4
	Ótimo	28	10	24	23	6
Espaço físico	Fraco	1	1	1	0	0
	Regular	4	2	6	7	0
	Bom	8	2	5	6	3
	Ótimo	20	8	18	21	7
Sonorização	Fraco	0	1	1	0	0
	Regular	2	0	3	2	0
	Bom	4	1	7	9	4
	Ótimo	26	11	19	23	6
Equipamentos audiovisuais	Fraco	0	0	1	3	0
	Regular	1	1	4	5	1
	Bom	5	2	3	11	3
	Ótimo	25	10	22	15	6

Retorno ao evento e indicação

Ao ser questionado sobre a participação de uma mesa futura, do total de 109 avaliações do IV SETA, 105 responderam que participariam novamente e 4 participantes da primeira mesa responderam talvez. Nota-se, portanto, que a dúvida ocorre apenas na primeira mesa. O questionamento sobre a indicação para um amigo ou conhecido seguiu o mesmo comportamento, isto é, 2 participantes da primeira mesa ficaram novamente em dúvida. No III SETA há a intenção de continuar participando e indicar um amigo.

Conclusão

Nas avaliações de todas as mesas do IV SETA, os percentuais foram em média superior

a 80% referentes a ótimo/bom para os itens de conteúdo programático, alcance dos objetivos, carga horária, aplicabilidade em sua profissão/atividade, qualidade do material disponibilizado, comunicação, informação e divulgação do evento, evidenciando que o planejamento estratégico proposto pela comissão organizadora atendeu a expectativa do público.

Os membros das mesas conseguiram transmitir os conteúdos para os participantes, mesmo aqueles que não atenderam a todos os requisitos de uma boa didática.

Os participantes se mostraram dispostos a continuar prestigiando as mesas do SETA e com certeza poderão atrair outras pessoas para o evento.

O espaço físico, equipamentos utilizados nas mesas e sonorização tiveram entre fraco e regular nos dois simpósios (III e IV SETA), por isso merecem atenção por parte da comissão organizadora. Por fim, as avaliações reforçam os pontos positivos e negativos, servindo como base para elevar a qualidade do evento na próxima edição.

Referências

DJOUKI, D. O feedback como ferramenta de gestão de pessoas nas empresas. *Revista de Pós-graduação Multidisciplinar*, v.1, n.1, p.45-56, 2017.

FORPROEX. Fórum de Extensão dos Pró-Reitores das Universidades Públicas Brasileiras. Política Nacional de Extensão Universitária. Manaus, AM: FORPROEX, 2012. 15p.

JEZINE, E. As Práticas Curriculares e a Extensão Universitária. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Extensão Universitária*, 2004, Belo Horizonte. Anais...Belo Horizonte, 2004.

OLIVEIRA, M. V. B.; SOUZA, S. T. M.; THEODORO, J. D. P.; MAZZIERO, J. E.; BATYRAS, P. H. L. Avaliação da satisfação em relação ao III Simpósio de Estudos e Tecnologias Ambientais

na UTFPR Londrina. In: *Seminário de Extensão e Inovação da UTFPR*, 8, 2018, Apucarana. Anais...Apucarana, 2018.

RIBEIRO, K. S. Q. S. A experiência na extensão popular e a formação acadêmica em fisioterapia. *Cad. Cedes*, v.29, n.79, p.335-346, 2009.

SILVA, M. S.; VASCONCELOS, S. D. Extensão universitária e formação profissional: avaliação da experiência das ciências biológicas na Universidade Federal de Pernambuco. *Estudos em Avaliação Educacional*, v.17, n.33, p.119-136, 2006.

SOUZA, S. T. M.; THEODORO, J. D. P.; OLIVEIRA, M. V. B.; LARA, B. B.; LIMA, E. C.; MAZZIERO, J. E.; BATYRAS, P. H. L. In: FRANCISCO, P. R. M.; SILVA, V. M. A.; QUEIROZ, N. M. (Org.). *Avaliação da satisfação em relação ao III simpósio de estudos e tecnologias ambientais na UTFPR Londrina. Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação*. v.2. Campina Grande, EPGRAF: 2019. 164p.

VASCONCELOS, S. D. Extensão universitária e formação profissional: avaliação da experiência das ciências biológicas na Universidade Federal de Pernambuco. *Estudos em Avaliação Educacional*, v.17, n.33, p.119-136, 2006.

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.

Gypson Dutra Junqueira Ayres: Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual do Maranhão (2005). Mestre em Engenharia Agrícola em Armazenamento e Construção Rural pela Universidade Federal de Campina Grande (2020). Doutorando em Engenharia Agrícola no PPGEA da UFCG. Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Projetos no Banco do Brasil. Atualmente trabalha com temas vinculados a Construção Rural e Armazenamento, Automação e Monitoramento a Distância.

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.



Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



 **CNPq**
Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico


CAPES



978-65-00-01182-1