

Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



Caderno
de Ciência,
Pesquisa
e Inovação v.2, n.2, 2019

Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação
v.2, n.2, 2019

C122 Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação
v.2, n.2, 2019/ Organizadores: Francisco et al.

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

ISBN: 978-85-60307-47-0

1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Ideias Inovadoras. 4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Moraes Neto, João Miguel. III. Pedroza, Juarez Paz. 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

Freepick.com

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UEPB)
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)
José Pinheiro Lopes Neto (CTRN-UFCG)
Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)
Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
João Miguel de Moraes Neto
Juarez Paz Pedroza
(Organizadores)

Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação
v.2, n.2, 2019



Realização



Apoio



SUMÁRIO

Capítulo 1	6
<i>EFEITOS DO METACAULIM EM PASTAS CIMENTÍCIAS</i>	6
Capítulo 2	13
<i>APLICAÇÃO DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench) E EFEITO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN</i>	13
Capítulo 3	27
<i>AMPLIAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO BAIRRO MALVINAS, CAMPINA GRANDE-PB: ESTRATÉGIA PARA FAVORECER O EXERCÍCIO PROFISSIONAL DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS</i> ..	27
Capítulo 4	36
<i>TECNOLOGIAS SOCIAIS PARA TRATAMENTO AERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS APLICADAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE, ESTADO DA PARAÍBA</i>	36
Capítulo 5	50
<i>SISTEMA EÓLICO ISOLADO DE PEQUENO PORTE: MONTAGEM E SUPERVISÃO DE DADOS</i>	50
Capítulo 6	60
<i>ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO RIO PEDRA COMPRIDA NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE SUMÉ-PB</i>	60
Capítulo 7	71
<i>MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM DE NOZES (<i>Juglans regia</i> L.) SEM CASCA</i> .	71
Capítulo 8	78
<i>VULNERABILIDADE DOS SOLOS À DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO PARAÍBA</i>	78
Capítulo 9	90
<i>DEGRADAÇÃO DAS TERRAS EM CLIMA SEMIÁRIDO, BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA – ESTADO DA PARAÍBA</i>	90
Capítulo 10	103
<i>ESTUDO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA NAS ESCOLAS PÚBLICAS ESTADUAIS DO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB</i>	103
Funda	104
Resultados e Discussão	107
Capítulo 11	117
<i>ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE COCO E FIBRAS DE POLIPROPILENO</i>	117
Capítulo 12	126
<i>KAHOOT: UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO E ENSINO-APRENDIZAGEM NO ENSINO DE COMPUTAÇÃO BÁSICA</i>	126
Curriculum dos Organizadores	136

Capítulo 1**EFEITOS DO METACAULIM EM PASTAS CIMENTÍCIAS**

Eduardo da Cruz Teixeira¹
Camila Macêdo Medeiros²
Normando Perazzo Barbosa³
Gustavo Cavalcanti Concerva⁴
Drially Aline Santos Moraes⁵

¹Professor, IF Sertão PE, Campus Salgueiro, educrtx@hotmail.com

²Professora, IFPB, Campus Monteiro, camilamedeirosm@gmail.com

³Professor, UFPB, Campus João Pessoa, nperazzob@yahoo.com.br

^{4,5}Acadêmicos em Construção de Edifícios, IFPB, Campus Monteiro, gustavo.concerva@hotmail.com; drially-aline@hotmail.com

Introdução

O grande crescimento da indústria de aditivos e adições nos últimos anos é consequência do reconhecimento da melhora das propriedades dos materiais cimentícios que as utilizam, afirma Andrade (2017).

Efeitos importantes das adições minerais nos materiais cimentícios foram citados por Kong et al. (2015) que auxiliam na retenção de água de amassamento reduzindo a exsudação e segregação no estado fluido, reagem quimicamente com hidróxido de cálcio produzindo C-S-H adicional, aumentando a resistência mecânica e a durabilidade e atuam fisicamente, proporcionando o refinamento dos poros e contribuindo também com o aumento da durabilidade do material.

Os materiais pozolânicos vem ganhando destaque, segundo Taengua et al. (2015), esses materiais têm atraído o interesse de pesquisadores, centros de pesquisa e da indústria devido a crescente utilização em concretos de alto desempenho, que incluem quantidades significativas desses.

Neste contexto, o metacaulim (MK), como um desses materiais, além de contribuir na otimização dos compósitos cimentícios, tem contribuído em questões ambientais, podendo reduzir o impacto ambiental de concretos devido à sua menor emissão de dióxido de carbono do que o clínquer (PERLOT et al., 2013). Essa pozolana, metacaulim (MK), é uma adição mineral relativamente nova e vem despertando o interesse de pesquisadores no mundo inteiro, nos últimos anos, devido aos excelentes resultados que vem alcançando (TEODORO, 2016).

Vários autores como Frías et al. (2000), Pu (2001), Hou et al. (2004), Hossain (2005), Shayan e Xu (2006), Korpa et al. (2008), Madani et al. (2012) e Soriano et al. (2013), relatam a interferência significativa da incorporação do metacaulim na produção das pastas de cimento Portland, no estado fresco e endurecido.

Para promoção do fortalecimento de estudos das adições minerais, com uso de técnicas de análises avançadas e com intuito de investigar melhor as interferências macro e microestruturais da incorporação de material pozolânico, pretende-se utilizar dois tipos de MK, disponibilizados no mercado local, para produção de pastas de cimento Portland (CP).

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é o estudo dos efeitos da adição de MK distintos em pastas de cimento CP-V ARI (alta resistência inicial) nas propriedades macro e microestruturais.

Material e Métodos

Para desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados, para produção das pastas de cimento, o Aglomerante Cimento Portland CPV-ARI; Aditivo Mineral Metacaulim de Fabricantes A e B; e água disponibilizada pela COMPESA.

O Cimento CP V-ARI, foi selecionado devido ao seu maior grau de pureza, sem muitas interferências de outras adições misturadas ao clínquer. No mercado local, especificamente nos estados da Paraíba e Pernambuco, foram encontrados dois metacaulins de fabricantes distintos, caracterizados e utilizados nas análises de suas interferências.

A caracterização do cimento e dos metacaulins é descrita na Tabela 2 conforme o fabricante.

Tabela 2. Caracterização do cimento e metacaulim

Cimento CPV – ARI	
Massa Específica (g/cm ³)	3,06
Finua Blaine (cm ² /g) *	4695,7
Perda ao fogo (%) *	4,31
Início de pega (min.) *	120,71
Fim de pega (min.) *	178,2
Resistência à compressão (7 dias) MPa*	38,21
Metacaulim – Fornecedor A	
Massa Específica (g/cm ³)	2,56
Pozolanidade (Ic = %) **	112
Metacaulim – Fornecedor B	
Massa Específica (g/cm ³)	2,99
Pozolanidade (Ic = %) **	101
Cimento CPV – ARI	
Massa Específica (g/cm ³)	3,06
Finua Blaine (cm ² /g) *	4695,7
Perda ao fogo (%) *	4,31
Início de pega (min.) *	120,71
Fim de pega (min.) *	178,2
Resistência à compressão (7 dias) MPa*	38,21
Metacaulim – Fornecedor A	
Massa Específica (g/cm ³)	2,56
Pozolanidade (Ic = %) **	112
Metacaulim – Fornecedor B	
Massa Específica (g/cm ³)	2,99
Pozolanidade (Ic = %) **	101

*Dados do fabricante; **Atividade Pozolânica-NBR 5752.

O CP e os dois tipos de metacaulins foram submetidos aos ensaios de granulometria por raio laser, espectrômetro de fluorescência de raios (FRX), realizado no Laboratório de Engenharia de Materiais da Universidade Federal da Paraíba.

Na metodologia utilizada foram preparadas pastas cimentícias para análises das variáveis intrínsecas, tais como, a incorporação de dois tipos de MK (Fabricantes A e B) e suas respectivas propriedades. A distribuição das famílias de pastas ocorreu conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3. Famílias das pastas cimentícias

Famílias	Componentes das pastas			
	Cimento	MK A	MK B	Água
F1 REF	8,0 kg	-	-	2,80 l
F2 8% MKA	7,36 kg	640 g	-	2,80 l
F4 8% MKB	7,36 kg	-	640 g	2,80 l

O CPV-ARI foi submetido ao ensaio de consistência normal (NBR NM-43), com valor da relação de a/c (água/cimento) de 0,35.

As pastas foram preparadas com agitação mecânica, utilizando argamassadeira eletrônica, com controle de rotação e tempo. Após preparo, foram adensadas em mesa de agitação mecânica em moldes metálicos cilíndricos com 50mm de diâmetro e 100mm de altura.

As amostras foram submetidas aos ensaios de caracterização em determinadas idades. No estado fresco, elas foram submetidas ao ensaio de determinação da consistência normal e tempos de pega do cimento (NBR NM-43/65).

Ainda com as pastas no estado fresco, foram realizadas aferições de pH, condutividade elétrica, temperatura e salinidade, utilizando-se o Medidor Digital de

pH com Condutivímetro, modelo ITPH 3000 da INSTRUTEMP (Figura 1).



Figura 1. Medidor Digital de pH e Condutivímetro.

Os corpos de prova foram rompidos com 7 e 28 dias de idade para determinação de resistência mecânica axial, para isso foi utilizada prensa hidráulica digital com capacidade de carga de até 100 toneladas, conforme procedimentos estabelecidos pela NBR 7215 - Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão.

Para análises de microestrutura, foram extraídos dos corpos de prova amostras reduzidas, com 1 x 1 x 1 cm, aos 28 dias, onde foram imersas no álcool isopropílico por 24 horas, com objetivo de interromper as reações de hidratação dos compostos cimentícios (Figura 2).

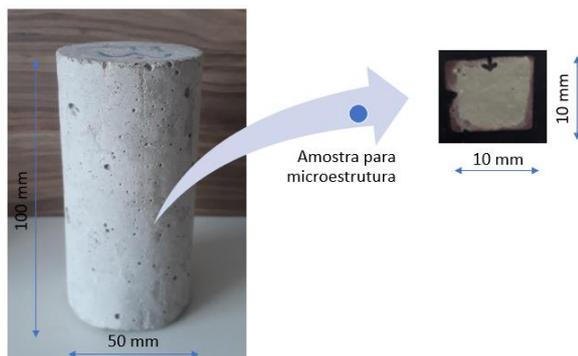


Figura 2. Extração de amostra do corpo de prova para análise de microestrutura.

Após interrupção das reações de hidratação por 24 horas, as amostras foram submetidas ao processo de lixamento, utilizando lixas de carbetto de silício nas especificações #180, #300, #600 e #1200, na sequência, com lubrificação à álcool. Logo em seguida, as amostras foram limpas em banho de ultrassom para iniciar processo de polimento, usando pastas de diamante nas granulometrias de 6, 3, 1 e $\frac{1}{4}$ μm , após, novamente foram limpas em banho ultrassônico e realizada análise de microscopia eletrônica de varredura em dissecador, conforme procedimentos metodológico adotados por Rossignolo (2003).

Para uma análise mais uniforme, as imagens das 3 famílias foram geradas com mesmos parâmetros, seguindo a seguinte descrição, escala de: 198 Pixel por $50\mu\text{m}$ e resolução de $0,253\mu\text{m}/\text{Pixel}$.

Resultados e Discussão

Caracterização do MK

Conforme os resultados obtidos (Tabela 4), observa-se que, a metacaulim A apresenta em sua composição 52,25% de dióxido de silício e 36,23 de óxido de alumínio, já o metacaulim B apresenta 54,16% de SiO_2 e 34,12% de Al_2O_3 , evidenciando que os metacaulins utilizados estão em conformidade com a Norma Brasileira. O metacaulim, segundo a ABNT NBR 15894-1:2010, como requisito para ser considerado composto pozolânico de alta reatividade, deve conter em sua composição um teor de SiO_2 entre 44 e 65%, e Al_2O_3 entre 32 e 46%.

Tabela 4. Composição química dos materiais

	CPV (%)	MK A (%)	MK B (%)
CaO	43,94	-	-
SiO_2	35,46	52,25	54,16
Al_2O_3	5,85	36,23	34,12
MgO	4,50	0,94	0,92
Fe_2O_3	4,45	7,40	7,41

Pela distribuição granulométrica dos MKs (metacaulins A e B) (Figura 3), observa-se que apresenta uma granulometria contínua.

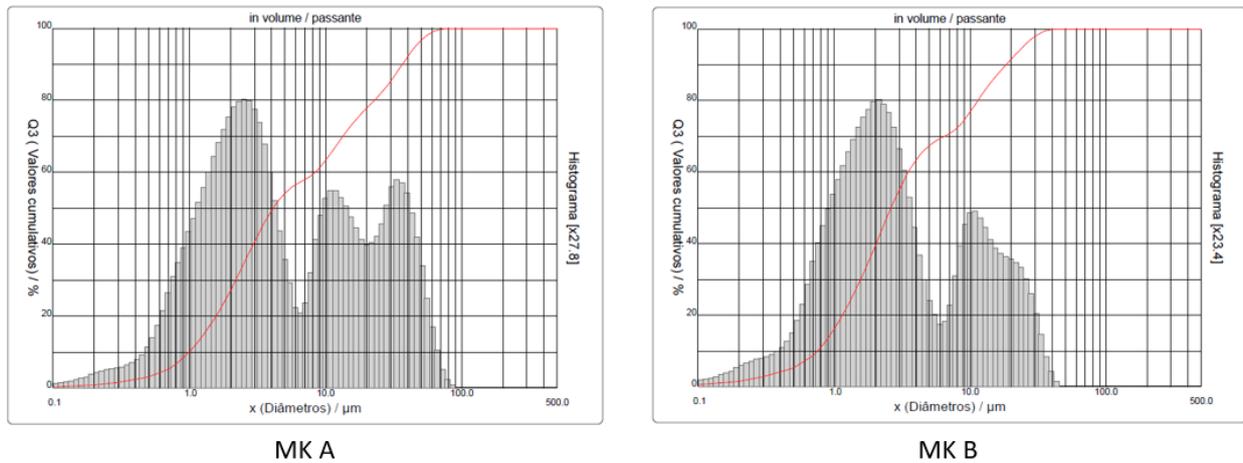


Figura 3. Distribuição granulométrica.

Na Tabela 5 observa-se os resultados de diâmetro médio, D10 (10% das partículas estão abaixo deste diâmetro), D50 (diâmetro

mediano, 50% abaixo e 50% acima deste diâmetro) e D90 (90% das partículas estão abaixo deste diâmetro).

Tabela 5. Diâmetro médio dos grãos dos MKs

MK	D 10 (μm)	D 50(μm)	D 90(μm)	Diâmetro médio(μm)
MK A	0,75	2,62	18,41	6,37
MK B	0,99	4,12	36,56	12,15

Observa-se que, o tamanho das partículas do metacaulim é um parâmetro importante na atividade pozolânica quando misturada ao cimento, neste trabalho, o MK A apresenta diâmetro médio de 6,37μm e o MK B 12,15μm. Rêgo (2004) observa que, a diminuição do tamanho médio da partícula favorece na reatividade das adições pozolânicas. Observa-se que para o MK A 90% das partículas são menores que 18,41μm, quanto que no MK B 90% do material constituinte tem diâmetro menor que 36,56 μm.

Caracterização das pastas

Ainda no estado fresco, com tempo de 4 minutos de preparação da mistura, as pastas foram analisadas sobre aspectos físico-químicos, dados de temperatura, salinidade, pH e condutividade elétrica foram aferidos, e os resultados demonstrados na Tabela 6. Resultados que comprovam as alterações nas pastas cimentícias a partir da incorporação do metacaulim na mistura, segundo os trabalhos de Carmo (2006).

Na Tabela 6 observa-se os resultados obtidos dos dados de temperatura, salinidade, pH e condutividade elétrica.

Tabela 6. Aspectos físico-químicos das pastas

Famílias	pH	Salinidade (%)	Temperatura (°C)	Condutividade (μS/cm)
F1 REF	12,73	25,60	24,8	13,52
F2 8% MK A	12,85	19,40	25,3	10,13
F3 8% MK B	12,76	23,90	23,7	10,05

No rompimento de 7 e 28 dias de idade (Figura 4), observa-se que a pasta A de referência, F1 REF, sem adição de metacaulim, apresenta resistência de 49,23 e 67,84 Mpa. A

pasta F2 8% MKA, adicionada com 8% de MK A, apresenta 64,22 e 84,20 Mpa de resistência mecânica, já a F3 8% MK B apresentam resultados menores com 43,88 e 60,59 Mpa.

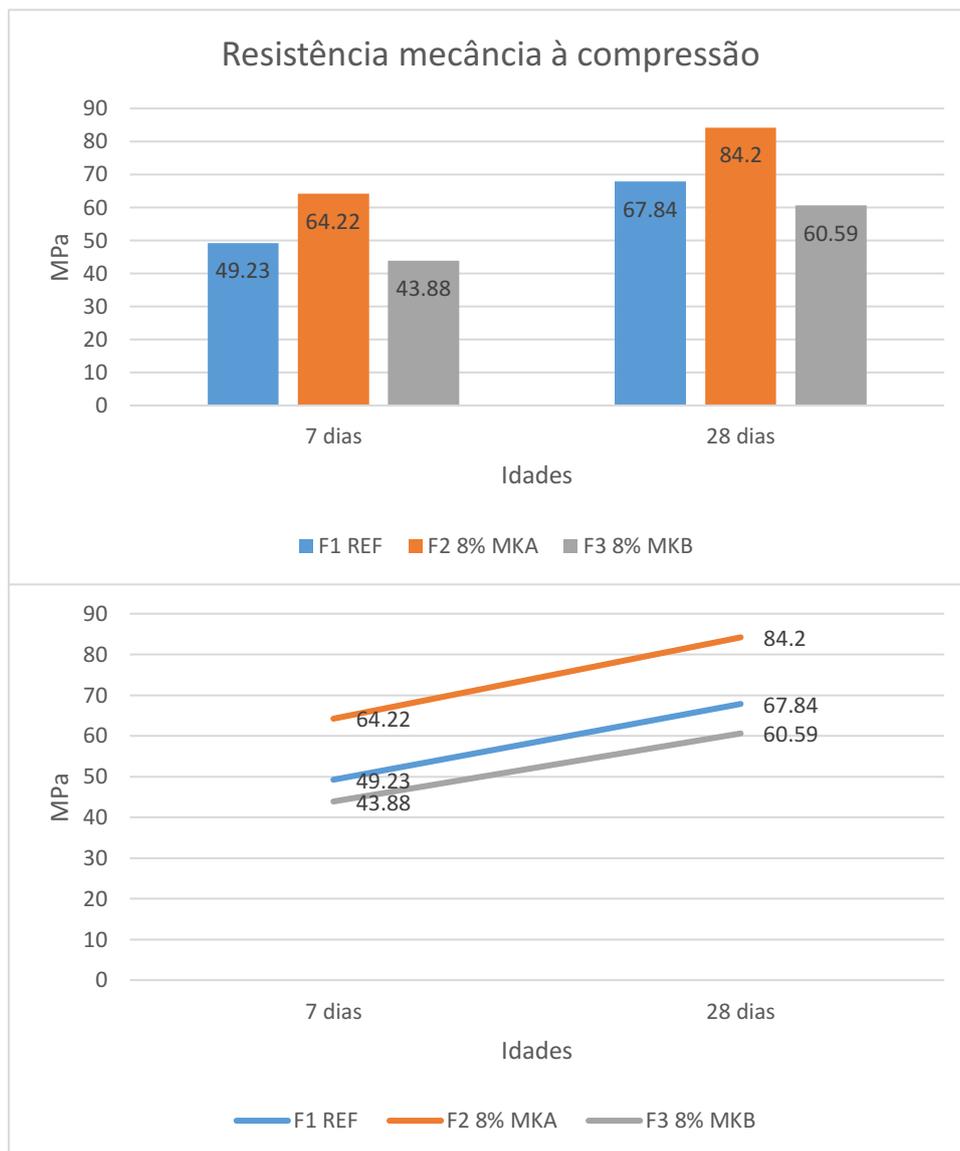


Figura 4. Resistência mecânica à compressão das pastas.

A pasta F2 8% MK A, aos 7 dias, apresenta um ganho de 30,45% em relação a pasta de referência, F1 REF, e um ganho de 24,11% aos 28 dias.

Diferentemente do esperado, a F3 8% MK B, aos 7 dias, apresenta um menor índice de resistência mecânica em 10,86%, e aos 28 dias uma queda de 10,68% em relação à referência.

Sobre os resultados da alteração na resistência mecânica, os dados são compatíveis com as afirmações das pesquisas de Barata (1998), um dos pioneiros pesquisadores do tema no Brasil.

No aspecto da caracterização microestrutural, observa-se nas imagens de microscopia eletrônica por varredura (MEV) (Figura 5) que as imagens de MEV das pastas estudadas apresentam, a presença de poros mais acentuados, regiões escurecidas, na F1 REF, as pastas contendo adição de matacaulim F2 8% MK A e F3 8% MK B apresentam maior uniformidade da microestrutura, inclusive a família que teve menor resistência mecânica à compressão, a F3 8% MKB, este fato se correlaciona com a menor condutividade elétrica dessas 2 famílias.

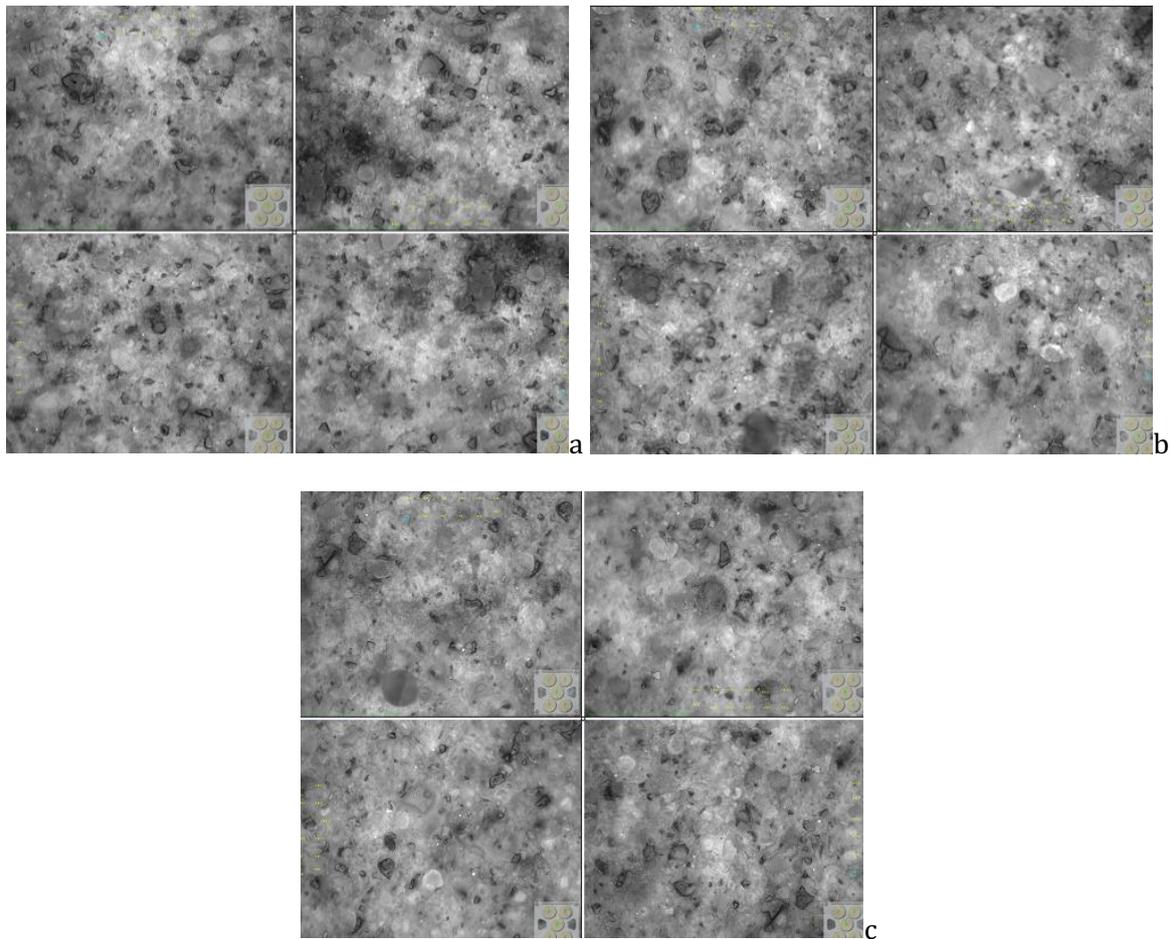


Figura 5. Imagens de MEV das pastas – a) F1 REF, b) F2 8% MK A e c) F3 8% MK B.

Conforme Older (1998), o efeito das pastas cimentícias com material pozolânico no âmbito na microestrutura se dá pelos pontos de nucleação quimicamente ativos ampliando a possibilidade de precipitação de compostos resultantes de hidratação (C-S-H e o CH), através de reação pozolânica.

Os detalhes esbranquiçados com brilho mais forte, referem-se às formações de compostos hidratados no cimento de maior resistência, o C-S-H, fato ocorrido com mais intensidade em algumas regiões da F2 8% MK A, os trabalhos de Helene e Medeiros (2004) mostraram que, as amostras com adição de metacaulim apresentaram menor índices de vazios, sendo preenchidos pelos compostos de hidratação de forma mais acentuada que as amostras de referência, comportamento parecido com o trabalho de Helene e Lacerda (2004).

Conclusão

Através dos resultados obtidos, concluiu-se que:

As pastas de cimento tiveram propriedades melhoradas com adição de

metacaulim, sobretudo, no âmbito da resistência mecânica à compressão;

A granulometria dos grãos do metacaulim foi um fator importante para análise e uso do mesmo, pois o MK B, com tamanho médio de grão 90,73% maior que o MK A, teve resistência mecânica menor que a referência (F1 REF); e

As imagens de MEV auxiliaram, mesmo que de forma qualitativa, nas análises microestruturais dos compósitos cimentícios, mostrando microporos de maior intensidade das pastas que não continham metacaulim.

Referências Bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR - 15894-1:2010: Metacaulim para uso com cimento Portland em concreto, argamassa e pasta Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: junho 2018.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 65: Cimento Portland - Determinação do tempo de pega. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: maio 2018.

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR NM 43: Cimento Portland - Determinação da pasta de consistência normal. Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/>. Acesso em: janeiro 2018.
- GARCÍA-TAENGUA, E.; SONEBI, M.; HOSSAIN, K. M. A.; LACHEMI, M.; KHATIB, J. Effects of the addition of nanosilica on the rheology, hydration and development of the compressive strength of cement mortars. *Composites, Part B*, v.81, p.120-129, 2015.
- ANDRADE, D. S. Microestrutura de pastas de cimento Portland com nanossilica coloidal e adições minerais altamente reativas. Tese (Doutorado). Faculdade de Tecnologia. Universidade de Brasília, 2017.
- BARATA, M. S. Concreto de alto desempenho no estado do Pará: estudo de viabilidade técnica e econômica de produção de concreto de alto desempenho com os materiais disponíveis em Belém através do emprego de adições de sílica ativa e metacaulim. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1998.
- CARMO, J. B. M. do. Análise comparativa do desempenho de concretos compostos com sílica ativa e metacaulim face à resistência mecânica e à viabilidade econômica. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.
- HELENE, P. R. L.; MEDEIROS, M. H. F. Estudo da Influência do metacaulim HP como adição de alta eficiência em concretos de cimento Portland. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2004. 66p.
- HOU, P.; QIAN, J.; CHENG, X.; SHAH, S. P. Effects of the pozzolanic reactivity of nanoSiO₂ on cement-based materials. *Cement & Concrete Composites*, v.55, p.250-258, 2015.
- FRIAS, M.; SÁNCHEZ, M. I.; N. DE ROJAS; CABRERA J. The effect that the pozzolanic reaction of metakaolin has on the heat evolution in metakaolin-cement mortars. *Cement and Concrete Research*, v.30, n.2, p.209-216, 2000.
- KONG, D.; CORR, D. J.; HOU, P.; YANG, Y.; SHAK, S. P. Influence of colloidal silicasol on fresh properties of cement paste as compared to nano-silica powder with agglomerates in micron-scale. *Cement and Concrete Composites*, v.63, p.30-41, 2015.
- HOSSAIN, K. M. A. Volcanic ash and pumice as cement additives: pozzolanic, alkali-silica reaction and autoclave expansion characteristics *Cement and Concrete Research*, v.35, n.6, p.1141-1144, 2005.
- LACERDA, C. S.; HELENE, P. R. L. A durabilidade de concretos de alto desempenho com metacaulim frente à penetração de íons cloreto. In: Seminário e Workshop em Engenharia Oceânica, 2004, Rio Grande. Anais... Rio Grande, 2004.
- MADANI, H.; BAGHERI, A.; PARHIZKAR, T. The pozzolanic reactivity of monodispersed nanosilica hydrosols and their influence on the hydration characteristics of Portland cement. *Cement and Concrete Research*, v.42, Ed.12, p.1563-1570, 2012.
- MEDINA, E. A. Pozzolanicidade do metacaulim em sistemas binários com cimento Portland e hidróxido de cálcio. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica de São Paulo. Universidade de São Paulo, 2011.
- PERLOT, C.; ROUGEAU, P.; DEHAUDT, S. Slurry of metakaolin combined with limestone addition for self-compacted concrete. Application for precast industry. *Cement and Concrete Composites*, v.44, p.50-57, 2013.
- RÊGO, J. H. S. As cinzas de casca de arroz (CCAs) cristalina e amorfa como adição mineral ao cimento - Aspectos da microestrutura das pastas. Tese (Doutorado em Estruturas e Construção Civil). Universidade de Brasília. Brasília, 2004.
- ROSSIGNOLO, J. A. Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para pré-fabricados esbeltos: dosagem, produção, propriedades e microestrutura. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2003.
- SORIANO, L.; MONZÓ J.; BONILLA, M.; TASHIMA, M. M.; PAVÁ, J.; BORRACHERO, M. V. Effect of pozzolans on the hydration process of Portland cement cured at low temperatures. *Cement and Concrete Composites*, v.42, p.41-48, 2013.
- PU, X. Investigation on pozzolanic effect of mineral additives in cement and concrete by specific strength index. *Cement and Concrete Research*, v.29, n.6, p.951-955, 2001.
- TEODORO, R. avaliação das características de diferentes metacaulins e sua influência na estrutura interna do concreto e em propriedades ligadas à durabilidade. Dissertação. Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiás, 2016.

Capítulo 2**APLICAÇÃO DE SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) E EFEITO NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DE PÃES ISENTOS DE GLÚTEN****¹Marcelo Gava Junior****²Nadia Cristiane Steinmacher****³Elciane Regina Zanatta**

¹Bacharel em Engenharia de Alimentos, UTFPR/Campus Medianeira, Medianeira – PR, marcelogavajr@gmail.com

²Professor Adjunto, Departamento de Engenharia de Alimentos, UTFPR/Campus Medianeira, Medianeira – PR, nadiac@utfpr.edu.br

³Professor Adjunto, Departamento de Engenharia de Alimentos, UTFPR/Campus Medianeira, elcianezanatta@utfpr.edu.br

Introdução

Sorgo é um cereal pertencente à família Poaceae, originário da África (ANGLANI, 1998). Nos continentes Asiático e Africano, o cultivo deste cereal é de extrema importância, pois é utilizado na alimentação humana (AFIFY et al., 2011). Já em países como Brasil, Austrália e Estados Unidos, o sorgo é cultivado principalmente para alimentação animal (TALEON et al., 2012). O cereal vem ganhando destaque dentre os grãos cultivados, sendo indicado como alternativa para substituir o milho e a soja, para forragem e formação de palha, além de apresentar grande indicativo na substituição do trigo para elaboração de produtos alimentícios (ALMEIDA FILHO et al., 2014).

Usualmente o cereal é consumido por humanos em forma de grão ou através da farinha, algumas receitas que possuem como base o sorgo inclui, produtos fermentados ou não fermentados. Produtos de panificação ganham destaque na utilização do sorgo, pois o cereal vem sendo estudado e utilizado como fonte alternativa de farinha, uma vez que é livre de glúten. Dessa forma, a introdução do sorgo na alimentação é de grande interesse, principalmente para os portadores da doença celíaca (VARGAS-SALÓRZANO et al., 2014; CARDOSO et al., 2015; VIEIRA et al., 2015).

O mercado dos alimentos busca desenvolver uma série de produtos para atender diferentes tipos de públicos. A inserção do sorgo na alimentação humana é prática recente. Em vista disso, estudos e pesquisas para a produção de alimentos que tenham como base ou a substituição pela farinha de sorgo estão sendo desenvolvidos. Um exemplo de alimento que está sendo adaptado para diversos públicos é o pão. Que possui um alto valor energético e quando adicionado de grãos

integrais é fonte de proteína, fibras e minerais. Além de ser um alimento de baixo custo e consumido mundialmente por diferentes classes sociais (FAO, 2014).

Na dieta humana o pão é um alimento frequente, produzido com variedade de ingredientes, resultando em diferentes tipos, cujo ingrediente principal é farinha de trigo. Algumas formulações buscam substituir a farinha de trigo por de outro cereal, que possa resultar as mesmas características tecnológicas e sensoriais e que seja livre de glúten. A substituição da farinha de trigo por uma farinha sem glúten na produção de pães vem sendo utilizada para atender o público de celíacos e os indivíduos que desejam restringir o glúten da dieta. Assim, a farinha do sorgo é um ingrediente que pode ser usado por si ou em misturas com outras tradicionais farinhas na produção de alimentos livre de glúten (COLLAR et al., 2014).

Analisando a carência na variedade de alimentos para os celíacos, o estudo tem como objetivo desenvolver pães ausentes de glúten utilizando a farinha de sorgo como principal ingrediente e analisar suas características tecnológicas.

Material e Métodos

Este trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná na cidade de Medianeira.

Para a elaboração dos pães utilizou-se a metodologia de Planejamento de Misturas, na qual as variáveis estudadas são as quantidades de espessantes. Também foi elaborada uma formulação controle (sem adição de espessantes). Todas as formulações foram produzidas em triplicata. As quantidades expressas em porcentagem são com base na

massa da farinha. O teste de formulação foi realizado seguindo a seguinte formulação: farinha de sorgo (150 g), sal (5 g), açúcar (30 g), fermento (5 g), água (175 mL), ovo (100 g), azeite (25 g) e adição de

hidrometilpropilcelulose (HMPC), goma xantana e/ou *psyllium*, de acordo com o planejamento experimental de mistura descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Planejamento de mistura com a variação das quantidades e dos tipos de espessantes utilizados no preparo das formulações dos pães

Formulação	Quantidades (%)	Goma xantana (g)	Psyllium (g)	HPMC (g)
F1	100	0	3,75	0
F2	100	3,75	0	0
F3	100	0	0	3,75
F4	50 - 50	1,875	1,875	0
F5	50 - 50	1,875	0	1,875
F6	50 - 50	0	1,875	1,875
F7	33	1,25	1,25	1,25
F8	Controle	0	0	0

Determinação das propriedades tecnológicas e físico-químicas dos pães

A firmeza dos pães foi determinada de acordo com o método modificado da AACC 74-09 (AACC, 1995). Após uma hora do resfriamento dos pães, eles foram fatiados (25mm de espessura) e as fatias externas de ambas laterais foram descartadas. As amostras foram comprimidas por duas vezes até 40% da altura com um *probe* cilíndrico de 36mm de diâmetro, velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,0; 1,7 e 1,0 mm/s, respectivamente. Para cada fatia, quatro repetições foram realizadas e consideram-se os parâmetros de dureza.

O volume específico seguiu a metodologia adaptada por Brito e Cereda (2015) e foi determinado pela razão entre o volume (mL) e sua massa (g) de cada formulação em triplicata, e os resultados foram expressos em mL.g⁻¹. A massa foi obtida em balança analítica e o volume pelo deslocamento de semente de painço aferido em proveta de 1000 mL seguindo a Equação (1).

$$VE = \frac{V}{m} \quad (\text{Eq.1})$$

Em que: *VE* = volume específico (mL.g⁻¹); *V* = volume de painço na proveta (mL); *m* = massa do pão (g).

Para determinar a coloração dos pães foram avaliados os parâmetros L* (luminosidade ou brilho), variando de preto (0) a branco (100); a* do verde (- 60) ao vermelho (+ 60) e b* do azul (- 60) ao amarelo (- 60), sendo escolhidos 3 pontos aleatórios de 3 fatias

interna de cada pão.

A análise de atividade de água foi realizada com auxílio do equipamento medidor de atividade de água, adotando 3 repetições para cada 3 fatias de cada formulação e assim gerando a média dos resultados. Foram realizadas as análises microbiológicas de *B. cereus*, coliformes 45°C e *Salmonella sp* para as formulações utilizadas na análise sensorial conforme a RDC nº 12 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

Análise sensorial

O teste de aceitação dos pães foi realizado utilizando teste sensorial afetivo de escala hedônica estruturada de 9 pontos (9 = gostei muitíssimo; 1 = desgostei muitíssimo) e uma pesquisa de mercado englobando idade, nome (não obrigatório) e sexo.

Participaram do teste 112 provadores não treinados, de ambos os sexos, com idade entre 18 e 62 anos. Realizou-se o teste em cabines individuais do laboratório de Análise Sensorial da UTFPR Campus Medianeira. Cada participante avaliou três formulações (F1 - *psyllium*, F2 - goma xantana e F8 - controle) dos pães, individualmente.

Para isso as amostras, codificadas com 3 dígitos aleatórios, foram servidas separadamente à temperatura ambiente, em pratos descartáveis, com aproximadamente 20 g de amostra. Água mineral à temperatura ambiente foi disponibilizada para os avaliadores, para que efetuassem a limpeza do palato antes de provar as amostras. As amostras foram avaliadas em relação às seguintes características: aceitação global, aparência, textura, odor, cor e sabor, utilizando a escala

hedônica para indicar o quanto gostou ou desgostou de cada característica avaliada separadamente.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos completos ao acaso e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias dos parâmetros: cor, aparência, odor, sabor, textura, aceitação global (na escala de 1 a 9) e intenção de compra (na escala de 1 a 5) foram comparadas pelo teste de Tukey. O nível de significância utilizado foi de 5%. Além dos testes anteriores, calculou-se o Índice de Aceitabilidade (IA), que é o valor expresso em porcentagem da aceitação do produto pelos consumidores, seguindo a Equação (2).

$$IA = \frac{B \times 100}{C} \quad (\text{Eq.2})$$

Em que: B = nota média obtida no atributo; C = nota máxima do atributo.

Modelagem matemática da fermentação

Após a mistura de todos os ingredientes uma certa quantidade (aproximadamente 20 mL) da massa de cada formulação foi separada e acondicionada em uma proveta de 50 mL para a realização do experimento (Figura 6). A proveta com a massa foi armazenada em estufa à temperatura de 40°C e umidade 80% e teve seu crescimento controlado até o tempo de 32 minutos.

A modelagem utilizou dois modelos adaptados que relacionam crescimento populacional (volume \times tempo), partindo das condições de volume inicial de 20 mL e volume máximo de 50 mL.

O modelo de Verhulst, é dado pela Equação (3).

$$V_T = \frac{V_F}{1 + \frac{(V_F - V_0)}{V_0} e^{-rt}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: V_T = Volume total da massa acumulado em um tempo; V_0 = Volume inicial de massa; V_F = Volume máximo que a massa pode assumir; r = coeficiente de crescimento da massa, resultado dos dados experimentais; t = tempo.

O modelo de Gompertz é dado pela Equação (4).

$$V_T = V_F (e^{-e^{(V_0 - At)}}) \quad (\text{Eq.4})$$

Em que: V_T = Volume total da massa acumulado

em um tempo; V_F = Volume máximo da massa; V_0 = volume inicial da massa; A = taxa constante de crescimento da massa; t = tempo.

Os modelos foram ajustados aos dados experimentais utilizando o software OriginPro, versão 8.5.1, o qual utiliza o método de estimativa dos mínimos quadrados, cujo objetivo é minimizar a soma dos quadrados dos desvios dos valores observados para a variável dependente, daqueles preditos pelo modelo matemático.

Para avaliar a eficiência do ajuste matemático aos dados experimentais foram utilizados; coeficiente de determinação (R^2) e a raiz do erro quadrático médio percentual (REQM) dado pela Equação (5).

$$REQM = 100 \left\{ \frac{\sum_{n=1}^N (x^{calc} - x^{exp})^2}{N} \right\}^{1/2} \quad (\text{Eq.5})$$

Em que: x^{calc} = valores de volume, utilizando os modelos; x^{exp} = valores experimentais de volume; N = número de observações.

Análise estatística

Para todos os experimentos, os resultados obtidos representaram médias de triplicatas, com exceção da firmeza que partiu de 4 repetições por fatia, e foram analisadas quanto à variância (ANOVA), Teste de Tukey, ao nível de 5%, com auxílio do *software* Statistica 10.0 - Statsoft. Para a modelagem da fermentação utilizou o software OriginPro, versão 8.5.1, o qual utiliza o método de estimativa dos mínimos quadrados.

Resultados e Discussão

Propriedades reológicas e físico-químicas dos pães

A Figura 1 demonstra os pães após serem assados. A Tabela 2 apresenta os dados obtidos das análises reológicas e físico-químicas das formulações dos pães em até 24 horas após o preparo.



Figura 1. Pães de sorgo.

Tabela 2. Dados reológicos e físico-químicos das formulações dos pães

Formulação	Cor			Firmeza (N)	Volume (mLg ⁻¹)	aw
	L*	a*	b*			
F1	40,16 ± 0.44 _{b,c}	7,32 ± 0.17 _c	18,70 ± 0.43 _{a,c}	928,67±21.08 _e	1,92±0.00 _{a,b}	0,975±0.01 _{b,c}
F2	47,81 ± 1.20 _e	5,83 ± 0.32 _{a,b}	19,67 ± 0.67 _{a,c}	217,00±12.12 _a	2,05±0.03 _b	0,976±0.02 _{a,f}
F3	35,71 ± 1.01 _a	6,21 ± 0.08 _b	14,86 ± 3.78 _{a,c}	226,33±33.858 _a	1,98±0.02 _{a,b}	0,994±0.01 _{e,f}
F4	42,85 ± 1.61 _{b,d}	5,77 ± 0.56 _{a,c}	18,1 ± 0.19 _b	1071,00±166.46 _e	1,86±0.13 _a	0,980±0.01 _{d,e}
F5	39,20 ± 0.99 _{a,b}	6,94 ± 0.28 _{b,c}	18,67 ± 0.42 _{a,c}	424,67±35.53 _{b,c}	1,88±0.03 _a	0,996±0.01 _{a,f}
F6	46,48 ± 1.15 _{d,e}	6,24 ± 0.30 _{a,c}	20,13 ± 0.29 _c	361,33±33 _{a,b}	1,99±0.02 _{a,b}	0,975±0.01 _b
F7	42,26 ± 2.12 _{b,c}	6,37 ± 0.70 _{a,c}	18,45 ± 0.36 _{a,b}	642,33±53.14 _d	1,96±0.02 _{a,b}	0,985±0.01 _{c,d}
F8	42,93 ± 1.26 _{c,d}	5,35 ± 0.09 _a	17.08 ± 0.15 _a	599,00±5 _{c,d}	1,92±0.04 _{a,b}	0,980±0.01 _{d,f}
Valor de p	P<0.001*	P<0.001**	P<0.001**	P<0.001**	P=0.006*	P<0.001**

Os valores relatados são a média ± desvio padrão; a-f dentro da mesma coluna valores médios com letras diferentes diferem estatisticamente (p<0,05). (1). * p> 0,05, por meio do teste de Levene. Os valores de p são os da análise ANOVA unidirecional. Os meios foram comparados pelo teste de Tukey, uma vez que variações iguais poderiam ser assumidas; **P <0,05, por meio do teste de Levene. Os valores de p são aqueles da análise ANOVA Welch unidirecional. As médias foram comparadas pelo teste de Dunnett T3, uma vez que não foi possível supor variações iguais.

Observa-se que a formulação F3 (100% HPMC) apresenta a maior luminosidade e F2 (100% goma xantana), a menor luminosidade. De modo geral, o parâmetro L* (luminosidade) para todas as amostras dos pães aproximam-se do preto (0). Marston et al. (2016) encontraram luminosidade para os pães de sorgo na faixa de 84 a 89, mais próxima do branco. Porém, o sorgo utilizado foi do tipo branco, resultando assim, em luminosidade próxima de 100 (branco). No atual trabalho, foi utilizado sorgo de coloração vermelha e, conseqüentemente, a luminosidade foi próxima de 0 (preto).

O parâmetro a*, que indica a faixa do vermelho (+) ao verde (-), apresenta valores positivos, ou seja, próximos da cor vermelha. F8 (controle) é a formulação que apresenta menor valor de a*, enquanto que F1 (100% *psyllium*) mostra-se com o maior valor para este parâmetro. Para F6 (50% *psyllium* e 50%

HPMC), o parâmetro b* mostra-se com maior valor comparado a F8 (controle) que apresenta o menor valor. O parâmetro b* representa a faixa do amarelo (+) ao azul (-) e, como todas as formulações apresentam valores positivos, suas colorações estão próximas ao amarelo.

A Figura 3 apresenta a distribuição das cores para as formulações adicionadas de espessantes. Para o parâmetro luminosidade (L*) as formulações contendo HPMC, *psyllium* e a mistura de ambos, possuem menor luminosidade, caracterizados pela coloração verde. As formulações que apresentam goma xantana na composição possuem maior luminosidade, caracterizados pelas faixas da cor vermelha. E a mistura entre goma xantana, HPMC e *psyllium* resultou na luminosidade média dentre as formulações, identificado pela cor laranja.

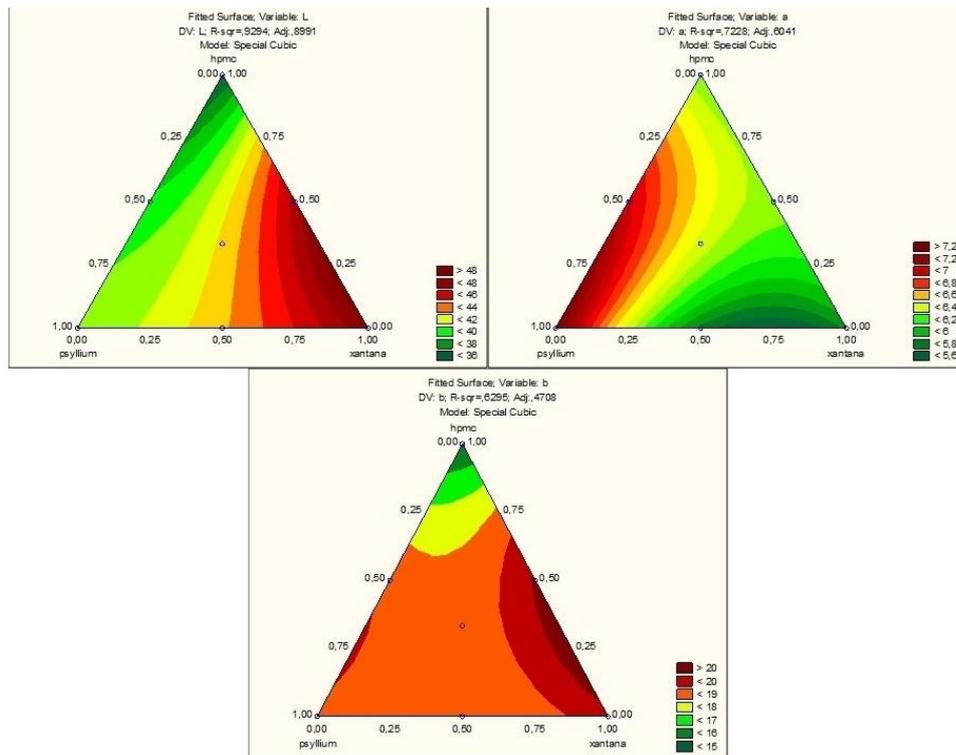


Figura 3. Representação gráfica dos parâmetros L*, a* e b* dos pães.

As formulações que contem *psyllium* e a mistura de HPMC e *psyllium* na massa, são aquelas que, de acordo com a Figura 3 para o parâmetro a* se diferem das outras formulações por apresentar majoritariamente uma área de cor vermelha. A formulação contendo 100% HPMC (F3) para o parâmetro b* é a que se difere das demais pela predominância da cor verde em sua área, ilustrado na Figura 3.

Todas as formulações, independente do espessante utilizado possuem coloração muito parecida (Figura 4) quando observadas a olho

nu. Por outro lado, instrumentalmente é detectada diferenças estatísticas entre as formulações.

Czuchajowska et al. (1992) adicionaram *psyllium* na massa de pão sem glúten e na massa de pão de farinha branca, e verificaram que, o *psyllium*, por ser uma fibra e possuir uma coloração característica, interferiu na coloração do pão. Esse fato pode ser observado neste trabalho ao analisar a Figura 4, em que as formulações que apresentam adição de *psyllium* diferem das demais formulações.

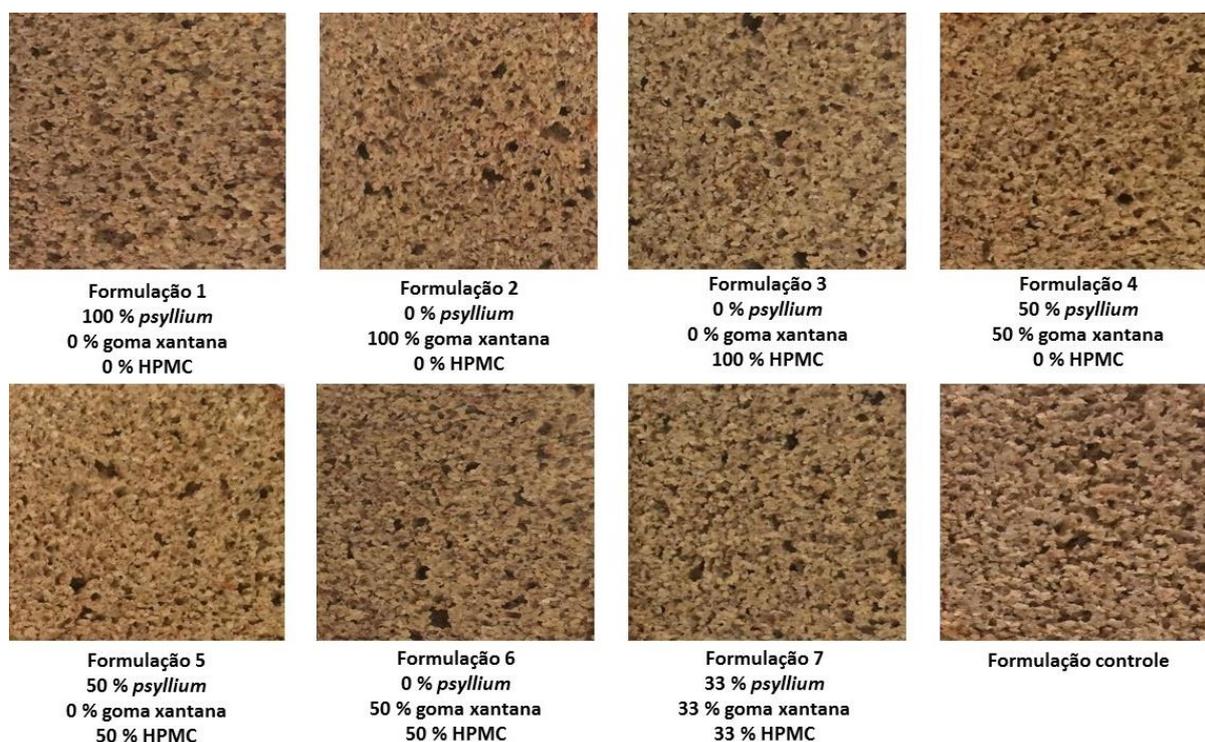


Figura 4. Painel que demonstra a tonalidade de cada formulação.

Ao observar os dados de firmeza das oito formulações na Tabela 2, pôde-se constatar diferenças significativas entre as formulações ($p < 0,05$), ou seja, a adição e as concentrações dos espessantes adicionados à massa, provocam variações de firmeza. F4, adicionada de *psyllium* e goma xantana, foi a que apresenta a maior firmeza dentre os pães, 1071 N. Por outro lado, a F2, adicionada apenas de goma xantana, apresenta a menor firmeza (217 N), mostrando que a interação entre os espessantes é outro fator que influencia na maciez dos pães.

A adição de espessantes como ingrediente para o preparo da massa de pães sem glúten é realizada como substitutos do glúten, para promover sua função, proporcionando volume e maciez à massa. Em trabalhos que abordaram a ação de estabilizantes e espessantes como, goma xantana e HPMC em pães de sorgo, resultados diferentes para cada espessante foram obtidos. A goma xantana provocou queda da temperatura de gelatinização e firmeza dos pães, apresentando aspectos negativos, HPMC promoveu o aumento da viscosidade da massa e melhora positiva na maciez das fatias (PINELI et al., 2015; SCHOBER et al., 2005).

O HPMC quando adicionado a massa de pães sem glúten na quantidade de 1,5 g HPMC/100 g farinha, reduziu a firmeza dos pães em comparação a outros tipos de goma como, xantana, guar e carragena (SABANIS & TZIA, 2015). Segundo Hager e Arendt (2013), que

compararam diferentes farinhas sem glúten com e sem adição de espessantes, dependendo do aditivo, da combinação e das quantidades dos mesmos, sua atuação pode variar. O HPMC puro em pães com farinha de teff, milho e arroz diminuiu a firmeza, resultando pães mais macios. A goma xantana no pão de teff provocou aumento na dureza, enquanto que em pães de arroz não provocou nenhuma alteração.

Assim como as gomas, alguns autores investigaram a ação da adição de farinha de *psyllium* como ingrediente na elaboração de pães ausentes de glúten. Este ingrediente ao ser aplicado em associação de outras farinhas como a de milho e amaranto, provocou ações positivas nas reologias das massas. Constatou-se que, durante o amassamento, o *psyllium* produziu um filme, assemelhando-se as redes do glúten, que provocou ao produto final desempenho tecnológico satisfatório (MARIOTTI et al., 2009).

A Figura 5 traz a representação gráfica para a firmeza das oito formulações de pão de sorgo. As áreas que apresentam tons de vermelho estão presentes nas formulações com 50% de HPMC e 50% de goma xantana (F5), sendo esta a formulação mais firme. F1 (100% *psyllium*) também apresenta coloração em vermelho, porém menor firmeza que a F5 (50% HPMC e 50% goma xantana). As áreas em amarelo apresentam formulações de firmeza mediana, nem tão duras e nem tão macias. O pão

que possui em sua composição os três tipos de espessantes (F7), foi o que possui firmeza abaixo de 700 N, valor intermediário. As formulações com 100% goma xantana (F2) e 100% HPMC (F3) são as que apresentam melhor maciez.

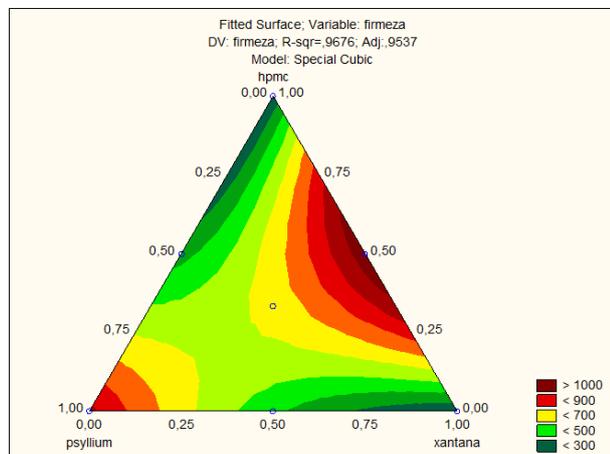


Figura 5. Representação gráfica da firmeza dos pães das oito formulações.

Quanto ao volume específico dos pães é observado na Tabela 2 que os valores obtidos para as formulações foram próximos, porém, foram verificadas diferenças significativas dentre as formulações ($p < 0,05$). Isto quer dizer que, a adição dos espessantes à massa interfere no volume específico dos pães. A formulação de maior volume específico $2,04 \text{ mLg}^{-1}$ foi a adicionada somente de goma xantana (F2), sendo o pão que ocupa maior volume por grama. F4 (50% *psyllium* e 50% goma xantana), apresenta o menor valor obtido dentre as formulações ($1,858 \text{ mLg}^{-1}$), sendo assim, o pão que ocupa menor volume por grama.

A Figura 6, apresenta graficamente a distribuição do volume específico das formulações de pães. F2 (100% goma xantana), apresenta o maior volume específico, F4 (50% goma xantana e 50% *psyllium*) e F5 (50% goma xantana e 50% HPMC) apresentam os menores valores.

É sabido que pães ausentes de glúten possuem dificuldades no crescimento, pois suas estruturas apresentam uma baixa capacidade de expansão (RIGO & CARVALHO, 2015). Em contrapartida, ao comparar o resultado da formulação controle (F8); cujo volume específico é de $1,924 \text{ mLg}^{-1}$ com o estudo feito por Moreira (2007) utilizando farinha de arroz, cujos pães apresentaram volume específico de $1,79 \text{ mLg}^{-1}$, verifica-se que o volume específico dos pães produzidos com farinha de sorgo

apresentam-se em vantagem aos produzidos com farinha de arroz.

Produziram pães com farinha de arroz adicionados de *psyllium* em diferentes concentrações e HPMC na concentração de 2,2%. A formulação que apresentou maior semelhança aos pães do presente trabalho foi a que utilizou a quantidade de *psyllium* de 2,5% em relação a 100 g de farinha, obtendo um volume específico de $2,4 \text{ mLg}^{-1}$. Comparando com a F6, do atual trabalho, que também empregou a mistura de HPMC e *psyllium* e teve o volume específico de $1,88 \text{ mLg}^{-1}$, na literatura traz um volume um pouco maior (CAPPA et al., 2013). Porém, o presente trabalho aborda outro tipo de farinha e uma concentração de 1,87% de *psyllium* e 1,87% HPMC.

Marston et al. (2016) realizaram gelatinização da farinha de sorgo antes de misturá-la com os demais ingredientes e HPMC como espessante, semelhante ao realizado no presente trabalho. Os autores variaram o tempo de gelatinização em 15, 30 e 45 min e também variaram a temperatura de gelatinização entre 90 e 125°C . Ao analisar o volume específico dos pães obtiveram valores na faixa de $2,62$ a $3,08 \text{ mLg}^{-1}$, pouco acima do encontrado neste trabalho, quando comparado ao mesmo espessante utilizado, HPMC, que obteve volume específico de $1,98 \text{ mLg}^{-1}$. Deve-se considerar que, as condições de gelatinização neste trabalho são de aproximadamente 10 min na faixa de temperatura entre $60 - 65^{\circ}\text{C}$.

Um outro fator capaz de interferir no volume específico é a granulometria da farinha utilizada no preparo da massa. Trappey et al. (2014) avaliaram diferentes granulometrias da farinha de sorgo na elaboração de pães adicionado de espessante e constataram que o maior volume específico, cerca de $2,5 \text{ mLg}^{-1}$, foi obtido na granulometria de 0,15mm (60% de extração da farinha). No presente trabalho o maior volume é de $2,047 \text{ mLg}^{-1}$, próximo ao obtido no estudo citado, sendo que a farinha utilizada no processamento dos pães foi de granulometria de 1,18mm.

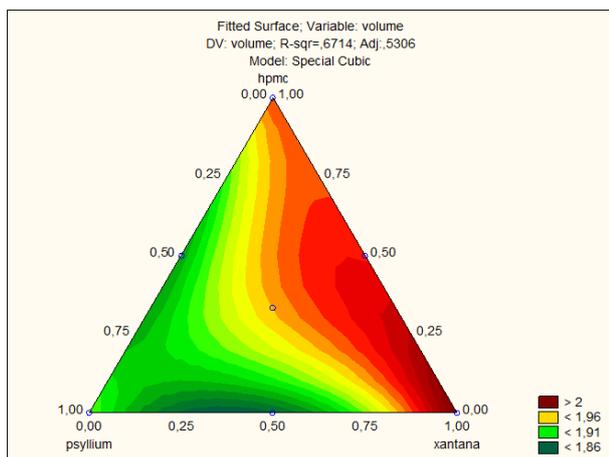


Figura 6. Representação gráfica do volume específico dos pães das oito formulações.

A atividade de água (aw) das formulações apresenta valores acima de 0,9; sendo característicos de pães. O pão que apresenta a maior atividade de água é o F3 (100% de HPMC) e o que resulta na menor atividade de água é a F2 (Tabela 2). Em experimentos realizados com pão branco adicionados de HPMC foi observado aumento de umidade no interior do pão, decorrente da adição do hidrocolóide, resultando em aumento da atividade de água (BARCENAS & ROSELL, 2005). Mariotti et al.

(2009) avaliaram misturas de aditivos (HPMC, goma xantana e carragena) em pães sem glúten, e observou que a atividade de água aumentou com a utilização dos aditivos, concluindo que as interações do amido com os mesmos formam uma rede que aprisiona as moléculas de água durante o processamento.

Análise sensorial

Para a execução da análise sensorial dos pães ausentes de glúten o projeto foi encaminhado ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UTFPR e após aprovação, com parecer de Nº 2.214.424 e após os resultados das análises microbiológicas, que constatou que, os pães estavam dentro dos padrões exigidos pela RDC Nº 12 de janeiro de 2001, realizou-se a análise sensorial.

Para parâmetros de comparação entre os pães, foram escolhidas as seguintes formulações: F1 (100% *psyllium*), a que constata-se resultados não muito satisfatórios no volume específico e na firmeza; F2 (100% goma xantana), a que observa o melhor resultado na firmeza e no volume específico e F8 (controle), sem adição. Na Tabela 3 estão descritos os resultados obtidos em análise sensorial das 3 formulações.

Tabela 3. Resultados da análise sensorial com aplicação da escala hedônica na avaliação das formulações de pães de sorgo ausentes de glúten

Parâmetros	Formulações			Valor de p
	F1	F2	F8	
Cor	6.69±1.60 a	6.81±1.53 a	6.48±1.57 a	0.281 *
Aparência	6.63±1.52 a	6.85±1.50 a	6.63±1.54 a	0.547 *
Odor	7.05±1.57 a,b	7.39±1.31 b	6.90±1.58 a	0.032 **
Sabor	7.20±1.41 a	7.12±1.36 a	6.86±1.55 a	0.186 *
Textura	6.73±1.62 a,b	7.12±1.54 b	6.33±1.77 a	0.020*
Aceitação Global	7.12±1.53 a,b	7.21±1.25 b	6.78±1.33 a	0.045 *
Intenção de Compra	3.79±1.01 b	3.76±0.77 b	3.42±1.13 a	0.009 **

F1 = adicionado de *psyllium*; F2 = adicionado de goma xantana; F8 = controle. Os valores relatados são a média ± desvio padrão; as médias com letras diferentes indicadas em cada uma das colunas diferem significativamente entre si (p < 0,05). * p > 0,05, por meio do teste de Levene. Os valores de p são os da análise ANOVA unidirecional.

Ao analisar a Tabela 3 é possível observar que, todos os parâmetros abordados na escala hedônica apresentam médias acima de 6, sendo um resultado satisfatório. Amostra F8 (controle) é a que apresenta menor pontuação comparada as demais. Isso demonstra que os provadores tiveram preferência pelas amostras que contem aditivos na formulação. O teste de intenção de compra, mostra que as amostras F1 e F2 tem suas médias muito próximas e com pontuação mais alta, mostrando a preferência dos julgadores.

Trabalho elaborado por Marston et al. (2016) realizaram a análise sensorial de pães de sorgo adicionados de misturas de aditivos comparando com o controle, sem adição de aditivos, e também observaram preferência dos julgadores pelas formulações com espessantes.

A adição de fibras de aveia e *psyllium* para melhoramento da massa de pães de trigo, foi avaliada com formulação não adicionada de fibra e foi realizada a análise sensorial. De modo geral, a formulação adicionada com *psyllium* foi a melhor avaliada pelos julgadores (KAMALJIT

et al., 2011). Para melhor visualização e interpretação, os resultados são apresentados na Figura 7 em formato gráfico.

Ogunsakin et al. (2015) avaliaram sensorialmente pães de sorgo com diferentes leveduras e sem adição de espessantes, sendo uma delas a mesma utilizada no presente trabalho, *Saccharomyces cerevisiae*. Ao comparar com o controle (F8), a aceitação global em ambos os trabalhos obtém resultados próximos, 6,78 e 6,58.

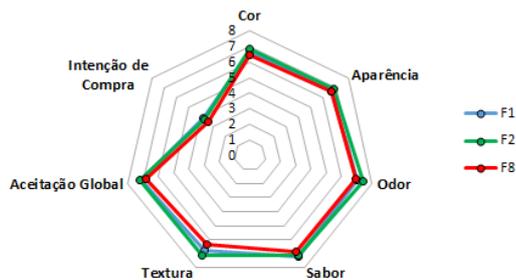


Figura 7. Gráfico dos resultados da escala hedônica para as formulações de pães de sorgo.

Tabela 4. Índice de Aceitabilidade das três formulações escolhidas dos pães de sorgo ausentes de glúten

Formulações	Cor	Aparência	Odor	Sabor	Textura	Aceitação Global	Intenção de Compra
----- % -----							
F1	73,82	73,93	78,22	80,42	74,92	79,42	75,84
F2	75,42	76,43	81,82	78,79	79,12	80,47	75,76
F8	72,28	74,15	77,56	75,69	70,74	75,46	68,20

F1 = adicionado de *psyllium*; F2 = adicionado de goma xantana; F8 = controle.

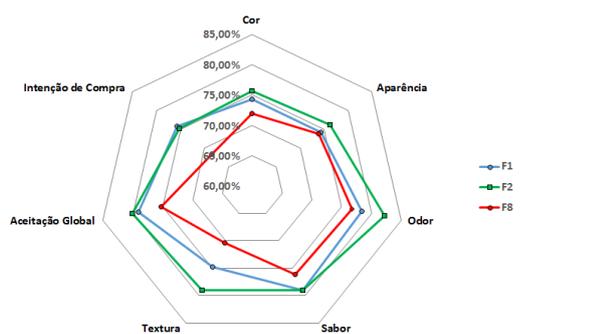


Figura 8. Gráfico do índice de aceitabilidade das formulações de pães de sorgo.

Modelagem matemática da fermentação

Para a realização da modelagem foram selecionadas as formulações utilizadas na análise sensorial; F1 (100% *psyllium*), F2 (100% goma xantana) e F8 (controle - sem aditivos). As Tabelas 5, 6 e 7 trazem o acompanhamento do processo de fermentação dos pães. As Figuras 9, 10 e 11 observa-se como

Na Tabela 4 e a Figura 8, observa-se os índices de aceitabilidade dos atributos para cada formulação dos pães ausentes de glúten. De modo geral segundo os julgadores, os pães apresentam boa aceitação, com exceção da F8 (controle), que apresenta valor menor que 70% para o atributo intenção de compra. Essa formulação apresenta baixa aceitação, uma vez que 70% é o valor mínimo para o índice de aceitabilidade para que um produto seja aceito (DUTCOSKY, 2007).

procedeu o acompanhamento da fermentação das formulações selecionadas.

Ao comparar as formulações que apresentam espessante na massa (F1 e F2) a fermentação da F1 mostra-se acelerada comparado à F2, pois logo nos dois minutos iniciais, seu volume já havia aumentado de 1 mL e este comportamento progressivo foi constante. Porém, nos 5 cinco minutos finais o crescimento desacelerou. Por outro lado, a fermentação F2 obteve um crescimento significativo nos últimos 5 minutos, resultando em um volume maior que a F1. Segundo Stail et al. (2013), essas variações no crescimento estão ligadas a diversos fatores como, a composição da massa, temperatura e umidade do meio e substrato disponível para o desenvolvimento dos microrganismos.

No caso da F8, a qual não recebeu adição de espessante, o processo de crescimento da massa foi desacelerado, comparado a F1 e F2. F8 apresenta crescimento significativo após 12 minutos de incubação e até o tempo final (32

minutos), obtendo volume maior que F1. Uma característica interessante quando se observa os resultados, é a presença de bolhas de ar no interior da massa, esta característica está diretamente ligada à produção de gás pelos microrganismos. Também é nítida a percepção quanto ao tamanho das bolhas de ar, sendo F8 a

que apresenta bolhas menores comparadas as outras duas formulações. Este fenômeno é causado pela composição da massa, ou seja, a presença de espessantes interfere no tamanho e na quantidade das bolhas de ar presentes na massa.

Tabela 5. Tempo de fermentação e os respectivos volumes observados na proveta da formulação 1 (*psyllium*)

Formulação 1										
Tempo (min)	0	2	4	6	9	12	17	22	27	32
Volume (mL)	20,0	21,0	21,0	22,0	22,0	23,0	25,0	28,0	37,0	41,0

Tabela 6. Tempo de fermentação e os respectivos volumes observados na proveta da formulação 2 (goma xantana)

Formulação 2										
Tempo (min)	0	2	4	6	9	12	17	22	27	32
Volume (mL)	20,0	20,0	21,0	21,0	22,0	22,0	25,0	28,0	35,0	44,0

Tabela 7. Tempo de fermentação e os respectivos volumes observados na proveta da formulação 8 (controle)

Formulação 8										
Tempo (min)	0	2	4	6	9	12	17	22	27	32
Volume (mL)	20,0	20,0	20,0	21,0	22,0	23,0	26,0	31,0	38,0	43,5

A Tabela 8, observa-se os resultados obtidos na modelagem matemática das fermentações de F1 (100% *psyllium*), F2 (goma xantana) e F8 (controle). Verifica-se que os dados experimentais da fermentação de F1 ajustam-se aos modelos propostos, pois os R^2 são maiores que 0,9 e $REQM$ menores que 5%.

Segundo Mingoti (2005), a Raiz Quadrada do Erro Quadrático Médio ($REQM$), que avalia a adequabilidade do modelo, mostra um índice de discrepância entre a matriz de covariância amostral e a matriz de covariância obtida através do modelo fatorial, apresentando uma amplitude compreendida entre 0 e 1, sendo que, quando mais próximo de zero melhor o ajuste do modelo.

Nas Figuras 9 e 10, observa-se os dados experimentais do comportamento da

fermentação da F1 (100% *psyllium*) para ambos os modelos. Os dados experimentais que expressa o comportamento da fermentação em ambos os modelos da F2 (100% goma xantana) estão apresentados nas Figuras 11 e 12, e os dados experimentais da F8 (controle) estão apresentados nas Figuras 13 e 14.

Considerando que o cálculo do tempo e da taxa de crescimento são aspectos importantes nos processos de fermentação, é possível verificar que os dois modelos são adequados para descrever os dados experimentais da fermentação de pães sem glúten nas formulações 1 e 8. Porém, para a formulação 2 o modelo Gompertz não representa os dados experimentais.

Tabela 8. Coeficiente de determinação (R^2), raiz do erro quadrático médio percentual ($REQM$) e coeficientes do modelo de Velhust e Gompertz aplicados para o ajuste dos dados experimentais da fermentação de pães ausentes de glúten

Formulação	Modelo	R^2	$REQM$ (%)	*r	**A
1	Velhust	0,914	4,578	0,0239	-
	Gompertz	0,908	4,873	-	0,0027
2	Velhust	0,902	6,165	0,0239	-
	Gompertz	0,896	6,575	-	0,0027
8	Velhust	0,962	2,628	0,0239	-
	Gompertz	0,958	2,940	-	0,0027

*r=coeficiente de crescimento da referida população modelo de Velhust; **A=taxa constante de crescimento da massa modelo de Gompertz.

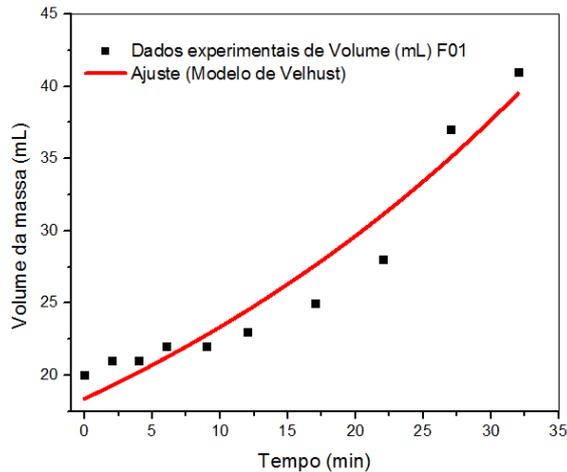


Figura 9. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F1 (*psyllium*), ajustados pelo modelo de crescimento por Velhust.

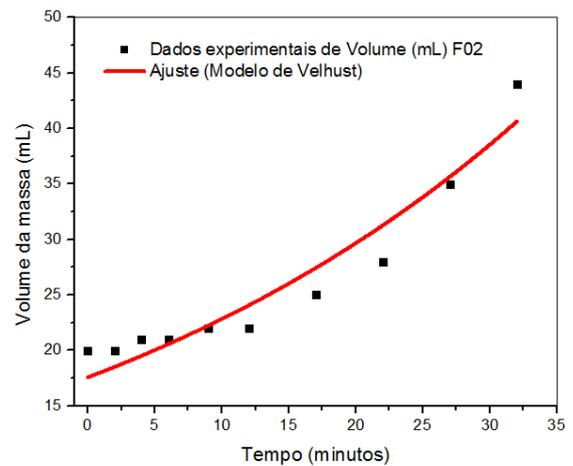


Figura 11. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F2 (goma xantana), ajustados pelo modelo de crescimento por Velhust.

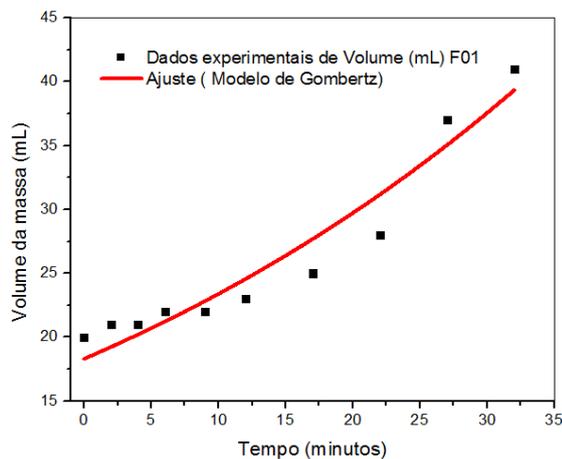


Figura 10. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F1 (*psyllium*), ajustados pelo modelo de crescimento por Gompertz.

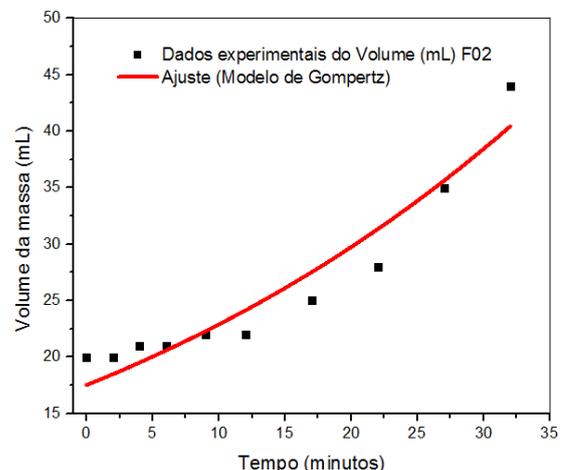


Figura 12. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F2 (goma xantana) ajustados pelo modelo de crescimento Gompertz.

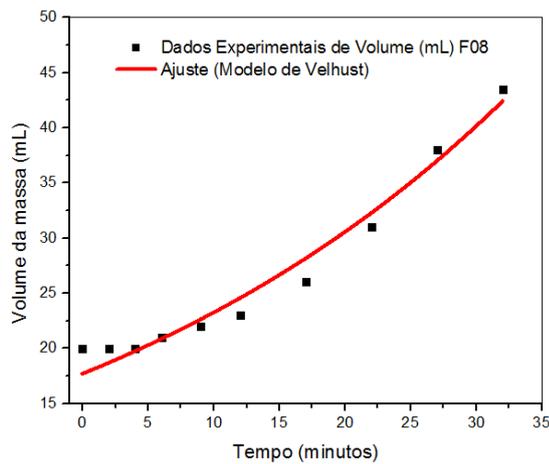


Figura 13. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F8 (controle), ajustados pelo modelo de crescimento por Velhurst.

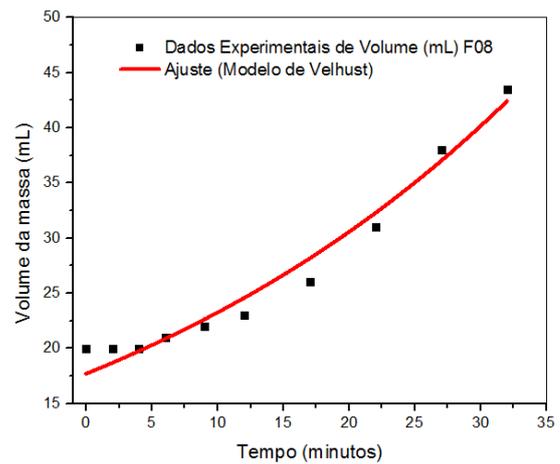


Figura 16. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F8 (controle), ajustados pelo modelo de crescimento por Velhurst.

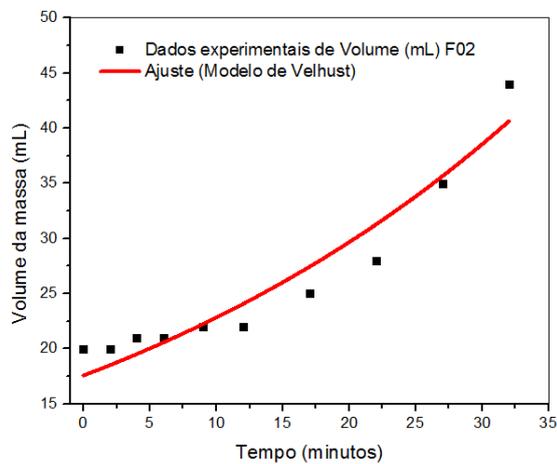


Figura 14. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F8 (controle), ajustados pelo modelo de crescimento por Gompertz.

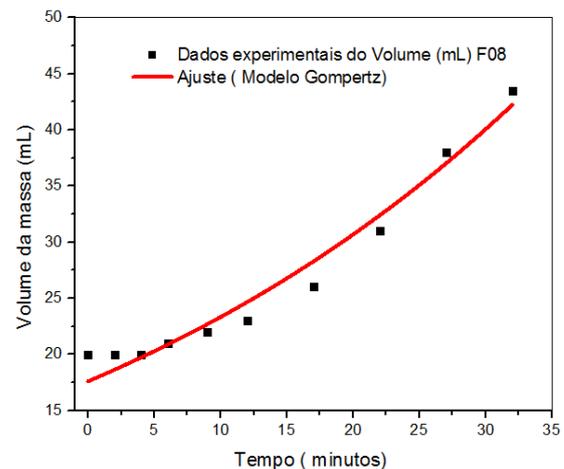


Figura 17. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F8 (controle), ajustados pelo modelo de crescimento por Gompertz.

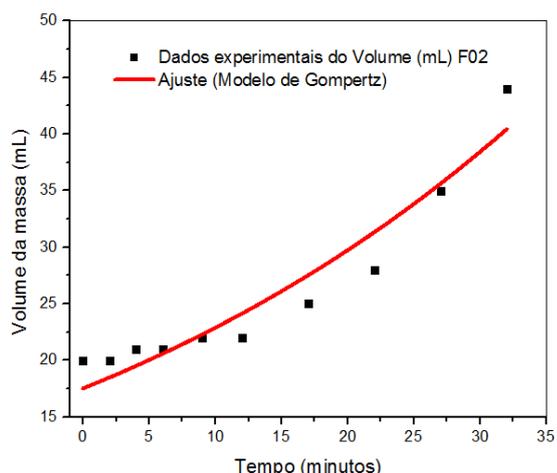


Figura 15. Dados experimentais do volume da fermentação pelo tempo da F2 (goma xantana), ajustados pelo modelo de crescimento por Gompertz.

Conclusão

Os pães produzidos apresentaram coloração marrom avermelhada e aqueles adicionados de *psyllium* tiveram maior luminosidade comparado com o controle. A formulação que apresentou maior maciez e maior volume específico foi a adicionada de 100% de goma xantana e as que apresentaram os piores resultados para essas características foram as adicionadas de 100% de *psyllium* e a mistura 50% *psyllium* e 50% de goma xantana.

As 3 formulações analisadas no teste de escala hedônica, apresentaram resultados acima de 6 para todos os quesitos. Na intenção de compra as formulações com *psyllium* e goma xantana foram as melhores aceitas e o mesmo resultado se apresentou no índice de aceitabilidade, no qual, apenas o controle obteve nota abaixo de 70%, evidenciando que a

adição de espessantes à massa dos pães foi de preferência dos julgadores, uma vez que estes aditivos melhoraram as características tecnológicas do produto.

Para a modelagem da fermentação dos pães ausentes de glúten o melhor modelo que apresentou R^2 superior a 0,9 e $REQM$ menor que 5 % para todas as formulações testadas foi o modelo de Velhunst.

Referencias

AACC. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. Approved Methods Committee, St. Paul, 9 ed. v.1 - 2, 1995.

AFIFY, A.; EL-MONEIM M. R.; EL-BELTAGI, H. S.; EL-SALAM, S. M. A.; OMRAN, A. A. Bioavailability of iron, zinc, phytate and phytase activity during soaking and germination of white sorghum varieties. PLoS ONE, v.6, n.10, p.1-7, 2011.

ALMEIDA FILHO, J. E. DE; TARDINI, F. D.; DAHER, R. F.; SILVA, K. J. DA; XAVIER NETO, J. B.; BASTOS, E.; LOPES, V. DA S.; BARBÉ, T. DA C.; MENEZES, C. B. Agronomic evaluation of grain sorghum hybrids, cultivated on second season in different regions of Brazil. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.13, n.1, p.82-95, 2014.

ANGLANI, C. Sorghum for human food - A review. Plant foods for human nutrition, v.52, n.1, p.85-95, 1998.

BÁRCENAS, M. E.; ROSELL, C. M. Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread. Food Hydrocolloids, v.19, n.6, p.1037-1043, 2005.

BRASIL. Resolução nº 12 de 02/01/2001. RDC nº 12: Padrões Microbiológicos para Alimentos. ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_12_2001.pdf/15ffddf6-3767-4527-bfac-740a0400829b. Acesso em: 16 de abril de 2019.

BRITO, V. H. DOS S.; CEREDA, M. P. Método para determinação de volume específico como padrão de qualidade do polvilho azedo e sucedâneos. Food Technology, v.18, p.14-22, 2015.

CAPPA, C.; LUCISANO, M.; MARIOTTI, M. Influence of Psyllium, sugar beet fibre and water on gluten-free dough properties and bread quality. Carbohydrate Polymers, v.98, n.2, p.1657-1666, 2013.

CARDOSO, L. DE M.; PINHEIRO, S S.; CARVALHO, C. W. P. DE; QUEIROZ, V. A. V.; MENEZES, C. B. DE; MOREIRA, A. V. B.; BARROS, F. A. R. DE; AWIKA, J. M.; MARTINO, H. S. D.; PINHEIRO-

SANT'ANA, H. M. Phenolic compounds profile in sorghum processed by extrusion cooking and dry heat in a conventional oven. Journal of Cereal Science, v.65, p.220-226, 2015.

COLLAR, C.; JIMÉNEZ, T.; CONTE, P.; FADDA C. Impact of ancient cereals, pseudocereals and legumes on starch hydrolysis and antiradical activity of technologically viable blended breads. Carbohydrate Polymers, v.113, p.149-158, 2014.

CZUCHAJOWSKA, Z.; PASZCZYNSKA, B.; POMERANZ, Y. Functional Properties of Psyllium in Wheat-Based Products. Cereal Chemistry, v.69, n.5, p.516-520, 1992.

DUTCOSKY, S. D. Métodos subjetivos ou afetivos. Análise sensorial de alimentos. 2 ed. Champagnat: Curitiba, 2007. p.141-152.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Meat and meat products. Food Outlook Biannual Report On Global Food Markets, Rome, 2014. 143p.

HAGER, A.; ARENDT, E. K. Influence of hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), xanthan gum and their combination on loaf specific volume, crumb hardness and crumb grain characteristics of gluten-free breads based on rice, maize, teff and buckwheat. Food Hydrocolloids, v.32, n.1, p.195-203, 2013.

KAMALJIT, K.; AMARJEET, K.; PAL, S. T. Analysis of Ingredients, Functionality, Formulation Optimization and Shelf Life Evaluation of High Fibre Bread. American Journal of Food Technology, v.6, p.303-313, 2011.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; PAGANI, M. A.; PERRY, K. W. NG. The role of corn starch, amaranth flour, pea isolate, and Psyllium flour on the rheological properties and the ultrastructure of gluten-free doughs. Food Research International, v.42, p.963-975, 2009.

MARSTON, K.; KHOURYIEH, H.; ARAMOUNI, F. Effect of heat treatment of sorghum flour on the functional properties of gluten-free bread and cake. LWT - Food Science and Technology, v.65, n.2016, p.637-644, 2016.

MINGOTI, S. A. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.

MOREIRA, M. R. Elaboração de pré-mistura para pão sem glúten para celíacos. 105f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2007.

OGUNSAKIN, O. A.; BANWO, K.; OGUNREMI, O. R.; SANNI, A. I. Microbiological and

- physicochemical properties of sourdough bread from sorghum flour. *International Food Research Journal*, v.22, n.6, p.2610–2618, 2015.
- PINELI, L. de L. de O.; ZANDONADI, R. P.; BOTELHO, R. B. A.; OLIVEIRA, V. R. de; FIGUEIREDO, L. F. de A. The use of sorghum to produce gluten-free breads (GFB): a systematic review. *Journal of Advanced Nutrition and Human Metabolism*, v.2, n.944, p.1–9, 2015.
- RIGO, M. A.; CARVALHO, K. de. Efeito da adição de farinha de brácteas de bananeira e goma hidroxipropilmetilcelulose (hpmc) nas características físicas, instrumentais e de composição proximal de pão sem glúten. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Curso Superior em Tecnologia de Alimentos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2015.
- TALEON, V.; DYKES, L.; ROONEY, W. L.; BEAN, S. R. Effect of genotype and environment on flavonoid concentration and profile of black sorghum grains. *Journal of Cereal Science*, v.56, n.2, p.470–475, 2012.
- TRAPPEY, E. F.; KHOURYIEH, H.; ARAMOUNI, F.; HERALD, T. Effect of sorghum flour composition and particle size on quality properties of gluten-free bread. *Food Science and Technology International*, v.21, n.3, p.188–202, 2014.
- VARGAS-SOLÓRZANO, J. W.; CARVALHO, C. W. P.; TAKEITI, C. Y.; ASCHERI, J. L. R.; QUEIROZ, V. A. V. Physicochemical properties of expanded extrudates from colored sorghum genotypes. *Food Research International*, v.55, p.37–44, 2014.
- SABANIS, D. L.; TZIA, C. Effect of hydrocolloids on selected properties of gluten-free dough and bread. *Food Science and Technology International*. v.17, n.4, p. 279-291, 2015.
- SCHOBER, T. J.; MESSERCHMIDT, M.; BEAN, S.R.; PARK, S.; ARENDT, E. K. Gluten-free bread from sorghum: Quality differences among hybrids. *Cereal Chemistry*, v.82, n.4, p.394–404, 2005.
- STAIL, B.; OLIVEIRA, D. N.; SCHULTZ, J. A. T. Fermentação do pão: estudo a partir de um experimento matemático. In: Congresso Internacional de Ensino da Matemática, ULBRA, 6, 2013, Canoas. Anais...Canoas, 2013.
- VIEIRA, T. dos S.; FREITAS, F. V.; SILVA, L. A. A.; BARBOSA, W. M. Efeito da substituição da farinha de trigo no desenvolvimento de biscoitos sem glúten. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.18, n.4, p.285–292, 2015.

Capítulo 3**AMPLIAÇÃO DA COLETA SELETIVA NO BAIRRO MALVINAS, CAMPINA GRANDE-PB:
ESTRATÉGIA PARA FAVORECER O EXERCÍCIO PROFISSIONAL DE CATADORES DE
MATERIAIS RECICLÁVEIS****José Belarmino dos Santos Sobrinho¹****Matheus Urtiga Sousa²****Elaine Cristina dos Santos Araújo³****Monica Maria Pereira da Silva⁴**¹Graduando em Ciências Biológicas CCBS/UEPB, jbelosobrinho@hotmail.com²Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais/UFPG, matheusurtiga@gmail.com³Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, UEPB/PPGCTA, Crys_lainne@yahoo.com.br⁴Dra. Professora Aposentada, Colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental/UEPB, monicaea@terra.com.br**Introdução**

O desenvolvimento populacional e tecnológico exige cada vez mais a exploração dos recursos da Terra. Inevitavelmente essa exploração vem ocorrendo de forma desordenada e descontrolada, causando graves impactos negativos ao meio ambiente, para o próprio ser humano e demais seres vivos (MAIA et al., 2015a).

Contemporaneamente, a sociedade presencia uma crise socioambiental decorrente da percepção imediatista, egocêntrica e reducionista, caracterizada por considerar a produção de bens e consumo, visando o lucro e contribuindo dessa forma, para o modelo de desenvolvimento econômico predominante, o capitalismo (SANTOS et al., 2015).

Segundo Sousa (2011) e Peneluc e Silva (2008), uma das grandes preocupações originadas por essa crise consiste na geração desenfreada de resíduos sólidos urbanos, os quais não podem ser decompostos, ou são degradados com extrema morosidade, podendo atingir, com o passar do tempo, a capacidade suporte dos ecossistemas.

A busca por alternativas ecologicamente viáveis, socialmente justa, ambientalmente corretas e capazes de trazer soluções a problemática derivada da falta de tratamento dos resíduos sólidos, é um dos temas que expressa grande desafio a sociedade atual (MAIA et al., 2015b).

A gestão integrada de resíduos sólidos prevista na Lei 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, compreende um conjunto de ações com o intuito de direcionar soluções para a problemática de resíduos sólidos, sob a

premissa do desenvolvimento sustentável. Dentre os processos viáveis, destaca-se a coleta seletiva na fonte geradora (BRASIL, 2010). Os resíduos sólidos quando previamente separados, podem ser reciclados e/ou reutilizados, contribuindo para a melhoria das condições de trabalho e renda de catadores de materiais recicláveis, podendo também proporcionar o encaminhamento dos resíduos ao destino e disposição finais ambientalmente adequados e sustentáveis (MAIA et al., 2012; 2015a).

O processo para coleta, triagem, armazenamento e tratamento dos resíduos urbanos, só será possível a partir da sensibilização, mobilização e formação dos líderes comunitários que atuam numa determinada área visando à adoção dos princípios da corresponsabilidade e sustentabilidade (SILVA, 2012).

A educação é um fator preponderante, pois permite a formação de cidadãos críticos e ambientalmente conscientes e, desse modo, mentores de uma sociedade centrada nos princípios da justiça e sustentabilidade (JUSTINO et al., 2012). Constitui num importante instrumento de transformação social, que contribui para construção de conhecimento, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação e/ou preservação do meio ambiente, de acordo com a Lei 9.795/1999 (BRASIL, 1999).

Nesse contexto, objetiva-se com este trabalho analisar a viabilidade de ampliação da coleta seletiva para as ruas situadas no entorno da feirinha local do bairro Malvinas, no município de Campina Grande/PB, enquanto estratégia para favorecer o exercício

profissional e a renda dos catadores de materiais recicláveis organizados em associação.

Material e Métodos

A execução deste trabalho teve por base os princípios da pesquisa participante (THIOLLENT & SILVA, 2007). A pesquisa constituiu no processo de sensibilização e mobilização dos moradores, buscando minimizar os impactos negativos sobre o meio ambiente e sociedade e, praticar o princípio da corresponsabilidade, nas ruas situadas no entorno da matriz da Paróquia Jesus Libertador e no entorno da feirinha, no bairro Malvinas, em Campina Grande–PB.

A execução do trabalho de intervenção foi dividida em três etapas. A primeira etapa foi realizada visitas aos moradores, de porta em porta, com conversas informais, registros fotográficos e entrevista semiestruturada. A entrevista foi realizada com os seguintes questionamentos: conceito de resíduos sólidos, um problema relacionado aos resíduos sólidos no bairro, as causas para a problemática de resíduos sólidos no seu bairro, alternativa para resolver a problemática de resíduos sólidos, reconhecimento do papel dos catadores de materiais recicláveis, disposição final dos resíduos sólidos gerados na cidade e conhecimento sobre programas de Educação Ambiental e interesse em participar.

A segunda etapa consistiu no processo de sensibilização, mobilização e o envolvimento dos líderes comunitários, que participaram de cursos de formação em Educação Ambiental. Para a sensibilização foi realizada a entrega de panfletos explicativos, visitas às famílias e reuniões com os moradores em local previamente agendado, divulgando a importância do projeto para a sociedade, ambiente, saúde e para viabilização do exercício profissional de catadores de materiais recicláveis. Também foram apresentados os resultados obtidos através da implantação da coleta seletiva nas ruas situadas no entorno da Paróquia Jesus Libertador (COSTA, 2014; NASCIMENTO, 2015; SILVA, 2015).

Na terceira etapa foram avaliados os impactos positivos da ampliação da coleta seletiva nas ruas localizadas no entorno da feirinha local, a partir do mapeamento das ruas que aderiam ao projeto, com observação direta, registros fotográficos, acompanhamento do exercício profissional dos catadores de

materiais recicláveis organizados em associação.

Os dados foram analisados de forma quantitativa e qualitativa, usando-se o software Microsoft Office Excel 2010®.

Resultados e Discussão

No que tange ao conceito de resíduos sólidos (Figura 1), para 46% dos entrevistados significa materiais recicláveis, 36% dos entrevistados afirmam que não sabem o significado, enquanto 15% conceituam, como lixo e para 3% compreendem como uma coisa boa.

Verifica-se que, um percentual significativo dos entrevistados expressa confusão conceitual em relação aos resíduos sólidos, confundindo-os com lixo (15%). A falta de compreensão do conceito de resíduos sólidos motiva o destino e a disposição inadequada, ação que desencadeia diferentes impactos negativos ambientais, sociais e econômicos (MAIA et al., 2015).

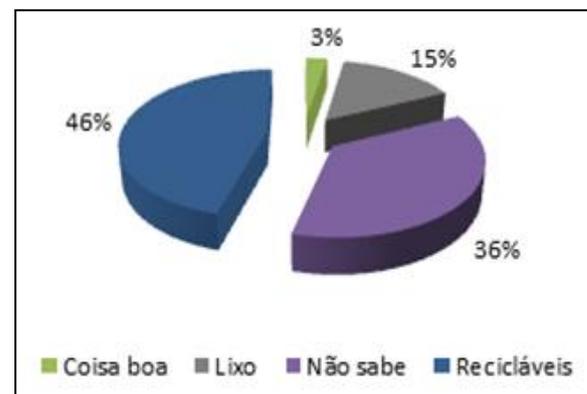


Figura 1. Conceito de resíduos sólidos apresentados pelos entrevistados.

Observa-se que, os conceitos atribuídos, embora diferenciados entre o público avaliado, não tem semelhança com aquele estabelecido na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010c) e com aquele que se encontra incluído na norma apresentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2004).

A Lei 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos faz uma ressalva conceitual em relação ao que se joga fora considerando-os como rejeitos. Esta mudança teve por objetivo provocar alterações de percepção e de hábitos da população brasileira, porque, ao considerar um determinado material como lixo, algo que não serve mais, não há preocupação com a sua destinação e disposição (BRASIL, 2010).

Ancorado na legislação que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólido é possível afirmar que o lixo propriamente dito não existe. Uma vez que os materiais descartados pela sociedade são resíduos sólidos, que depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, passam a ser denominado de rejeitos que não apresentem outra possibilidade a não ser a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010) a qual corresponde à distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (GRIMBERG, 2012).

Quando questionados sobre o problema relacionado aos resíduos sólidos (Figura 2) aponta-se vários, prevalecendo a falta de gestão (39%), seguido da sujeira e mau cheiro (17%). Para 17% dos moradores, os problemas estão relacionados à sujeira e ao mau cheiro. Para outros moradores é preocupante os entupimentos de canais, a proliferação de doenças e vetores.

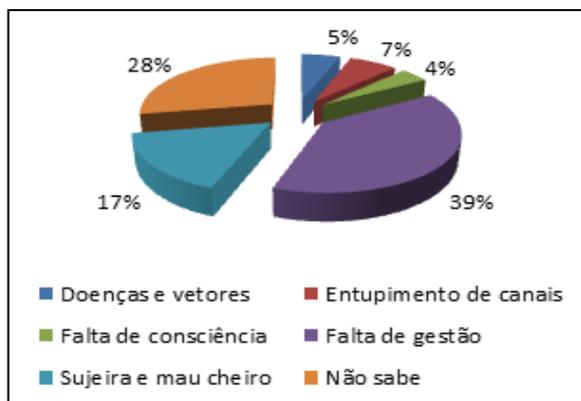


Figura 2. Problemas relacionados aos resíduos sólidos apontados pelos entrevistados.

Destaca-se, que um percentual expressivo dos entrevistados (28%) relata que não sabem indicar um problema relativo aos resíduos sólidos. Logo, explica-se este resultado por falta de conhecimento, assim como, o descompromisso com a coletividade e com o meio ambiente, bem de uso comum, como determina a Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988).

Barbosa (2014), avaliando a percepção de resíduos sólidos de moradores do Distrito de Mororó, Barra de Santana, Paraíba, observou que a maioria dos entrevistados responderam que não faz absolutamente nada, permanece

estacionada e entendem que tais problemas não são de sua responsabilidade, mas do poder público, ou até mesmo de seu vizinho.

Mucelin e Bellini (2008) destacam que, os problemas apontados pelos moradores são aqueles notavelmente destacados em ambientes urbanos.

Sabe-se que a destinação e disposição incorreta dos resíduos sólidos são responsáveis por grande parte da poluição, presença de lixões, fumaça, dentre outros. A partir do momento que a população detém percepção correta sobre o meio ambiente e se considera parte integrante do mesmo, enxerga com mais precisão os problemas ambientais que assolam a comunidade e o planeta em que vive. Fato concordado por Vargas (2005) quando mencionou que para mudança de percepção e atitudes, a prática da Educação Ambiental é imprescindível e corresponde a um processo educativo que através da criticidade, visa estimular o exercício da cidadania comprometido com a conservação e/ou preservação dos ecossistemas, a sustentabilidade e a qualidade de vida.

Quanto à origem da problemática que envolve os resíduos sólidos, a maioria (53%) indicam a falta de educação como causa da existência dos resíduos. Resultado esse, semelhante ao encontrado por Dantas (2017), ao avaliar a gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical, localizado em Campina Grande-PB. O referido autor identificou que, a maioria dos entrevistados apontava a falta de educação como causa para a problemática dos resíduos sólidos no bairro onde o condomínio estava inserido.

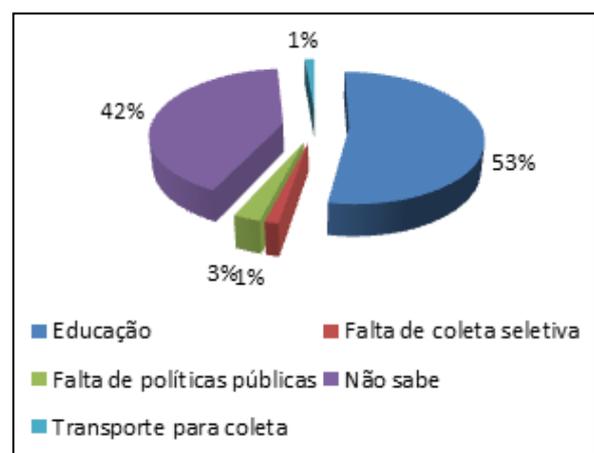


Figura 3. Causas para a problemática dos resíduos sólidos apontadas pelos entrevistados.

Outro resultado é que 42% dos entrevistados não tem conhecimento do conceito de resíduos sólidos, por conseguinte, não sabem apontar as respectivas causas. Para um percentual de 3%, a falta de políticas públicas, seria o equívoco seguido da falta de aplicação.

Conforme Oliveira e Corona (2008), a Educação Ambiental é ferramenta fundamental para resolução desta problemática. Através dela é possível alcançar sensibilização e trabalhar de forma conjunta, as dificuldades e dúvidas relativas à questão ambiental. Através de Educação Ambiental será possível motivar a percepção de que cada um compreende agente na resolução da problemática, assumindo sua a responsabilidade como coparticipe, não apenas repassando o problema para outra esfera da sociedade, como foi apontado neste caso também, o poder público.

Para Thiollent (2007), a participação de grupos sociais da população implica em que sejam capazes de perceber claramente os problemas existentes em determinada realidade elucidar suas causas e determinar os meios de resolvê-los.

Sobre as alternativas para resolução da problemática de resíduos sólidos (Figura 4), 36% dos entrevistados revelam que não sabem das medidas necessárias para mitigar os impactos negativos que afetam os diferentes sistemas ambientais quando não ocorre a gestão dos resíduos sólidos.

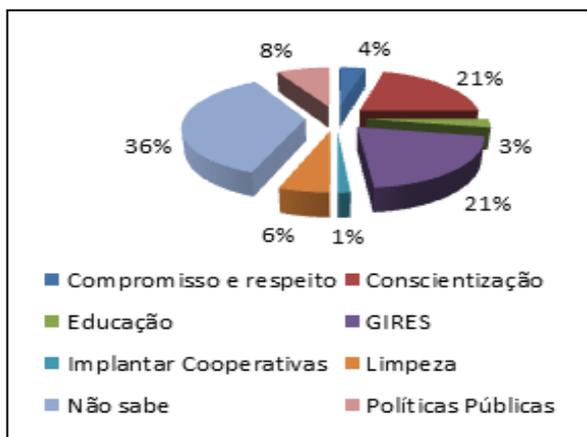


Figura 4. Alternativas para problemática de Resíduos Sólidos na visão dos entrevistados.

Para resolver a problemática dos resíduos sólidos (Figura 4), prevalece as alternativas apontadas pelos participantes da coleta seletiva, a Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - GIRES e conscientização. Observa-se a urgente necessidade da implantação de gestão

dos resíduos sólidos aliados ao processo de Educação Ambiental, como um caminho mais viável para diminuir essa problemática.

As políticas públicas são indicadas por 8% dos participantes, como, sugestões de limpeza nas áreas do bairro, comprometimento, respeito e educação para com o meio ambiente, e implantação de organizações de catadores de materiais recicláveis, cooperativas ou associações.

No Brasil a geração de resíduos sólidos urbanos é um problema grave para as cidades e para o poder público, principalmente quando este se estabelece em nível municipal, uma vez que a maioria destes não tem infraestrutura que auxilie na resolução do problema (BENSEN, 2006; COSTA, 2014; COSTA, 2016; DANTAS, 2017). Peneluc e Silva (2008) mencionam que, a Educação Ambiental aplicada à gestão de resíduos sólidos contribui para mudança de atitudes, de forma qualitativa e continuada, mediante um processo educacional crítico, conscientizado e contextualizado. Além disso, a Lei 12.305/10 determina que todos os atores que integram a responsabilidade compartilhada devem atuar em parceria com os catadores de materiais recicláveis, objetivando a inclusão social e emancipação econômica desses trabalhadores (BRASIL, 2010).

No reconhecimento do serviço realizado pelos catadores de materiais recicláveis (Figura 5) a maioria dos entrevistados, representando 71%, revelam reconhecer o papel dos catadores de materiais recicláveis e conhecer de sua importância para o meio ambiente. Por outro lado, 19% declaram não reconhecer o papel desses profissionais, nem da sua importância. Outros 10% não sabem responder.

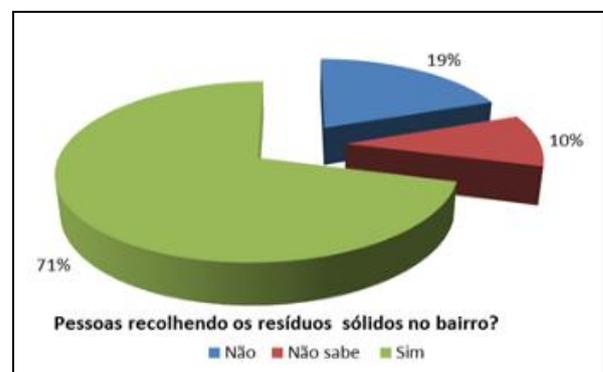


Figura 5. Reconhecimento do papel dos catadores de materiais recicláveis pelos entrevistados.

Observa-se que maioria das famílias do bairro demonstram interagir e apresentar boa

receptividade com os catadores de materiais recicláveis, confirmando satisfação pelo serviço prestado.

Segundo a Prefeitura Municipal de Campina Grande (PMCG, 2017), o protagonismo desses trabalhadores revela-se altamente positivo no campo econômico, por consolidar a ciclagem da matéria-prima para a confecção de novos produtos, reduzindo, dessa forma, as demandas por energia e por extração de recursos naturais. Nesta perspectiva, fortalece a economia local, regional e nacional e permite a inclusão socioeconômica de centenas de famílias que ainda se encontram à margem da sociedade, sem usufruir dos direitos básicos previstos nos artigos 6º e 7º da Constituição Federal de 1988.

Os dados refletem que, essa parceria conquistada surgiu a partir das ações referentes à gestão integrada de resíduos sólidos, possibilitando a aproximação da sociedade com os catadores de materiais recicláveis, os quais passaram a ter aceitabilidade social e reconhecimento profissional. Para Maia (2013), esses profissionais são bem recebidos pela comunidade, a qual construiu com os mesmos uma relação de confiabilidade e os reconhece como verdadeiros agentes da gestão ambiental.

Quanto à disposição final dos resíduos sólidos gerados (Figura 6), verifica-se divergências entre as respostas dos moradores, pois 46% dos entrevistados reconhecem não ter conhecimento acerca da disposição empregada aos resíduos sólidos no município; 28% relatam que os resíduos sólidos de suas residências são conduzidos ao lixão e, para 23% o aterro sanitário é o método adequado para disposição dos resíduos.

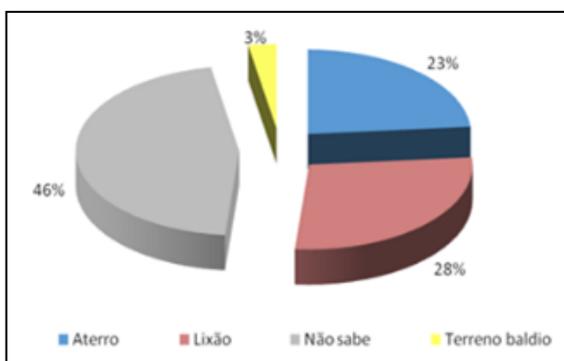


Figura 6. Disposição final dos resíduos sólidos gerados nas residências dos participantes da pesquisa.

Constata-se que, 46% dos participantes da pesquisa não tem conhecimento do tipo de

disposição final dado aos resíduos sólidos por eles originados, demonstrando que, o público estudado ainda não está empoderado do princípio de responsabilidade compartilhada, ou seja, todos são responsáveis pelos resíduos sólidos gerados. Este é um fato determinante na efetivação dos objetivos previstos na Lei 12.305/2010, principalmente no que se refere à redução da produção de resíduos sólidos.

Segundo Maia (2013), o aterro sanitário privado, localizado no município de Catolé de Boa Vista-PB, passou a receber os resíduos sólidos gerados de Campina Grande, todavia, a ausência de coleta seletiva em nível municipal contribuiu para o encaminhamento desses resíduos sem seleção e tratamento prévio, reduzindo a vida útil do local.

Há de certo modo, ausência de transparência por parte dos gestores públicos acerca do manejo que os resíduos sólidos vêm recebendo (CAVALCANTE, 2014). Os resíduos sólidos urbanos são tratados como problema secundário, algo que deveria ser evitado, e depositado longe da população (RIBEIRO & SILVA, 2014; 2015). É importante destacar que este tipo de situação promove a ausência de conhecimento, por conseguinte, dificulta o empoderamento da população sobre a gestão dos resíduos sólidos urbanos e a adoção do princípio de corresponsabilidade. Corroborando com o preocupante quadro da gestão inadequada de resíduos no município de Campina Grande (MAIA et al., 2015).

Em contrapartida, Maia et al. (2012) citam que, a implantação da coleta seletiva em bairros de Campina Grande motivou a sensibilização da comunidade acerca dos problemas ambientais e conseqüentemente, provocou mudanças de hábitos, no entanto, ainda não foi suficiente para modificar o cenário de forma geral no município.

Ao serem indagados acerca do conhecimento de projetos em Educação Ambiental (Figura 7), 17% relatam dos projetos de Educação Ambiental realizados pela comunidade Jesus Libertador, e outros 33% dos entrevistados, citam o programa de entrega voluntária da ENERGISA.

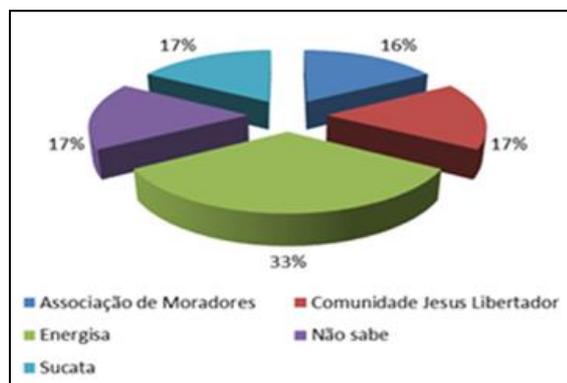


Figura 7. Conhecimento de projetos em Educação Ambiental pelos entrevistados.

A companhia de energia elétrica e serviços correlatos do estado da Paraíba (ENERGISA), desenvolveu um programa denominado de conta cidadã, com intuito de promover aos cidadãos a troca dos materiais recicláveis por descontos no valor da conta de energia. Os moradores tinham que separar, higienizar e destinar os materiais recicláveis aos pontos de coleta voluntária. Contudo, a ação gerou prejuízos significativos à renda dos catadores de materiais recicláveis associados, cooperados e informais do estado da Paraíba. Ironicamente o programa apresentou interesse em vender os resíduos recicláveis aos profissionais da catação, contrariando as diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o que promoveu denúncia ao Ministério Público, sendo proibida sua prática em todo o estado.

Em relação aos vários projetos na área de Educação Ambiental voltados à gestão integrada de resíduos sólidos, que foram aplicados no local objeto deste estudo por Bispo (2013), Costa, (2014; 2016) e Nascimento (2015), é lamentável a falta de conhecimento ambiental e ao mesmo tempo denota a necessidade de estimular e ampliar os trabalhos no bairro Malvinas para que, mais pessoas tenham conhecimento do projeto e passem a contribuir para a gestão integrada de resíduos sólidos, o que pode resultar na mudança de percepção dos diferentes atores sociais sobre a problemática dos resíduos sólidos no bairro, expressando a necessidade de resolvê-los.

Para Jacobi (2005), a falta de informação, a falta de consciência ambiental e déficit de práticas comunitárias baseadas na coparticipação e no envolvimento dos cidadãos, promovem uma postura de dependência e de não responsabilidade da população na gestão ambiental.

Impactos Positivos

A partir dos questionamentos verifica-se a necessidade de realizar cursos de educação ambiental. Foram realizados com moradores, líderes comunitários e comunidade, trabalhos de formação por meio de estratégias em Educação Ambiental, sensibilizando a comunidade para a problemática de resíduos sólidos.

A ação dos catadores de materiais recicláveis no bairro vem contribuindo para maior proximidade com a comunidade local, promovendo o reconhecimento e a valorização dos profissionais da catação, ao motivar a seleção prévia dos resíduos sólidos na fonte geradora, agregando valor econômico ao produto e evitando contato dos catadores de materiais recicláveis com materiais contaminados.

Conclusão

Os trabalhos realizados no bairro Malvinas, em Campina Grande-PB apresentaram respostas da comunidade para a problemática dos resíduos sólidos quanto à sensibilização, havendo mudanças na realidade dos grupos envolvidos.

A ação dos catadores de materiais recicláveis no bairro vem contribuindo para maior proximidade com a comunidade local, promovendo o reconhecimento e a valorização desses profissionais.

Foram identificados impactos positivos em decorrência das ações de Educação Ambiental no bairro alvo deste estudo, dentre os quais, a implantação da coleta seletiva e diminuição da quantidade de resíduos sólidos recicláveis que se transformaria em lixo.

Conclui-se que há viabilidade de ampliação da coleta seletiva para as ruas no bairro Malvinas, em Campina Grande-PB, e esta ampliação aponta para a gestão integrada de resíduos sólidos e favorecerá, conseqüentemente a inserção socioeconômica de catadores de materiais recicláveis.

Referências

- ABIPET. Associação Brasileira da Indústria do PET. Brasília, 2008. 25p. Disponível em: <<http://www.abipet.org.br/index.html>>. Acesso em: 27 de dezembro de 2018.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR, 10004:2004: Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao->

De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 28 de dezembro de 2018.

BARBOSA, L. B. Percepção de resíduos sólidos de moradores do distrito de Mororó, Barra de Santana, Paraíba. 70f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Licenciatura em Ciências Biológicas). Departamento de Ciências Biológicas. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2014.

BENSEN, G. R. A. Programas municipais de coleta seletiva em parcerias com organizações de catadores na região metropolitana de São Paulo: desafios e perspectivas. 195f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública). Programa de Pós-graduação em Saúde Pública. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.

BISPO, A. Educação Ambiental na formação de líderes comunitários: um instrumento de inserção da temática ambiental na comunidade do bairro das Malvinas em Campina Grande-PB. 47f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2013.

BRASIL. Política Nacional de Educação Ambiental. Lei. 9.795 de 27 de abril de 1999. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9795.htm>. Acesso em: 05 de março de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama no 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução Conama no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Diário Oficial da União, Brasília, 17 ago. 2004. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 05 de março de 2019.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei 12.305/2010. Brasília, 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 05 de março de 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos - 2008. Brasília: SNSA/Cidades, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/index.php/saneamento>>. Acesso em: 05 de março de 2019.

BRASIL. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 12 de abril de 2018.

CAVALCANTE, L. P. S. Educação ambiental como instrumento para mitigar os riscos inerentes à profissão de catadores e catadoras de materiais recicláveis em Campina Grande-PB. 137f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2014.

COSTA, M. P. Viabilização do exercício profissional de catadores e catadoras de materiais recicláveis que atuam no bairro das Malvinas, em Campina Grande-PB. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2014.

COSTA, M. P. Alternativas tecnológicas para coleta seletiva e viabilização do exercício profissional de catadores e catadoras de materiais recicláveis, no bairro Malvinas, Campina Grande-PB. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

D'ALMEIDA, M. L. O.; VILHENA, A. Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT: CEMPRE, 2000. 374p.

DANTAS, M. T. N. S. Gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical: possibilidades e desafios. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2017.

GRIMBERG, E. Novo Padrão de Gestão de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.direitoacidade.org.br/artigos.asp>. Acesso em: 06 mar. 2019.

JACOBI, P. R.; VIVEIROS, M. Da vanguarda à apatia, com muitas suspeitas no meio do caminho - gestão de resíduos sólidos domiciliares em São Paulo entre 1989 e 2004. In: JACOBI, P. (Org.). Gestão compartilhada de resíduos sólidos no Brasil - Inovação com inclusão social. São Paulo: Annablume, v.1, p.17-64, 2006.

JUSTINO, E. D.; CAVALCANTE, L. P. S.; SOUZA, D. M.; SILVA, E. H.; SILVA, M. M. P. Avaliação dos impactos sobre a percepção ambiental dos diferentes atores sociais provocados pelo curso de agentes multiplicadores em educação ambiental, Campina Grande-PB. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 3, 2012, Goiânia. Anais... Goiânia, 2012.

MAIA, H. J. L.; SILVA, P. A.; CAVALCANTE, L. P. S.; SOUZA, M. A.; SILVA, M. M. P. Impactos positivos advindos com a implantação da coleta seletiva no bairro de Santa Rosa, Campina Grande-PB.

- In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 3, 2012, Goiânia. Anais... Goiânia, 2012.
- MAIA, H. J. L.; CAVALCANTE, L. P. S.; OLIVEIRA, A. G.; SILVA, M. M. P. Educação ambiental: instrumento de mudança de percepção ambiental de catadores de materiais recicláveis organizados em associação. Revista Monografias Ambientais, v.13, n.13, p.2797-2806, 2013.
- MAIA, H. J. L.; BARBOSA, E. M.; SILVA, M. M. P.; SOUZA, M. A. Legislação internacional sobre resíduos sólidos: exemplos de países desenvolvidos. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28, 2015, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ABES, 2015b.
- MAIA, H. J. L.; FREITAS, J. P.; ALENCAR, L. D.; CAVALCANTE, L. P. S.; BARBOSA, E. M. Legislação ambiental da Paraíba: contribuições à gestão integrada de resíduos sólidos. Revista Monografias Ambientais, v.14, n.1, p.14-19, 2015a.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. 6º Ed, São Paulo, Atlas, 2007. 320p.
- MARIGA, J. T. Resíduos sólidos e Meio Ambiente Urbano. Revista Varia Scientia, v.5, n.10, p.177-187, 2006.
- MEDEIROS, L. F. R.; MACÊDO, K. B. Catador de material reciclável: uma profissão para além da sobrevivência. Revista Psicologia e Sociedade, v.18, n.2, p.62-71, 2006.
- MENDOZA, H. V.; RODRIGUEZ, H. A.; VASCONCELOS, E. M.; MOYA, M. E. C.; FABIOLA, A. Situación de la separación de residuos sólidos urbanos en Santiago, Nuevo León, México. Ciência Uanl, v.13, n.3, p.254-260, 2010.
- MOTA, M. A. V. Do lixo à cidadania. Revista Democrática Viva, n.27, p.3-8, 2005.
- MUCELIN, C. A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. Sociedade & Natureza, v.20, n.1, p.111-124, 2008.
- NASCIMENTO, J. M. Alternativas Tecnológicas para melhoria do exercício profissional dos catadores de materiais recicláveis associados à ARENSA. 69f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2013.
- NASCIMENTO, C. R. Alternativas tecnológicas para viabilização do exercício profissional e inclusão social de catadores de materiais recicláveis. 98f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2015.
- OLIVEIRA, K. A.; CORONA, H. M. P. A percepção ambiental como ferramenta de propostas educativas e de políticas ambientais. Anap Brasil, v.1, n.1, p.53-72, 2008.
- PENELUC, M. DA C.; SILVA, S. A. H. Educação ambiental aplicada à gestão de resíduos sólidos: análise física e das representações sociais. Revista Faced, n.14, p.35-165, 2008.
- PMCG. Prefeitura Municipal de Campina Grande. Termo de referência para contratação de serviços de coleta seletiva dos resíduos sólidos urbanos secos reutilizáveis e recicláveis. Campina Grande-PB, 2017. Disponível em: <<http://www.mncr.org.br/...para-coleta-seletiva/termo-de-referencia-de-coleta-seletiva-emca...>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.
- RIBEIRO, L. A.; SILVA, M. M. P. Educação ambiental para o desenvolvimento de tecnologias de coleta e transporte para catadores de materiais recicláveis, Campina Grande - PB. In: Congresso Nacional de Educação, 20, 2014, Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2014.
- RIBEIRO, L. A.; SILVA, M. M. P. Tecnologia social para coleta e transporte de resíduos sólidos: uma contribuição ao exercício profissional de catadores de materiais recicláveis. Polêmica, v.15, p.68-89, 2015.
- ROSA, L. G.; LEITE, V. D.; SILVA, M. M. P. Concepção de ambiente e educação ambiental de educadores e educadoras de uma escola de formação inicial em pedagogia, nível médio. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental, v.18, p.1-16. 2007.
- SANTOS, B. D.; RAMOS, M. B.; COSTA, M. P.; SABINO, S. N.; SILVA, M. M. P. Educação ambiental na formação complementar de graduandos de ciências biológicas de uma universidade pública: uma contribuição a inserção da temática ambiental na educação básica. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 28, 2015, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 2015.
- SILVA, C. R. Educação ambiental para gestão integrada de resíduos sólidos no CCBS, Campus I, UEPB. 75f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2012.
- SILVA, M. M. P. Educação ambiental através da extensão universitária transformando vidas humanas. In: CARNEIRO, M. A. B.; SOUZA, M. L. G. Extensão Universitária, Desenvolvimento Regional, Políticas Públicas e Cidadania. Editora Universitárias da UFPB; Editora Realize, p.159-188, Campina Grande - PB: UEPB, 2012.

SOUSA, R. K. S. Avaliação de estratégias em educação ambiental para a gestão integrada de resíduos sólidos domiciliares em um bairro de Campina Grande-PB. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2011.

STOLZ, P. V. A compreensão dos separadores de resíduos sólidos em relação ao seu trabalho, saúde e ambiente. 91f. Dissertação (Mestrado em Educação Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande do Sul, 2008.

TEIXEIRA, I. Vamos cuidar do Brasil: 4ª Conferência Nacional do Meio Ambiente – Resíduos Sólidos. Texto Orientados. 2 Ed. Brasília, 2013. 48p.

THIOLLENT, M.; SILVA, G. O. Metodologia da pesquisa ação na área de gestão de problemas ambientais. Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde, v.1, n.1, p.93-100, 2007.

VARGAS, L. A. Educação ambiental: a base para a transformação político/transformadora na sociedade. Revista Eletrônica de Mestrado em Educação Ambiental, v.15, p.72-79, 2005.

Capítulo 4**TECNOLOGIAS SOCIAIS PARA TRATAMENTO AERÓBIO DE RESÍDUOS SÓLIDOS ORGÂNICOS
APLICADAS NO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE, ESTADO DA PARAÍBA****Elaine Cristina dos Santos Araújo¹****Ivanise Gomes²****Adriana Veríssimo da Silva³****José Belarmino Santos Sobrinho⁴****Monica Maria Pereira da Silva⁵**¹Mestre em Ciência e Tecnologia Ambiental, PPGCT/UEPB, crys_lainne@yahoo.com.br²Mestranda em Ciência e Tecnologia Ambiental, PPGCTA/UEPB, ivanisegomesbio@gmail.com³Bióloga, CCBS/UEPB, verismo-pb@hotmail.com⁴Graduando em Ciências Biológicas, CCBS/UEPB, jbelosobrinho@hotmail.com.⁵ Dra. Profa. Aposentada, UEPB, Colaboradora no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental/UEPB, monicaea@terra.com.br**Introdução**

As demandas e exigências da sociedade contemporânea, assim como, o avanço dos conhecimentos na área de saneamento ambiental, tem motivado pesquisas voltadas ao tratamento de resíduos sólidos orgânicos (SILVA, 2008). O tratamento aeróbio destaca-se por reduzir as possibilidades de produção chorume e gases que contribuem para o efeito estufa (NASCIMENTO et al., 2017).

A compostagem, tecnologia aeróbia de tratamento de resíduos sólidos orgânicos, segundo Andersen et al. (2012), é a biotecnologia mais barata e mais simples na gestão de resíduos sólidos, e tem desempenhado papel importante no tratamento, na minimização e utilização de resíduos sólidos orgânicos produzidos pelas atividades dos municípios, agrícolas e agroindustriais.

Na década de 80, surgiu grande interesse na implantação de usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos orgânicos industrializadas e em grande escala (CHAVES & CONTRERA, 2017). Contudo, a ausência da coleta seletiva na fonte geradora e de programas de Educação Ambiental para sensibilização dos diferentes atores sociais envolvidos, resultou na reduzida eficiência técnica e baixa qualidade do composto final (BARREIRA et al., 2006). Em consequência, várias usinas foram fechadas e as tentativas

de promover o tratamento eficaz da parcela orgânica foram diminuídas (ZURBRÜGG et al., 2003).

Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2012), estima-se que apenas 1,6% dos resíduos sólidos orgânicos são encaminhados ao processo de compostagem. Este dado denota que resíduos sólidos orgânicos estão sendo aterrados diariamente, provocando riscos ao meio ambiente e à saúde pública, além de reduzir a vida útil do aterro sanitário.

Na cidade de Campina Grande-PB, a situação da disposição final de resíduos sólidos não difere do cenário brasileiro. Segundo a secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente, estima-se que são gerados um percentual médio de 580,29 toneladas de resíduos sólidos urbanos (SESUMA, 2014). Estes são encaminhados sem nenhum processo de triagem ou tratamento prévio ao aterro sanitário.

O problema torna-se mais alarmante quando observada a quantidade e qualidade da parcela orgânica. Em pesquisa realizada na cidade, Nascimento (2015) verificou que a produção de resíduos sólidos orgânicos domiciliares corresponde a 68% dos materiais gerados. A autora ainda observou que esses materiais apresentam grande incidência de ovos de helmintos (3,3 ovos/g ST) com viabilidade de 88% do total encontrado.

O desafio que se coloca, é o desenvolvimento de estratégias que busquem possibilitar a atenuação dos diferentes efeitos deletérios e subsidiar o reaproveitamento controlado dos resíduos sólidos orgânicos domiciliares, no intuito de proteger a saúde pública e o meio ambiente (GAZZAR & GOMMA, 2014).

Iniciativas voltadas à implantação de sistemas de compostagem descentralizados, têm sido vistas como promissor para gestão e tratamento da parcela orgânica (SIQUEIRA & ASSAD, 2015). A instalação de sistemas descentralizados em pequena escala em bairros, associações, escolas, feiras livres e instituições tem se tornado fundamental para o alcance dos objetivos da gestão integrada de resíduos sólidos e melhoria da consciência ambiental (ZURBRÜGG et al., 2003; SILVA, 2008; NASCIMENTO, 2015; AZIZ et al., 2016; CHAVES & CONTRARA, 2017).

Os sistemas descentralizados de compostagem, comumente, são mais flexíveis para seu gerenciamento, são próximos aos atores sociais, garantindo maior vigilância em relação à qualidade do produto final; podem se adaptar às necessidades socioeconômicas do grupo envolvido; por serem de baixo custo, favorecerem o aporte de recursos financeiros; reduzem custos municipais com transporte, aterramento, energia e maquinários sofisticados; garantem a maior eficiência da seleção prévia dos resíduos sólidos (ZURBRÜGG et al., 2003). Contribui para o exercício da cidadania e a responsabilidade compartilhada em prol da melhoria da qualidade de vida (NASCIMENTO et al., 2017).

O conhecimento adequado proporcionado aos cidadãos, é primordial para que venham a se tornar aliados ao processo de transformação das cidades em cenários sustentáveis (VIEIRA et al., 2007). Sabendo disso, torna-se necessário o estudo de diferentes experiências de compostagem, com o intuito de identificar a aplicabilidade de novas tecnologias para o tratamento aeróbio da matéria orgânica,

propiciando a diversificação dos sistemas de gestão de resíduos sólidos (SILVA, 2008; SILVA et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2017; ARAUJO, 2018).

A tecnologia social sob o ponto de vista da Educação Ambiental, constitui um importante instrumento para estimular espaços para implementação de alternativas tecnológicas sustentáveis e possibilidades de participação social (JACOB, 2005; SILVA, 2008), além de reconhecer que no processo de construção do conhecimento, ocorrem múltiplas interações influenciadas pela nova ordem econômica e social, e que requerem a participação diferentes atores e várias áreas da sociedade (SILVA, 2008). Haja vista que, o foco constitui incorporar a preocupação com a qualidade ambiental e com a sustentabilidade (GADOTTI, 2007).

Segundo Silva (2008), além dos aspectos técnicos e operacionais, a aplicabilidade da tecnologia deve, sobretudo, delinear a disseminação, empoderamento e a aplicação em escala real. Sendo assim, o entendimento de novas tecnologias pode ajudar as diferentes regiões a serem mais eficientes em suas ações e estimular vários atores sociais a superarem a rejeição referente ao reaproveitamento, tratamento e gerenciamento dos resíduos sólidos orgânicos gerados.

Nessa perspectiva, o presente estudo busca fornecer uma revisão abrangente de estudos sobre tecnologias sociais aplicadas para o tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos em sistemas descentralizados no município de Campina Grande, estado da Paraíba.

Material e Métodos

Para execução deste trabalho foi adotada a pesquisa qualitativa exploratória, sendo considerado levantamento das publicações referentes às tecnologias para o tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba, no espaço temporal de 10 anos publicadas de 2008 a 2018.

Para a pesquisa, foram utilizados trabalhos científicos indexados em bases de dados *online* como: periódicos, eventos nacionais, trabalhos de conclusão de curso, dissertações e teses. O estudo foi realizado a partir do levantamento teórico com base na literatura existente.

O critério de escolha dos trabalhos fora aquele que contemplava a temática estabelecida sobre tecnologias para o tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos e que se enquadravam nos critérios de fabricação e manutenção, custos, facilidade de operação, boa estética, sistema aeróbio, descentralizado e baseados nos princípios da tecnologia social.

Os dados foram analisados de forma comparativa, utilizando como método, a revisão sistemática da literatura que é um meio de identificar, interpretar e analisar as questões da pesquisa, revisar a temática, identificar as lacunas existentes na pesquisa a serem superadas, e fornecer um caminho a ser trilhado para orientar futuras investigações (KITCHENHAM, 2004).

A avaliação qualitativa dos itens relativos às tecnologias de tratamento aeróbio biológico de resíduos sólidos orgânicos desenvolvidas e aplicadas, foram atribuídos os conceitos de Excelente, Regular e Ruim. E além de atenderem essas classificações, as tecnologias foram analisadas quanto as vantagens e desvantagens.

Resultados e Discussão

Desenvolvimento e implementação de tecnologia para o tratamento de resíduos sólidos orgânicos

Tendo como base que o tratamento aeróbio dos resíduos sólidos orgânicos, parte da dimensão domiciliar, constata-se que o desenvolvimento de sistemas de compostagem deve atender às demandas e às necessidades da própria comunidade. Desse modo, o sistema não pode ser muito pequeno, para evitar acúmulo da parcela orgânica, nem muito grande, para não ocupar espaços, nem dificultar o monitoramento.

A caracterização gravimétrica antes do processo de compostagem mostra-se fundamental para estimar a quantidade e qualidade dos resíduos sólidos gerados numa determinada comunidade.

Considerando as principais características dos resíduos sólidos orgânicos, a resistência da população e dos gestores públicos no seu tratamento e os impactos positivos significativos ao meio ambiente e à saúde pública, entende-se que o tipo de tecnologia a serem adotados necessitam apresentar características inerentes ao desenvolvimento satisfatório da mesma, como: fácil operação, baixo custo, boa estética, eficiência no atendimento ao objetivo delineado, facilidade na manutenção, menor esforço físico e estabilização em menor tempo.

Nesse sentido, os estudos pesquisados desenvolveram modelos que envolveram os princípios da engenharia relacionados às propriedades dos materiais (aço inoxidável, alumínio, ferro, concreto, polietileno e madeira), os processos técnicos (mecânica, térmica, operação, durabilidade, ergonomia, corrosão, resistência a fatores ambientais) e operacionais (estabilização, higienização).

O sistema de compostagem proposto no primeiro momento e desenvolvido em alvenaria fixa e instalado na Sociedade dos Amigos do Bairro (SAB). Esse sistema foi confeccionado para atender a demanda de resíduos sólidos orgânicos domiciliares gerados no bairro Santa Rosa. Os resíduos orgânicos foram coletados, previamente selecionado na fonte geradora, em 36 residências (SOUZA, 2012). Esse processo foi possível, uma vez que os moradores estavam sensibilizados e tinham interesse em modificar o cenário do bairro, contribuindo para gestão integrada de resíduos sólidos (MAIA et al., 2012; 2013). Todos os moradores que fizeram parte do projeto, participaram de seminários, oficinas, palestras e cursos de agentes multiplicadores em Educação Ambiental e isso foi fundamental para garantir a participação popular e o espírito

comunitário (OLIVEIRA et al., 2010; SOUSA, 2011; SOUZA, 2012; SILVA et al., 2014).

O sistema compreende quatro composteiras fixas, com três compartimentos cada. Além das composteiras, foram construídas unidades de recepção que compreende o local, no qual os resíduos orgânicos eram reunidos para posterior montagem das leiras. A unidade apresenta 2 m de largura, 3 m de comprimento e 0,70 m de altura. Após a montagem das leiras nas composteiras, a unidade foi transformada em canteiros para horta (SOUZA, 2012).

Também foi construído um compostário que corresponde ao local de armazenamento temporário do composto resultante. Essa área apresenta 2 m de largura, 3 m de comprimento e 0,70 m de altura e posteriormente utilizado em canteiro para farmácia viva (SOUZA, 2012).

O sistema apresenta-se favorável para participação popular e os moradores se mostraram engajados no monitoramento, mas por ser um sistema fixo, fica inviável a relocação para outras áreas, quando necessário. Nascimento et al. (2017) enfrentou esses desafios na instalação do sistema de compostagem em outro bairro da cidade. Os autores destacam que inicialmente o sistema seria instalado na Paróquia Jesus Libertador. Contudo, reformas no terreno anexo a igreja impossibilitou o processo, tornando necessário a transferência para outra localidade.

Com a finalidade de superar esta limitação, Nascimento et al. (2017) desenvolveram composteiras móveis. Os sistemas foram construídos com concreto de Portland, muito utilizado por ser um material resistente. Este é constituído de areia, cimento, água e brita. A composteira foi reforçada com vergalhões para aumentar a resistência.

Desse material foram desenvolvidos dois modelos, com configurações diferentes: composteira de concreto retangular (CCR) e composteira de concreto quadrado (CCQ). Os dois modelos foram construídos com um ralo de polietileno para

escoamento e coleta de chorume, em caso de necessidade (NASCIMENTO, 2015).

As composteiras apresentam uma abertura superior para acondicionamento do substrato, contudo, torna-se suscetíveis a entrada de vetores. Para evitar esse quadro, foi necessário adicionar telas de nylon sobre as composteiras.

A facilidade no reviramento é algo almejado pela população, pois, para o grupo envolvido, o reviramento semanal gera trabalho, o que é o principal motivo de reclamação. Para minimizar tais transtornos, as composteiras de concreto foram constituídas em dois compartimentos, com abertura lateral cada (0,25 m). O compartimento permite a passagem do material com facilidade, por isso, são colocados um em frente ao outro, para que durante o percurso não caia nenhum material nas extremidades, além de sujar o meio ambiente (NASCIMENTO, 2015). Ressalta-se que, essa estratégia facilitou a transferência do substrato entre os compartimentos, mas, ainda necessita do uso de instrumentos agrícolas (ARAUJO et al., 2017).

Para promover uma alternativa eficaz para esse processo e superar as limitações observadas no sistema de concreto, as composteiras de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR), foi desenvolvido com manivela (NASCIMENTO et al., 2017). Segundo Araújo et al. (2017) a opção por uma manivela facilita o reviramento do substrato, evita o contato direto e, conseqüentemente, a contaminação do operador e, supera a rejeição dos moradores com o monitoramento do processo. Além disso, foram desenvolvidas espátulas para auxiliar o reviramento quando houvesse necessidade.

Cada composteira de aço inoxidável retangular (CAR) comporta 30 kg de resíduos sólidos orgânicos. A composteira contém porta frontal e compartimento direcional para a saída do composto resultante, o que evita perdas. A porta apresenta travas de segurança para impedir a abertura antes do término. A porção

superior da composteira possui tampa em malha metálica e as suas laterais contém orifícios que favorecem a entrada e circulação de oxigênio. Um orifício fica localizado na porção inferior da composteira para saída de chorume, caso ocorra.

Os resultados do sistema de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR), resulta' nas propostas do sistema composteira rotatória de tambor fixo (CRF) e no sistema de composteira de polietileno cilíndrico (CPC).

A composteira rotatória de tambor fixo (CRF) foi uma ideia proposta desenvolvida e não aplicada por Dantas (2017). Segundo o autor, a estrutura é capaz de girar em torno do próprio eixo, e é composta de ferro galvanizado, resistente a intempéries e corrosão leve. As paredes que ficam em contato direto com os resíduos sólidos orgânicos durante a compostagem, são cobertas por placas de nylon com 3mm de espessura para garantir a sustentação do conjunto sem acarretar peso elevado e minimizar os efeitos da acidez característica do sistema de compostagem.

A fixação das placas é feita com uso de parafusos e roscas de 12mm e as junções são impermeabilizadas com resina adesiva epóxi. O tambor gira entorno do eixo, devido manivela acoplada. Para garantir a sustentação do tambor, o sistema apresenta hastes na lateral e na base das composteiras. Para realizar o reviramento sem derramamento do substrato e favorecer a entrada de oxigênio, uma das placas apresenta duas dobradiças para abertura e fechamento da tampa. Na base da composteira há uma canaleta de escoamento para a saída do chorume, caso seja gerado (DANTAS, 2017).

As composteiras de polietileno cilíndrico (CPC) foram confeccionadas em polietileno a partir de tambor de plástico virgem (polietileno), com capacidade máxima para 40 L. Foram realizadas pesquisa no mercado local em relação ao custo dos materiais, observando se era acessível ao nível econômico dos atores

sociais envolvidos no trabalho de Gomes (2019), em torno de cinco salários mínimos nacionais.

Para diminuir o esforço físico demandado aos operadores e facilitar o revolvimento do substrato, foram utilizados dois rolamentos nas laterais do suporte ligados uma barra roscada. O movimento é auxiliado com roda de leme que promove o reviramento de todo o tambor, diminuindo-se o esforço físico de seus operadores. Para confecção do leme foi utilizado a tampa do tambor e nele foram acoplados quatro parafusos sextavado zincado de 15 cm e borrachas na parte superior de cada parafuso, de forma que facilitasse a pegada no momento do reviramento (GOMES, 2019).

A adoção da roda de leme, segundo Gomes (2019), constituiu um diferencial por facilitar o reviramento sem contato direto com o substrato e a necessidade de uso de instrumentos agrícolas, o que evita contaminação, beneficiando desse modo, a possível adoção da comunidade. Destaca-se também que a aeração entre as camadas é facilitada, de forma que os organismos aeróbios se instalem e diminuam as zonas de anaerobiose para evitar a formação do chorume e de gás metano. No caso de formação destes, foram feitos orifícios para saída de chorume e de gás.

A composteira de polietileno cilíndrica apresenta ainda uma porta na parte superior que conta com três dobradiças, que permitem a abertura e o fechamento no momento do reviramento. Foi confeccionada uma tela de metalon removível que fica acoplada a porta para evitar a entrada de organismos indesejáveis, perda excessiva de umidade e possibilitar a entrada de oxigênio. Esse modelo também conta com um sistema de trava na parte inferior para garantir a sua estabilidade da composteira (GOMES, 2019).

Na Tabela 1 são apresentadas as tecnologias sociais para tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares.

Tabela 1. Tecnologias sociais para o tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares

Estrutura	CA ¹	CCR ²	CCQ ³	CAR ⁴	CFC ⁵	CPC ⁶
Dimensões (m)	Altura 0,70; Largura 1,0; comprimento 3,0; volume 0,70 ³	Base 0,5; Altura 0,50; Largura 0,30; comprimento 0,50; volume 0,075 ³	Base 0,5; Altura 0,50; Largura 0,50; comprimento 0,50; volume 0,0125 ³	Base 1,0; Altura 0,50; Largura 0,30; comprimento 0,50; volume 0,075 ³ ;	Volume 0,80 ³ , carga superior a 30 kg	Base 0,50; Altura 0,40; Largura 0,30; comprimento 0,54; volume 0,064 ³
Configuração	Retangular	Retangular	Quadrada	Retangular	Hexagonal	Cilíndrica
Forma de aeração	Manual (Pá)	Manual (Pá)	Manual (Pá)	Manual (com manivela acoplada e espátula)	Manual (com auxílio de manivela acoplada)	Manual (com auxílio de roda de leme)
Dispositivo de segurança	Ausente	Ausente	Ausente	Trava da manivela e porta	Trava da porta	Trava do tambor
Suporte	Fixo	Barrotes de concreto	Barrotes de concreto	Base de ferro	Base de ferro galvanizado	Base de madeira
Material utilizado para confecção	Alvenaria	Concreto e vergalhões	Concreto e vergalhões	Aço inoxidável, alumínio e ferro	Ferro galvanizado e placa de nylon	Polietileno e madeira
Quantidade de compartimentos	3	2	2	1	1	1
Custos (R\$)	-	300,00	350,00	3.105,00	-	1.500,00

Legenda: CA composteira de alvenaria; CCR: composteira de concreto retangular; CCQ: composteira de concreto quadrada; CAR: composteira de aço inoxidável e alumínio retangular; CFC: composteira rotatória de tambor fixo; CPC: composteira de polietileno cilíndrica.

Fonte: Adaptado de ¹Souza (2012); ^{2;3;4}Nascimento (2015); Araújo et al. (2017); Nascimento et al. (2017); Araújo, (2016; 2018); ⁵Dantas (2017); ⁶Gomes (2019).

O valor das tecnologias fora obtido após a definição do modelo proposto e da escolha dos materiais a serem utilizados e orçados através de uma pesquisa de mercado local. Os modelos de concreto foram bastantes acessíveis e de baixo custo, em comparação aos demais sistema.

O valor para o desenvolvimento da composteira de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR) em escala triplicata foi bastante elevado. O sistema pode ser considerado alto, tendo em vista o público-alvo, todavia, quando produzido para uma comunidade, condomínio residencial ou instituição, os custos tendem a baixar consideravelmente. Destaca-se que foram adicionados ao valor investido nas composteiras, os custos para os ajustes observados durante o diagnóstico das tecnologias.

Análise das tecnologias desenvolvidas para o tratamento aeróbio dos resíduos sólidos orgânicos

As composteiras de polietileno cilíndrica (CPC) apresenta materiais com resistência aos fatores ambientais. A base feita em madeira de eucalipto reutilizada foi

importante para reduzir os danos ambientais e por possuir qualidade, durabilidade e é barato. A configuração cilíndrica permitiu que os resíduos sólidos orgânicos ficassem organizados de forma uniforme, sem a formação de regiões isoladas, favorecendo maior contato entre as partículas no momento do reviramento (GOMES, 2019).

A composteira de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR) teve como intuito reverter as alegações da comunidade sobre o tratamento aeróbio de resíduos orgânicos domiciliares: não tem tempo e é um processo que dar muito trabalho. Essas alegações, por sua vez, se mostram infundadas, pois a compostagem é um processo simples e de fácil operação. Segundo Araújo (2018) vislumbra-se, a falta de cuidado e corresponsabilidade sobre os resíduos sólidos gerados. A população ainda não entende que são responsáveis pelos resíduos sólidos que geram e os impactos negativos que causam sobre a saúde humana e a qualidade ambiental, previsto na Lei 12.305 de 2010 (BRASIL, 2010).

Buscando superar a rejeição e o preconceito por parte da população, foi

estudado e desenvolvido um sistema de fácil operação e boa estética que promova um empoderamento da comunidade.

Para isso, a composteira de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR) foi desenvolvida de forma que promovesse o reviramento aeróbio da parcela orgânica. O reviramento do sistema ocorre com auxílio da manivela móvel acoplada à parede lateral da composteira. Inicialmente, a manivela apresentava três espátulas soldadas junto a sua estrutura para garantir a aeração. Separadamente foi desenvolvida uma espátula extra para auxiliar no processo com vista de alcançar maior eficiência (NASCIMENTO, 2015).

Embora tenha sido desenvolvida com intuito de superar as limitações do reviramento do substrato, Araújo (2016) cita que, a manivela da composteira CAR apresentou diferentes desafios. Os testes na composteira piloto, promoveu o reviramento adequado do substrato, mas, após instalação do sistema de compostagem com 30 kg de resíduos sólidos orgânicos domiciliares em cada composteira, não foram obtidos os resultados esperados. A manivela não contribuiu para redução do peso no momento do reviramento. O substrato contido na base da composteira, de certo modo, nas primeiras semanas ficou compactado, dificultando o procedimento de aeração.

Mesmo com maior cuidado, este empecilho provocou a geração de chorume que foi reintroduzido ao sistema. O auxílio da espátula foi fundamental para garantir o controle do teor de umidade e favorecer a continuidade do processo de compostagem nos trabalhos de Nascimento et al. (2017) e Araújo et al. (2017).

Constata-se, contudo, que a composteira CAR demandava adaptações, haja vista que seu uso comunitário ou em residência tornar-se-ia inviável por requerer muito esforço físico aos moradores que desejava tratar os seus resíduos sólidos orgânicos. Além disso, não convém a formação de chorume, uma vez que é um sistema aeróbio.

Segundo Nascimento et al. (2017) estratégias para a prevenção do lixiviado são fundamentais para eficiência da tecnologia, visando, sobretudo, alcançar os objetivos principais da compostagem que são estabilização e higienização.

Ao final do experimento, foi realizado reformas na estrutura da manivela, aumentando de três para seis pás fixadas à manivela. Esses ajustes, porém, não foram suficientes para facilitar o reviramento, necessitando de novos ajustes. Foi necessário envergar o ângulo da estrutura das pás em cerca de 10°C, para evitar a compactação o substrato na base. Além disso, as espátulas foram afiadas o suficiente para cortar os resíduos sólidos orgânicos, o que tecnicamente, contribui para diminuição da granulometria. Após os ajustes, verificou que o sistema ficou funcional, eficiente e promoveu a rápida estabilização da matéria orgânica, alcançando os objetivos a que foi designado.

A preferência por aço inoxidável decorreu em virtude da alta resistência a corrosão em uma variedade de ambientes, principalmente porque os resíduos sólidos orgânicos apresentam no início do processo, características ácidas, além de que são passíveis de formação de chorume na ausência de oxigênio, quando não manejado corretamente.

Segundo a Resolução do CONAMA nº 481/2017, o chorume é um líquido altamente poluente, oriundo da decomposição anaeróbia dos resíduos sólidos orgânicos (BRASIL, 2017). Contudo, após a imersão de placas de aço inoxidável em chorume, Freisinger et al. (2016) observaram que o material apresenta boa resistência ao meio corrosivo, justificando sua utilidade.

A composição da composteira rotatória de tambor fixo (CFC) em ferro galvanizado apresentou baixo custo e é facilmente encontrado no mercado, contudo, a acidez inicial do sistema de compostagem poderia corroer a camada de zinco que reveste a folha de ferro galvanizado, o que provavelmente poderia levar a corrosão da composteira. Desse

modo, a composteira em aço inoxidável proposto por Nascimento et al. (2017) mostrou-se mais viável para atender aos objetivos que propostos, por apresentar maior durabilidade.

Para coletar os resíduos sólidos orgânicos em condomínios, Dantas (2017) desenvolveu coletores para seleção da parcela orgânica de uso intradomiciliar (CID) com capacidade de 12 litros e coletores intracondomínial (CIC) com capacidade volumétrica de 0,1 m³ (100 L). A proposta é que os resíduos sólidos orgânicos passariam a serem coletados pelo zelador três vezes na semana e, então, encaminhada à composteira. No entanto, mesmo a composteira apresentando características promissoras para o sistema de compostagem, as restrições de tempo e orçamento quanto ao escopo do trabalho, inviabilizou a aplicação da composteira em escala real. A proposta é de fato significativa, necessitando de estudos posteriores para validarem ou não a sua eficiência na prática.

Nas composteiras de concreto quadrado (CCQ) a grande área aberta promoveu a perda de umidade mais rapidamente, comparando-se com os demais sistemas, verificando-se que a falta de controle de umidade pode representar um fator limitante para a compostagem. Para ajustar o teor de umidade, os autores perceberam a necessidade de adicionar água (NASCIMENTO et al., 2017). Além disso, a composteira foi recoberta com uma lona plástica para evitar a evapotranspiração excessiva (NASCIMENTO, 2015).

A instalação do sistema de composteiras em alvenaria (CA) foi favorável à participação da comunidade, uma vez que foi instalado na Sociedade dos Amigos do Bairro de Santa Rosa. A concessão da instalação na SAB foi resultado do processo de sensibilização e mobilização dos líderes comunitários em Educação Ambiental realizado nos trabalhos de Maia et al. (2012; 2013).

As dimensões da composteira permitiram a coleta e o tratamento de

grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos, dividido e comparados em dois ciclos consecutivos: na ausência (C1) ou presença de cobertura sobre o sistema (C2). Segundo Silva et al. (2014), a instalação da cobertura favoreceu a decomposição da matéria, propiciando maior período de tempo na fase termófila, diminuição no tempo de estabilização (redução de 11 dias), maior percentual de transformação (11 para 22%) e melhores condições de trabalho dos operadores.

Vale ressaltar que as configurações do sistema foram desenvolvidas junto à comunidade. Primeiramente, as composteiras foram pintadas de branco, porém, as crianças não gostaram, denominando-as de Cemitério de Anjos. Desse modo, as composteiras foram pintadas com as cores da coleta seletiva, tendo a aprovação de toda população.

Nesse contexto, verifica-se que a aplicabilidade da tecnologia voltada ao tratamento de resíduos sólidos orgânicos não depende exclusivamente dos aspectos inerentes ao desenvolvimento satisfatório da mesma, como, fácil operação, baixo custo, eficiência no atendimento ao objetivo delineado e mitigação dos impactos socioambientais. A tecnologia deve, sobretudo, delinear a disseminação, empoderamento para aplicação em escala real (SILVA, 2008).

A instalação das composteiras de alvenaria (CA) mediada a partir dos princípios da Educação Ambiental, foi favorável para sensibilizar as famílias em modificar o cenário do bairro, caracterizando um grande passo ao desenvolvimento de tecnologias que visam reduzir os impactos negativos gerados pelos resíduos sólidos e, sobretudo, reacender o sentimento de corresponsabilidade ambiental na sociedade (OLIVEIRA et al., 2010; SOUSA, 2011; SOUZA, 2012; MAIA et al., 2012; MAIA et al., 2013; SILVA et al., 2014).

Desse modo, foi realizada avaliação qualitativa dos itens relativos às tecnologias de tratamento aeróbio biológico de resíduos sólidos orgânicos desenvolvidas e

aplicadas na área de estudo. De acordo com os dados expostos na Tabela 2, constata-se que as composteiras apresentam

características que facilitam o processo de decomposição dos resíduos sólidos orgânicos.

Tabela 2. Avaliação qualitativa das tecnologias de tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares

Características	CA	CCR	CCQ	CAR	CPC	CFC
Durabilidade	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Ergonomia	Regular	Regular	Regular	Excelente	Excelente	Excelente
Eficiência na decomposição	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Excelente	-
Facilidade no monitoramento	Regular	Regular	Regular	Excelente	Excelente	-
Qualidade do composto	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	-
Eliminação de ovos de helmintos (gST)	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	-
Tempo de estabilização (dias)	100-130	100-120	120	90-120	70	-

Legenda: CA composteira de alvenaria; CCR: composteira de concreto retangular; CCQ: composteira de concreto quadrada; CAR: composteira de aço inoxidável e alumínio retangular; CFC: composteira rotatória de tambor fixo; CPC: composteira de polietileno cilíndrica.

Entende-se por manuseio satisfatório o fato de a tecnologia ser produzida por utensílios que auxiliem na qualidade do produto final, não apresentando dificuldades para usá-los, o que facilita o reviramento, promove a redução do tempo de decomposição, porém, em todas as tecnologias foram observados aspectos que ainda necessitam serem melhorados. Os itens manutenção e durabilidade foram baseados no mesmo raciocínio.

Os sistemas de composteiras em alvenaria (CA) apresentaram um conjunto de características que propiciaram impactos positivos e negativos. Entre os impactos positivos, destacam-se: durabilidade; baixo custo; disponibilidade de material no mercado local; promoção da participação direta da comunidade local; contribuição ao tratamento descentralizado de maior quantidade de resíduos sólidos orgânicos domiciliares, pode ser instalado em SAB, escolas, condomínios e instituições públicas.

Em relação às recomendações, observou-se o uso de instrumentos agrícolas; implantação de cobertura para evitar as fortes chuvas e exposição à radiação, características do Nordeste do Brasil; necessita de grande área; apresenta altura baixa, o que impõe aos operadores se

inclinarem sobre o sistema para fazer o reviramento; por ser um sistema fixo e de alvenaria, impede o deslocamento para outras áreas.

Acerca do sistema de composteiras de concreto retangular (CCR) também foram observados aspectos positivos, dentre eles, destacam-se: é um sistema móvel, que pode ser implantado em condomínios, comunidades, sociedades de amigos de bairro (SAB) ou escolas; apresenta baixo custo; é suspenso, o que evita contato direto com o solo, reduzindo as possibilidades de contaminação do composto e atração de vetores; promove o tratamento eficaz dos resíduos sólidos orgânicos; contribui para ação dos organismos aeróbios.

Em relação aos impactos negativos, verifica-se a necessidade de uso de instrumentos agrícolas, o que ainda é uma limitação para aceitabilidade da população; embora seja um sistema móvel, apresenta compartimentos em concreto, requer o auxílio de duas pessoas para o deslocamento do substrato dentre os compartimentos; a estrutura apresenta altura baixa, requerendo inclinação para o reviramento.

Em relação ao sistema de composteiras de concreto quadrado (CCQ) foram identificados os seguintes impactos

positivos: é um sistema móvel que promove a estabilização e higienização da matéria orgânica; pode ser implantado em escolas, condomínios, SAB e comunidades; apresenta baixo custo; evita contato direto com o solo; apresenta maior capacidade volumétrica. No entanto, algumas limitações precisam ser superadas: maior área para instalação; sua maior superfície promove a perda de calor e teor de umidade, demandando regulação de água constante; é um sistema pesado, exigindo esforço para transferência das composteiras para outros ambientes; a estrutura apresenta altura baixa, o que necessita inclinação do pesquisador para o reviramento.

Para o sistema de composteira de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR) constataram-se vários aspectos positivos: é sistema móvel, desmontável e com menor peso; facilidade no reviramento; produz composto tratado e higienizado em um período de tempo curto; pode ser implantado em condomínios, SAB, escolas, repartições públicas, empresas; seu suporte evita o contato direto com o solo; ocupa menor espaço; tamanho favorável ergonomicamente; estrutura de direcionamento possibilita a retirada do composto com melhor facilidade. Contudo, também foram observados aspectos que necessitam ser melhorados: apresenta custo elevado; compartimento único limita a quantidade de resíduo sólido a ser tratado.

A proposta do sistema de composteira rotatória de tambor fixo (CFC) apresenta sistema móvel; pode ser implantado em condomínios, SAB e escolas; a base evita o contato direto ao solo; é ergonomicamente viável; a manivela facilita o reviramento periódico. Mas, como o sistema não foi aplicado, não foi possível comprovar ou não a sua eficiência em relação ao tratamento dos resíduos sólidos orgânicos.

O sistema de composteiras de polietileno cilíndricas (CPC) apresenta sistema móvel; com menor peso; gera composto estabilizado e higienizado em menor período de tempo; pode ser

implantado em condomínios, SAB, escolas; sua base evita o contato direto ao solo; é ergonomicamente viável; facilita o reviramento periódico. Verifica-se também que o sistema apresenta algumas limitações, como a necessidade de travas mais eficientes para a segurança da tampa, evitando a perda do material no momento do reviramento do tambor; verificou-se também que os parafusos sextavados não foram eficientes para segurar as borrachas instaladas na parte superior da tampa, o que gerou pequenas perdas de material no reviramento e dificultou a identificação e contagem dos insetos presentes.

Nessa perspectiva, a elaboração e aplicação de tecnologias dentro dos princípios das tecnologias sociais necessitam de amplo e diversificado entendimento técnico-científico, aliado ao conhecimento popular. Torna-se fundamental apresentar alternativas que promovam redução das limitações e desafios das tecnologias sociais.

As tecnologias sociais voltadas para gestão integrada de resíduos sólidos devem compreender os processos que regem a seleção prévia na fonte geradora; conhecer o grupo envolvido, seu papel no processo e o empoderamento da comunidade para continuidade do sistema; identificar a qualidade e quantidade de resíduos sólidos orgânicos geradas; monitoramento dos fatores físico-químicos e qualidade do produto resultante, favorecendo assim, a melhoria da qualidade ambiental local.

O desenvolvimento de tecnologias feitas com materiais que sejam de fácil aquisição, de simples manejo, baixo custo, boa estética e que possibilite a sanitização da matéria orgânica, apresenta-se como alternativa importante para o tratamento da parcela orgânica em pequena escala e de forma descentralizada, pois promove a minimização da quantidade de resíduos sólidos encaminhada aos aterros sanitários, reduz gastos públicos com transporte e aterramento, favorece a seleção dos resíduos sólidos na fonte geradora, reduz os riscos de contaminação, contribui para a

participação popular e o espírito comunitário.

De acordo com Madrid et al. (2015), o desenvolvimento de tecnologias para ampliação dos sistemas de saneamento descentralizado representa tentativa de ruptura dos entraves tecnológicos, políticos e gerenciais que atualmente dificultam a difusão adequada da gestão ambiental às populações que habitam áreas rurais e localidades de pequeno porte, especialmente aqueles afastados dos centros urbanos.

Nessa perspectiva, entende-se que a tecnologia social não é uma receita pronta, mas é um sistema que precisa ser construído e estudado a partir das necessidades do grupo envolvido. Dessa forma, as tecnologias de compostagem apresentaram pontos positivos que promoveram a eficiência do tratamento e aspectos que ainda necessitam serem melhorados, verificando a necessidade de estudos contínuos.

Conclusão

De modo geral, o desempenho dos modelos de composteiras avaliados foram satisfatórios, pois possibilitaram a transformação dos resíduos sólidos orgânicos em produto final adequado, no período curto de tempo. Destacou-se que durante os experimentos consultados neste trabalho, foram coletados na fonte geradora mais de 3.487 kg de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. Isso significa que matéria e energia foram devolvidas para a população na forma de composto higienizado e estabilizado.

Todas as tecnologias estudadas e desenvolvidas para o tratamento aeróbio dos resíduos sólidos orgânicos apresentaram características que favoreceram o interesse e envolvimento da população. Os sistemas foram funcionais, apresentaram boa estética, são fáceis de manusear, não gastam energia elétrica, atenderam aos princípios da tecnologia social, favoreceram a rápida estabilização e higienização da matéria orgânica e geraram

condições adequadas à ação dos organismos autóctones e exotérmicos.

A composteira de polietileno cilíndrica (CPC) e a composteira de aço inoxidável e alumínio retangular (CAR) atenderam com maior eficiência as necessidades do processo, relativo ao menor tempo de decomposição, ergonomia, facilidade no deslocamento e promoção do reviramento sem contato com o substrato, o que motiva a correção de possíveis fatores limitantes, no que diz respeito à rejeição da população em relação dos resíduos sólidos orgânicos, menor esforço físico despendido, facilidade de manutenção e operação. Logo, o estudo sobre alternativas para promover a aceitabilidade e o empoderamento da população foi fundamental e atendeu aos objetivos propostos.

Referências

- AZIZ, R.; CHEVAKIDAGARN, P.; DANTERAVANICH, S. Environmental impact evaluation of community composting by using life cycle assessment: a case study based on types of compost product operations. *Agricultural Technology and Biological Sciences*, v.13, n.3, p.221-233, 2016.
- ANDERSEN, J. K.; BOLDRIN, A.; CHRISTENSEN, T. H.; SCHEUTZ, C. Home composting as an alternative treatment option for organic household waste in Denmark: an environmental assessment using life cycle assessment-modelling. *Waste Management*, v.32, p.31-40, 2012.
- ARAUJO, E. C. S. Avaliação das estratégias aplicadas à gestão integrada de resíduos sólidos no bairro Malvinas, Campina Grande-PB. 100f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.
- ARAUJO, E. C. S.; COSTA, M. C.; NASCIMENTO, C. R.; SILVA, A. V.; SILVA, M. M. P. Estratégias em Educação Ambiental: contribuições para gestão integrada de resíduos sólidos no âmbito municipal. In: Congresso Brasileiro de Engenharia

- Sanitária e Ambiental, 29, 2017, São Paulo. Anais... São Paulo, 2017.
- ARAUJO, E. C. S. Organismos que participam das diferentes fases do tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. 176f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2018.
- BARREIRA, L. P.; PHILIPPI JÚNIOR, A.; RODRIGUES, M. S. Usinas de compostagem do estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.11, n.4, p.385-393, 2006.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos. Resolução nº481 de 03 de Outubro de 2017. Disponível em: <<http://www.agencia.baciaspcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-conama-481-17.pdf>>. Acesso em: 05 de março de 2019.
- CHAVES, V. T.; CONTRERA, R. C. Compostagem descentralizada – Uma tecnologia apropriada para implementação efetiva da Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: Fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 8, 2017, Curitiba. Anais... Curitiba, 2017.
- DANTAS, M. T. N. S. Gestão de resíduos sólidos em condomínio vertical: possibilidades e desafios. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2017.
- FREISINGER, E. S.; SANTOS, L. C.; SILVA, M. M. P. Corrosão por chorume: efeito da passivação em aços inoxidáveis férricos. In: Congresso Brasileiro de Química, 56, 2016, Belém. Anais... Belém, 2016.
- GADOTTI, M. Educar para um outro mundo possível. Fórum social mundial como espaço de aprendizagem de uma nova cultura política e como processo transformador da sociedade civil planetária. São Paulo-SP. Publisher Brasil, 2007. 207p.
- GAZZAR, R. F. E.; GOMAA, B. Municipal waste management in Egypt: An investigation study of collection and generation process in Alexandria city, Egypt. International Journal of Scientific and Engineering Research, v.5, n.6, p.1204-1206, 2014.
- GOMES, I. Avaliação da diversidade de enterobactérias durante o tratamento aeróbio de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. 150f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2019.
- IBGE. Instituto Brasileira de Geografia e Estatística. Campina Grande-PB. 2017. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home>>. Acesso em: 11 de abr. 2018.
- IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos resíduos sólidos urbanos. Relatório de Pesquisa. Brasília, 2012, 82p. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br/portal/>>. Acesso em: 05 de março de 2019.
- JACOBI, P. R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. Revista Educação e Pesquisa, v.31, n.2, p.233-250, 2005.
- KITCHENHAM, B. A. Procedures for performing systematic reviews. Keele University Technical Report TR/SE-0401 and NICTA. Technical Report, 0400011T.1, p.33, 2004.
- MAIA, H. J. L.; SILVA, P. A.; CAVALCANTE, L. P. S.; SOUZA, M. A.; SILVA, M. M. P. Os impactos positivos advindos com a implantação da coleta seletiva no bairro Santa Rosa, Campina Grande-PB. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 3, 2012, Goiânia. Anais... Goiânia, 2012.
- MAIA, H. J. L.; SILVA, P. A.; CAVALCANTE, L. P. S.; SOUZA, M. A.; SILVA, M. M. P. Coleta seletiva: benefícios da sua implantação no bairro Santa Rosa, Campina Grande-PB. Revista Polêmica, v.12, n.2, p.352-368, 2013.
- MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia científica. São Paulo: Atlas, 6 ed., 2007. 320p.
- MADRID, F. J. P. Y. L.; FIGUEIREDO, I. C. S.; FERRÃO, A. M. A.; TONETTI, A. L. Metodologia de desenvolvimento eco-

sistêmico aplicado ao paradigma do saneamento descentralizado. *Revista Monografias Ambientais*, v.14, n.1, p.101-105, 2015.

NASCIMENTO, C. R. Sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos no bairro Malvinas, Campina Grande-PB. 110f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia Ambiental). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2015.

NASCIMENTO, C. R.; SILVA, M. M. P.; ARAUJO, E. C. S.; COSTA, M. P.; SILVA, A. V. Avaliação de sistema de tratamento aeróbio descentralizado móvel de resíduos sólidos orgânicos domiciliares no bairro Malvinas, Campina Grande-PB. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 29, 2017, São Paulo. Anais... São Paulo, 2017.

OLIVEIRA, A. G.; SOARES, L. P.; OLIVEIRA, S. C. A.; CARDOSO, C. A.; SILVA, M. M. P.; LEITE, V. D. Avaliação quantitativa e qualitativa de resíduos sólidos orgânicos domiciliares produzidos em Campina Grande-PB. In: Reunião anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 62, 2010, Natal. Anais... Natal, 2010.

SESUMA. Secretaria de Serviços Urbanos e Meio Ambiente. Plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos do município de Campina Grande: PMGIRS Campina Grande. Diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Campina Grande. Campina Grande, 2014. Cap.7, 132p.

SIQUEIRA, T. M. O.; ASSAD, M. L. R. C. L. Compostagem de resíduos sólidos urbanos no estado de São Paulo (Brasil). *Revista Ambiente e Sociedade*, v.18, n.4, p.235-258, 2015.

SILVA, M. M. P. Tratamento de lodos de tanques sépticos por cocompostagem para municípios do semiárido paraibano: alternativa para mitigação de impactos ambientais. 220f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2008.

SILVA, A. G.; LEITE, V. D.; SILVA, M. M. P.; PRASAD, S.; FEITOSA, W. B. S. Compostagem aeróbia conjugada de lodo de tanque

séptico e resíduos sólidos vegetais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.13, n.4, p.371-379, 2008.

SILVA, M. M. P. Educação ambiental através da extensão universitária transformando vidas humanas. In: CARNEIRO, M. A. S.; SOUZA, M. L. G. Extensão universitária, desenvolvimento regional, políticas públicas e cidadania. Campina Grande-PB: Editora Universitária da UFPB; Editora Realize, p.159-188, 2012.

SILVA, M. M. P.; SOUZA, D. M.; SILVA, P. A.; JUSTINO, E. D.; RIBEIRO, V. V. Influência da cobertura no desempenho do sistema de tratamento descentralizado de resíduos sólidos orgânicos domiciliares implantado na zona urbana, em Campina Grande-PB. In: Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12, 2014, Natal. Anais... Natal, 2014.

SILVA, A. V. Viabilidade de sistemas de tratamento aeróbios de resíduos sólidos orgânicos instalados na Universidade Estadual da Paraíba/Campus I, Campina Grande-PB. 78f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2016.

SOUZA, R. K. S. Avaliação das estratégias em educação ambiental para gestão integrada de resíduos sólidos domiciliares em um bairro de Campina Grande-PB. 80f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2011.

SOUZA, D. M. Influência da cobertura no desempenho de sistema de tratamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares instalado em Campina Grande-PB. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas). Universidade Estadual da Paraíba. Campina Grande, 2012.

VIEIRA, L. A.; MORMUL, R. P.; PRESSINATTE, JR, S. Identificação das condições de manejo de resíduos sólidos domiciliares pela comunidade estudantil de Campo Mourão-PR. *Revista Saúde e Biologia*, v.2, n.2, p.28-36, 2007.

THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa ação. 16ª ed. São Paulo: Cortez, 2008, 132p.
ZURBRÜGG, C.; DRESCHER, S.; PATEL, A.; SHARATCHANDRA, H. C. Taking a closer

look at decentralised compostin schames-
Lessons from India. Asian Society for
Environmental Protection, Newsletter, 1-
10p. 2003.

Capítulo 5**SISTEMA EÓLICO ISOLADO DE PEQUENO PORTE: MONTAGEM E SUPERVISÃO DE DADOS****¹Gerônimo Barbosa Alexandre****²Gabriel da Silva Belém****³Dinilton Pessoa de Albuquerque Neto****⁴Felipe Roque de Albuquerque Neto**

¹M.Sc. em Engenharia Elétrica, Professor EBTT, IFPE, Garanhuns-PE, geronimo.alexandre@garanhuns.ifpe.edu.br

^{2,3,4}Discentes de Engenharia Elétrica, IFPE, Garanhuns-PE, gsb@discente.ifpe.edu.br;
dpan@discente.ifpe.edu.br; fran@discente.ifpe.edu.br

Introdução

A inserção dos sistemas eólicos no sistema elétrico deve ser planejada, tanto do ponto de vista da unidade geradora, quanto da rede elétrica. Avaliar tecnicamente os equipamentos que compõem o arranjo eólico e os possíveis impactos da micro geração ao sistema elétrico é uma tarefa desafiadora, porém motivadora. Outra questão importante neste cenário são os custos para implantação, operação e manutenção, o que cabe uma reflexão da viabilidade econômica da penetração da energia eólica (ALEXANDRE & LIMA, 2015).

Neste contexto estudar e apontar as principais características destas novas unidades geradoras, vantagens e desvantagens sob o ponto de vista do consumidor, se faz necessário para o correto projeto do sistema de gestão da energia gerada. O sistema de gestão envolve de maneira geral a operação e controle da energia gerada e fornecida para a carga local, sistema de medição, supervisão, controle e proteção (ALEXANDRE & LIMA, 2015).

Três configurações para geração eólica são encontradas no mercado: sistemas isolados, sistemas híbridos e sistemas de injeção na rede. Os equipamentos utilizados nestas topologias de circuitos são: aerogerador, conversor CA-CC, controlador de carga, conversor CC-CA e baterias (JÚNIOR, 2014).

O aerogerador é o equipamento responsável pela conversão da energia cinética em energia elétrica, o controlador/regulador de carga é utilizado para controlar a tensão de entrada das baterias, evitando sobrecargas ou descargas excessivas, otimizando e prolongando a sua vida útil. Os aerogeradores produzem mais ou menos energia de acordo com a quantidade de vento (velocidade dos ventos) e as baterias não suportam esta variação (REIS, 2016). Para resolver este problema e também para aperfeiçoar o

carregamento das baterias, se utilizam os controladores de carga. Os controladores PWM (*Pulse Width Modulation*) são os mais utilizados, pois apesar da menor eficiência se justificam pelo custo. Já os controladores MPPT (*Maximum Power Point Tracking*), possuem maior eficiência e são cerca de duas vezes mais caros (ELETROVENTO, 2016).

Os inversores transformam a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA), além de elevar as baixas tensões dos aerogeradores e baterias até os 110, 220 V ou outra tensão utilizada por um aparelho elétrico. Além disso, alguns inversores também podem carregar baterias desde que associados a um gerador ou à rede CA. Os aerogeradores fornecem energia na forma de corrente contínua (CC) e, também as baterias, recebem e fornecem em CC. Os inversores para geração distribuída são classificados como: inversores de onda quadrada, inversores de onda senoidal modificada, inversores de onda senoidal pura, inversores para conexão à rede, micro inversores para conexão à rede e inversor/carregado (NEOSOLAR, 2018).

O objetivo deste trabalho é descrever o projeto e a montagem de um sistema eólico isolado com supervisão local e remota em escala laboratorial completo para fins de ensino, pesquisa e extensão, capacitando professores, alunos e interessados na área de fontes renováveis no Agreste Pernambucano.

Material e Métodos

O sistema eólico isolado foi instalado no Laboratório de Fontes Renováveis e Instalações Elétricas, do Departamento de Ensino – Área Engenharia Elétrica, do Instituto Federal do Pernambuco (IFPE), Campus Garanhuns.

A metodologia utilizada consistiu nas seguintes etapas: (A) dimensionamento do arranjo eólico (desenhos e esquemas elétricos, lista de execução do tipo DE-PARA, lista de

materiais); (B) compra dos equipamentos; (C) montagem física do arranjo eólico isolado e instalação do sistema de proteção; (D) construção e validação do sistema de medição, aquisição e armazenamento de dados; (E) projeto e validação do sistema de supervisão local; (F) projeto e validação do sistema de supervisão remota.

A montagem foi implementada com a utilização de dois aerogeradores de pequeno porte que possuem cinco pás cada e capaz de produzir uma potência de 0,3/0,6 kW cada. Os aerogeradores foram interligados a dois conversores CA-CC, pois a tensão produzida é variante no tempo devido à instabilidade da velocidade do vento, possibilitando uma saída com tensão em CC variante.

Após foi inserido um controlador de carga para regular/fixar em 12 VCC a tensão fornecida à bateria estacionária, conectado ao banco de baterias está o sistema de proteção composto por fusíveis e diodos, em paralelo com cada bateria foi instalado um conversor CC-CA para alimentar cargas monofásicas. Entre os controladores e as baterias estacionárias foi projetado um circuito de comando via botoeira

para associação das fontes, podendo inseri-las em série ou em paralelo. O circuito de comando foi composto por uma contactora 220 VCA com dois contatos (um NF e um NA), e um botão para comandar a associação em série ou paralelo das fontes distribuídas.

Os aerogeradores foram instalados na laje do banheiro dos servidores distando de 4,5 m do solo (3,5 m do pé direito da edificação e 1,0 m da base de sustentação), e 10 m de distância da sala de supervisão, cada aerogerador forneceu 12/24V com uma potência de 300/600W. Para ligação elétrica entre os equipamentos foram utilizados 40 m de cabo flexível 2,5 mm² azul, já para proteção foi utilizado um disjuntor de 32A monopolar.

Para o monitoramento das grandezas físicas do sistema, foi desenvolvida uma plataforma de aquisição de dados, inserindo medidores em pontos estratégicos da planta didática. As grandezas mensuradas foram monitoradas localmente pelo supervisor desenvolvido no software PROCESSING I3 e enviadas via Wi-fi para o monitoramento remoto no ThingSpeak.

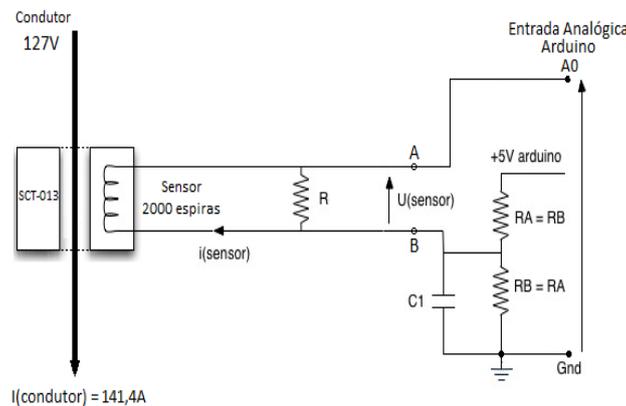


Figura 1. Esquema de ligação do sensor de corrente. C1=10µF, R=330 Ω e RA=RB=10kΩ. Fonte: Demetras (2017).

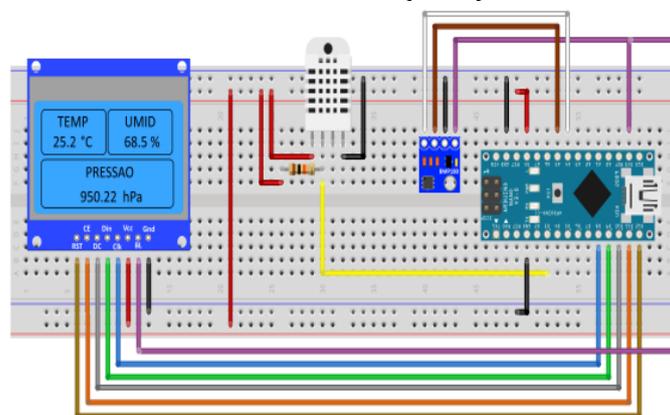


Figura 2. Esquema de ligação dos sensores de temperatura/umidade (DHT22) e temperatura/pressão (BMP180). Fonte: Thomsen (2015).

A instrumentação utilizada foi um sensor de corrente alternada (SCT-013 da marca YHDC), um sensor de umidade e temperatura (DHT22), um sensor de temperatura e pressão (BMP180), um anemômetro fixo com sensor e cabo para o microcontrolador, um

sensor/indicador de direção do vento com cabo para o microcontrolador e um pluviômetro automático com conexão com o microcontrolador. Nas Figuras 1 a 4 são ilustrados os esquemas de ligações dos sensores ao microcontrolador.

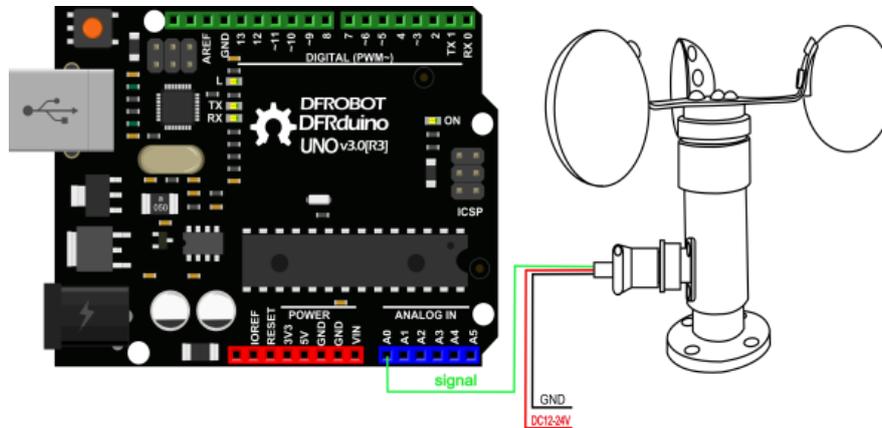


Figura 3. Esquema de ligação do anemômetro digital. Fonte: dfrobot (2018).

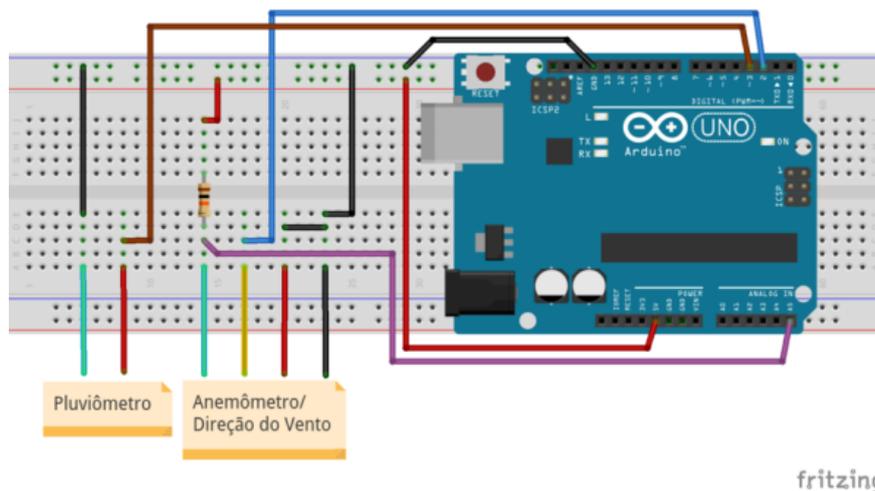


Figura 4. Esquema de ligação do pluviômetro digital e do indicador de direção. Fonte: Pezzi e Brandão (2016).

O circuito de condicionamento de corrente alternada para o sensor de corrente não evasivo é ilustrado na Figura 5. Neste circuito foi usado o Arduino UNO R3, um capacitor de 10 μF e dois resistores de 10k Ω cada (Figuras 1 e 5). A leitura do sensor está sendo lida na entrada analógica A0 do Arduino. As medições de corrente estão sendo feitas a uma taxa de amostragem de 9600 amostras por segundo (clock de 125 kHz dividido por 13 pulsos de clock do conversor A/D - uma conversão normal).

A calibração do medidor de corrente foi feita na aferição da corrente nominal de um motor trifásico, após a calibração, o conjunto sensor-microcontrolador foi utilizado para medir a corrente gerada pelo aerogerador (medição na entrada do conversor CA-CC).

A Figura 6 ilustra a medição da corrente elétrica gerada por um aerogerador com o alicate amperímetro, esta medição foi feita antes do conversor CA-CC, portanto se trata de uma corrente elétrica alternada.

A linguagem C é utilizada para programação da IDE Arduino, a ligação física da placa UNO R3 com o computador é feita por meio de um cabo de comunicação serial (RS232). O software PROCESSING I3 foi instalado no mesmo computador que está funcionando a IDE Arduino, desta forma os dois softwares acessam a mesma porta de comunicação serial, impossibilitando o uso simultâneo do Serial Monitor e da tela de supervisão do PROCESSING I3.

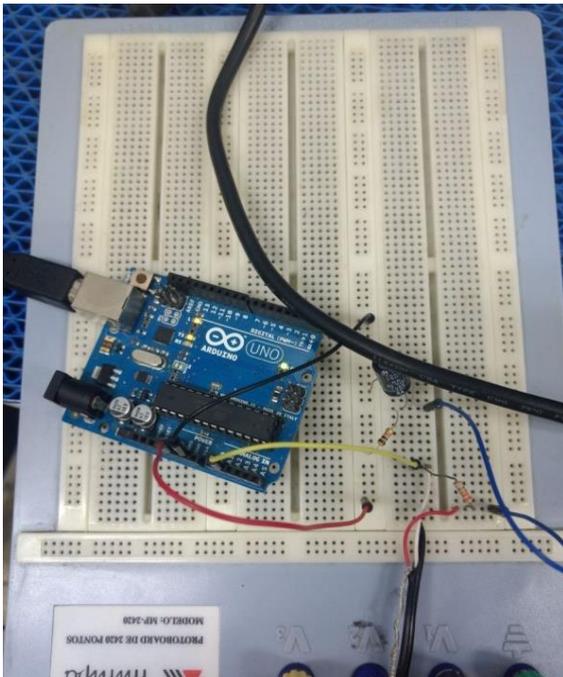


Figura 5. Condicionamento da medição de corrente elétrica.



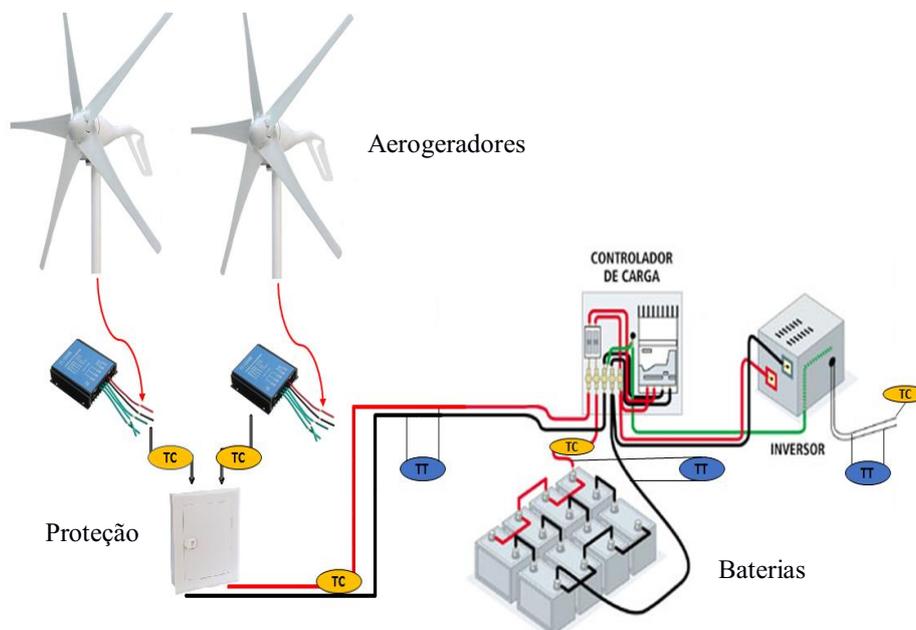
Figura 6. Medição da corrente elétrica.

O sistema de medição e supervisão de dados medidos na planta de geração eólica é composto de duas partes: o *hardware* e o *software*. O *hardware* é composto pelos sensores espalhados na planta didática e o microcontrolador. Já a parte de *software* é constituída do supervisor local, do servidor Web, do aplicativo para dispositivos móveis e do gerenciador do banco de dados MySQL. A comunicação com a nuvem na chamada *internet* das coisas foi implementado usando protocolo HTTPS usando o microcontrolador ESP32 e a ferramenta ThingSpeak.

O supervisor local de dados foi implementado usando o software livre PROCESSING I3, este se apresenta como uma ferramenta robusta e eficiente para supervisor e/ou aquisição de dados, atendendo os requisitos do usuário.

Resultados e Discussão

O sistema eólico de pequeno porte montado no IFPE para fins didáticos e estudos de automação e controle é ilustrado na Figura 7.



Legenda: TT –transdutor de tensão; TC – transdutor de corrente.
 Figura 7. Descrição do sistema de micro geração eólica.

Na Figura 7 observa-se a instrumentação elétrica utilizada para medição dos diversos níveis de tensão e corrente envolvidos no processo de geração CC (antes do inversor) e CA (após o inversor de onda senoidal pura). O sistema de geração eólica montado é do tipo isolado, pois não há conexão com a rede elétrica de baixa tensão.

Na Figura 8 é ilustrado o circuito de comando para associação das baterias carregadas, podendo ser associadas em série ou em paralelo. De modo que o aluno faça a medição no conjunto e verifique as tensões elétricas teóricas e experimentais.

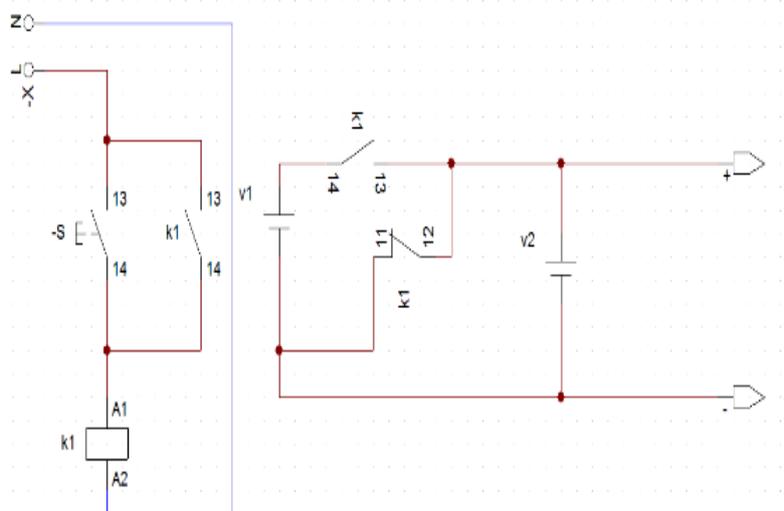


Figura 8. Circuito de comando da associação das baterias.

A descrição da plataforma de aquisição de dados elétricos e climáticos da planta de

geração eólica desenvolvida é ilustrada na Figura 9.

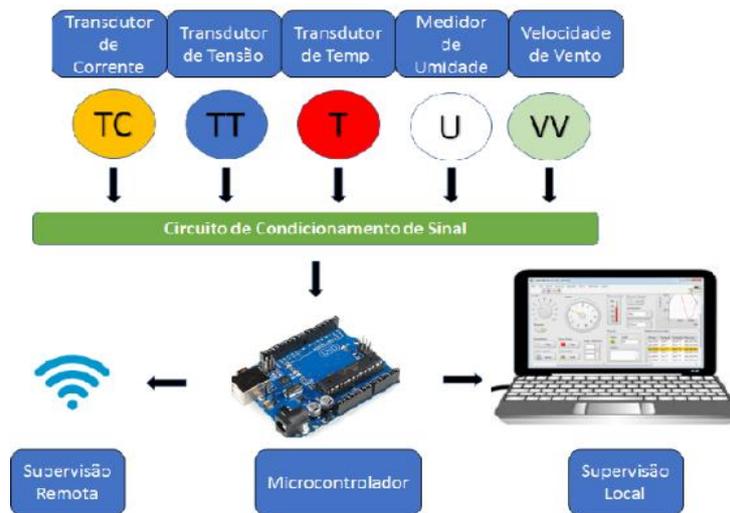


Figura 9. Descrição da plataforma de aquisição de dados.

No sistema de supervisão local (Figura 9) foi utilizado o PROCESSING I3 por ser um software gratuito e de fácil configuração das telas de monitoramento.

Na Figura 10 é ilustrada a planta didática de geração eólica isolada montada neste trabalho. Após algumas medições foi constatada a tensão CC máxima gerada (saída do conversor CA-CC) por cada aerogerador de 0-20 VCC. Por este motivo foi inserido um controlador de carga de 12 VCC/10 A na saída do conversor CA-CC para ajustar a tensão fornecida à bateria, e evitar corrente reversa da bateria para o conversor CA-CC (Figura 10a). Para proteção dos equipamentos foram instalados 4 fusíveis de 32A e 2 fusíveis de 45A (Figura 11).



Figura 10 (b). Aerogerador instalado.



Figura 10 (a). Conjunto conversor CA/CC + controlador de carga + bateria.

O diagrama unifilar completo da planta de micro geração eólica do IFPE campus Garanhuns é ilustrado na Figura 11.

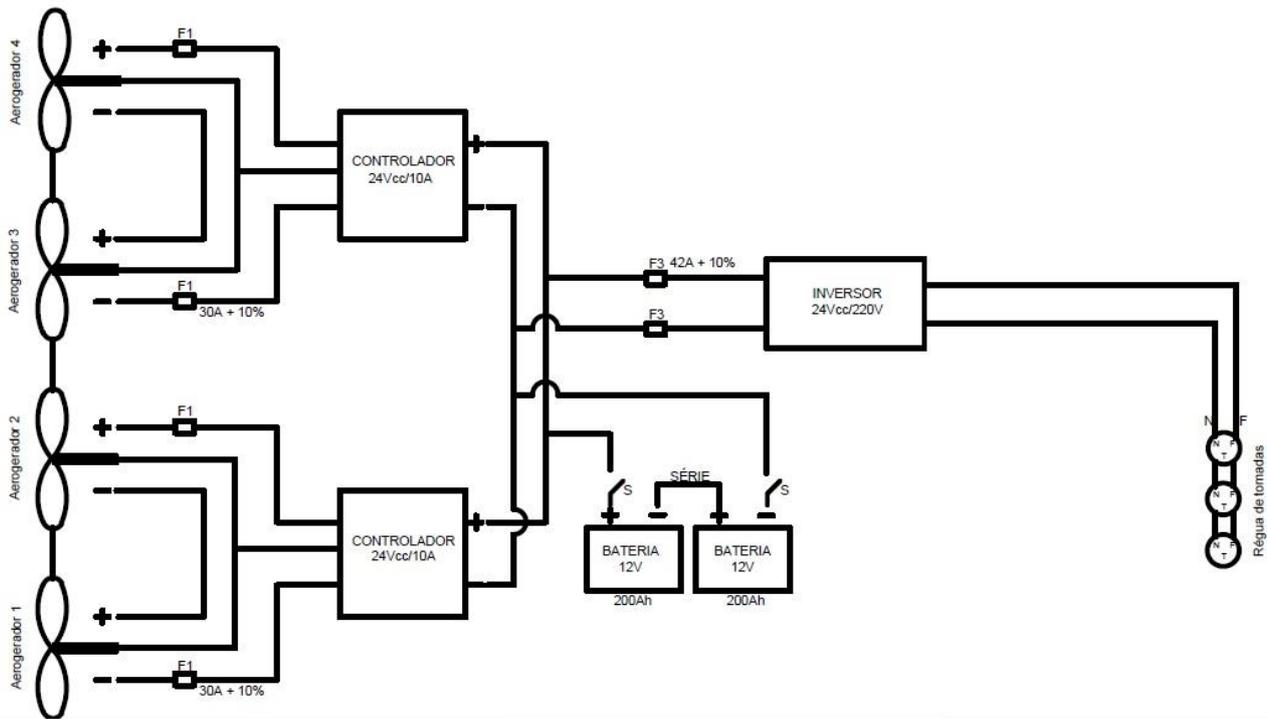


Figura 11. Diagrama unifilar da planta de geração eólica isolada do IFPE Campus Garanhuns.

Observa-se da Figura 11 que os aerogeradores estão associados em série (aerogeradores 1-2 e aerogeradores 3-4) devido as ligações elétricas dos controladores de carga e estes associados em paralelo para acomodar as ligações elétricas do inversor de onda senoidal pura, após o inversor senoidal foi

instalada uma régua de tomadas 220 VCA para alimentação de cargas no Laboratório.

Na Tabela 1 é ilustrado o orçamento e a lista de materiais usados para construção da planta didática de geração eólica isolada com supervisão dos dados elétricos e climáticos.

Tabela 1. Orçamento e lista de materiais

Descrição	Quant.	Preço unitário R\$	Preço total R\$
Aerogerador	4	700,00	2.800,00
Controlador de cargas	2	70,00	140,00
Inversor	2	120,00	240,00
Conversor CA-CC	4	65,00	260,00
Bateria	2	100,00	200,00
Placa Uno R3 + Cabo USB para Arduino	1	44,90	44,90
Shield ethernet Arduino	1	54,90	54,90
Cabo de Rede Conector RJ45 1,5m	1	9,90	9,90
Base de sustentação	2	250,00	500,00
Medidor de corrente SCT -013	4	45,00	180,00
Cabo flexível 2,5mm	40m	1,50	60,00
Anemômetro + pluviômetro + biruta.	1	414,90	414,90
Sensor AM2302 DHT22	1	36,90	36,90
Sensor BMP280	1	22,90	22,90
Display LCD Nokia 5110	1	26,90	26,90
Disjuntor monopolar 32A	4	10,00	40,00
Disjuntor monopolar 45A	2	37,00	74,00
Total =			5.105,30

Na Figura 12 é ilustrada a tela do Serial Monitor programada para o monitoramento da corrente elétrica gerada antes do conversor CA-

CC. Já na Figura 13 é ilustrada a tela do supervisor desenvolvido no PROCESSING 13

para o monitoramento local da corrente gerada pelos aerogeradores.

As medições foram feitas em instantes de tempos diferentes, mas percebe-se a tendência de equilíbrio da geração de energia elétrica.

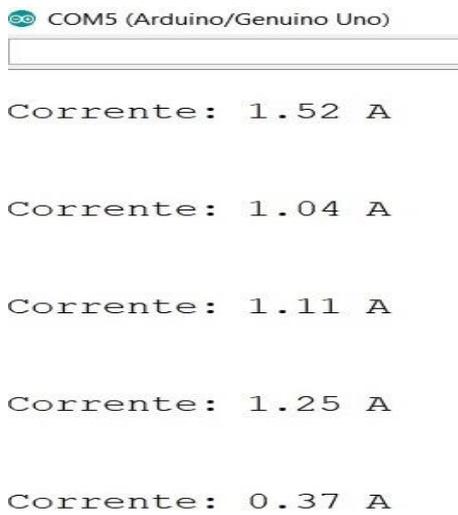


Figura 12. Tela do Serial Monitor na medição da corrente.



Figura 13. Tela de supervisão local.

Na Figura 14 é ilustrado o resultado da medição da corrente elétrica gerada por um aerogerador na tela de supervisão remota desenvolvida para o monitoramento das grandezas elétricas e climáticas relacionadas à planta de geração eólica.

Comparando os resultados das medições de corrente gerada por um aerogerador nas telas de supervisão (Figuras 12, 13 e 14), percebe-se o mesmo valor medido em ambas as telas desenvolvidas, atestando a eficácia do sistema de supervisão projetado.



Figura 14. Supervisão remota da corrente gerada.

Na Figura 15 é ilustrado o resultado das medições da temperatura na carcaça de um aerogerador durante 06 dias de produção de energia elétrica (medições durante os dias 03/04 a 09/04/2019) na ferramenta ThingSpeak, canal web programado com auxílio do microcontrolador ESP32.

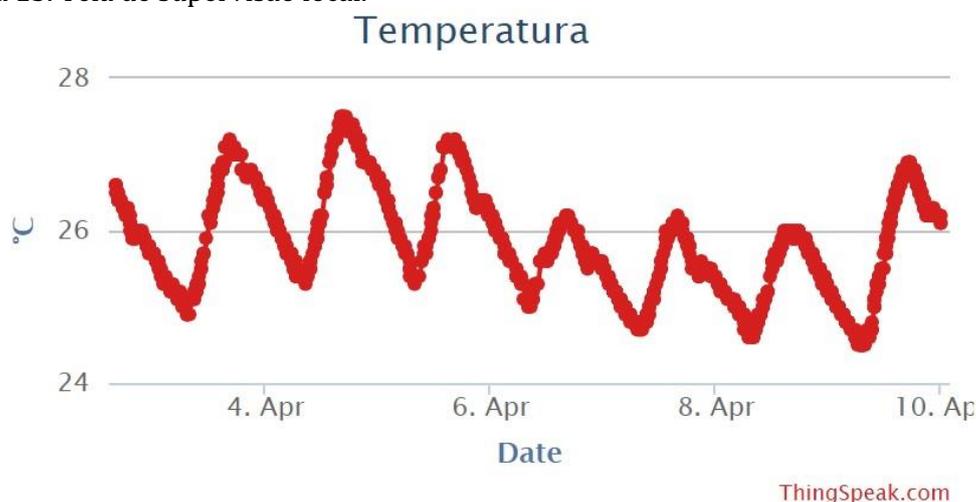


Figura 15. Temperatura aferida na carcaça do aerogerador nos dias 03/04 a 09/04/19.



Figura 16. Umidade relativa do ar no local de instalação dos aerogeradores.

Na Figura 16 é ilustrado o resultado das medições de umidade relativa do ar na laje do banheiro dos servidores, local aonde está instalados os quatro aerogeradores de pequeno porte durante 06 dias de produção de energia elétrica (medições durante os dias 03/04 a 09/04/2019) na ferramenta ThingSpeak, canal web programado com auxílio do microcontrolador ESP32.

No trabalho de Martinello (2015) é apresentado um emulador da turbina eólica em bancada experimental com supervisão de grandezas aerodinâmicas e mecânicas da turbina por meio de placa de aquisição de custo elevado e o uso do software LabView (software pago), no trabalho de Azevedo e Coelho (2014) é apresentado um sistema supervisor para monitoramento de grandezas elétricas e mecânicas em uma turbina para fins comerciais, no presente trabalho é apresentado um sistema de supervisão de baixo custo, com uso de tecnologias gratuita e de código aberto (Arduino, ESP32, ferramentas de software livre – PROCESSING e ThinkSpeak) para o monitoramento das grandezas elétricas e físicas de cada turbina. Outro diferencial do trabalho é o arranjo completo de geração composto por quatro aerogeradores com supervisão de dados de todas as turbinas, diferentes dos trabalhos de Martinello (2015), Almeida (2011), Aminana e Penereiro (2013), Júnior (2014) e Tibola (2009) onde a supervisão de dados se concentra em apenas uma turbina e com número limitado de variáveis monitoradas (apenas grandezas elétricas e/ ou mecânicas).

Conclusão

Por este trabalho pode-se chegar às seguintes conclusões:

Que o monitoramento das variáveis de decisão da geração eólica em tempo real via a plataforma de hardware microcontrolado *open source* (temperatura, tensão, corrente, umidade, velocidade e direção do vento) atingiu boa confiabilidade dos dados mensurados, baixo consumo energético e mínimo atraso entre a leitura e a exibição na tela de monitoramento;

Que a interface para o usuário (telas de monitoramento) é simples e de fácil acesso, requerendo apenas um celular com conexão internet;

Que o posicionamento dos sensores foi estratégico contribuindo para uma transmissão de dados eficiente, apresentando atrasos na comunicação de microssegundos.

Devido à dificuldade dos alunos na disciplina de Instrumentação Industrial propõe-se a utilização deste material em aulas práticas.

Como trabalho futuros sugere-se; monitoramento em tempo real da curva de geração diária, avaliação dos parâmetros mecânicos e aerodinâmicos de cada turbina eólica com envio de mensagens para o chefe da manutenção da planta de geração diariamente.

Referências Bibliográficas

- ALEXANDRE, G. B.; LIMA, A. M. N. Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos com conexão com a rede elétrica: estudos de casos. Relatório Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento. Projeto de Pesquisa ECV-DTD 002/2011 Eletrobrás. Campina Grande, 2015. 71p.
- ALMEIDA, A. T. P.; SILVA, M. M. Desenvolvimento e montagem de um gerador eólico com pás compósitas. 84f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica). Universidade de Brasília. Brasília, 2011.

- ALMINANA, C. C.; PENEREIRO, J. C. Montagem e testes de uma turbina eólica de pequeno porte. In: Congresso de Iniciação Científica da PUC-Campinas, vol. 13, Anais, Campinas, 2013, 10p.
- ARDUINO. Download the Arduino IDE. 2014. 2p. Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/main/software>. Acesso em: 20/03/2018.
- AZEVEDO, A. L. G.; COELHO, T. F. L. Projeto e implementação de sistema supervisor para gerador eólico. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Automação Industrial). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.
- CRESESB. Centro de referência para energia solar e eólica. Sistema de geração eólica. 2014. 12p. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&lang=pt&cid=391. Acesso em: 23/03/2019.
- DEMETRAS, E. SCT-013 - Sensor de corrente alternada com Arduino. 2017. 43p. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sct-013-sensor-de-corrente-alternada/>. Acesso em: 25/03/2018.
- DFROBOT. Wind speed sensor voltage type SKU: SEN0170. 2016. 05p. Disponível em: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Wind_Speed_Sensor_Voltage_Type\(0-5V\)_SKU:SEN0170](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Wind_Speed_Sensor_Voltage_Type(0-5V)_SKU:SEN0170). Acesso em: 25/03/2018.
- ELETROVENTO. Sobre energia eólica. 2016. 16p. Disponível em: <http://www.eletrovento.com.br/pagina/saiba-mais/sobre-energia-eolica/47/>. Acesso em: 24/03/2018.
- JÚNIOR, E. A Estratégias de conversor para interligação de sistemas de geração eólica à rede elétrica. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e Computação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.
- MATINELLO, D. Sistema de emulação de aerogeradores para aplicações em geração distribuída de energia elétrica. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2015.
- NEOSOLAR. Inversores ou conversores. 2015. 2p. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/inversores-ou-conversores/>. Acesso em: 24/03/2018.
- PEZZI, R.; BRANDÃO, R. Estação meteorológica modular. CTA/IF-UFRS. 2016. 6p. Disponível em: <http://cta.if.ufrgs.br/projects/estacao-meteorologica-modular/wiki/Anemometro>. Acesso em: 26/03/2018.
- PROCESSING. Download the Processing IDE. 2014. 2p. Disponível em: <https://processing.org/download/>. Acesso em: 20/03/2018.
- REIS, P. Como funciona um aerogerador. 2016. 5p. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/funcionamento-de-um-aerogerador/>. Acesso em: 08/04/2019.
- THOMSEN, A. Estação meteorológica a baixo custo. 2015. 8p. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/estacao-meteorologica-com-arduino/>. Acesso em: 26/03/2018.
- TIBOLA, G. Sistema eólico de pequeno porte para geração de energia elétrica com rastreamento de máxima potência. 285f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

Capítulo 6**ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DO RIO PEDRA COMPRIDA NA ZONA URBANA DO MUNICÍPIO DE SUMÉ-PB****¹Welinágila Grangeiro de Sousa****²Paulo da Costa Medeiros****³George do Nascimento Ribeiro****⁴Santana Livia de Lima****⁵Paulo Roberto Megna Francisco**¹Engenheira em Biosistemas, UFCG/CDSA/Campus Sumé, welinagilagrangero@gmail.com²Professor Adjunto, UFCG/CDSA/UATEC/Campus Sumé, medeirospc@gmail.com³Professor Adjunto, UFCG/CDSA/UAEBB/Campus Sumé, george@ufcg.edu.br⁴Engenheira de Biosistemas, UFCG/CDSA/Campus Sumé, livialima24s@gmail.com⁵Dr. em Engenharia Agrícola, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande, paulomegna@gmail.com**Introdução**

A água apresenta uma enorme relevância para as diversas formas de vida no planeta, por estar presente nos mais variados processos físicos, químicos e biológicos. Contudo, a comunidade humana tem explorado este artifício natural de modo não sustentável, provocando sérios problemas associados à baixa qualidade dos recursos hídricos juntamente com sua escassez (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013). A característica das águas é um considerável indicador da qualidade ambiental de uma bacia hidrográfica e representa um fator de capacidade ou restrição para o progresso de determinadas práticas produtivas e de serviços (SILVA et al., 2014).

Historicamente o desenvolvimento humano se deu com forte dependência da disponibilidade das águas. No âmbito global, o Brasil se destaca pelo seu grande potencial de água doce na forma líquida, comparando-se com outras nações, no entanto, tal potencial não se apresenta de forma homogênea, a exemplo do semiárido Nordeste, com décadas de desenvolvimento segundo a labuta da baixa disponibilidade. O uso desenfreado dos escassos recursos hídricos vem colaborando de forma acentuada para a degradação da qualidade da água e aumentando as adversidades ambientais da região (SILVA et al., 2014).

Atualmente a contaminação hídrica, motivada particularmente pelo crescimento populacional e pela forte industrialização nas cidades, é um dos motivos que colabora para a poluição da água, com isso se faz necessário à verificação da qualidade da água para utilização humana, que é feita pela determinação de

diferentes parâmetros físicos, químicos, bacteriológicos e indícios de contaminação orgânica e biológica, no entanto para que a água seja apontada como satisfatória ao consumo humano é essencial que a mesma obedeça aos padrões de potabilidade designados pelo Ministério da Saúde (REISNER & OLIVEIRA, 2015).

Com a finalidade de garantir a qualidade hídrica, o Ministério da Saúde elaborou as técnicas e cuidados relativos ao controle e supervisão da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade por meio da Portaria MS Nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 (BRASIL, 2011).

No Brasil, a Resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) determina a classificação e as condutas ambientais para o enquadramento dos corpos hídricos superficiais, assim como, os padrões de qualidade da água e de lançamento de efluentes nos corpos hídricos (BRASIL, 2005).

Para uma gestão apropriada dos recursos hídricos, o primeiro estágio é o monitoramento da qualidade da água, com intenção de evidenciar os aspectos físico-químicos que possibilitam diagnosticar as alterações acarretadas por ações antrópicas ou naturais, no uso e na ocupação da terra (QUEIROZ et al., 2010). Neste caso, o controle das águas tem se tornado cada vez mais significativo, conseguindo, com isso, analisar e detectar os principais elementos poluidores e quantificar os tipos de poluentes presentes nestes corpos (BERTOLDO et al., 2014).

A gestão das águas fundamenta-se em uma das grandes vertentes da gerência

ambiental, notadamente quando destacamos áreas muito sujeitas à degradação hídrica, como no caso das zonas urbanas onde a intervenção humana modifica muitas vezes as características naturais das zonas ripárias a exemplo da alteração superficial de taludes, transporte de sedimentos, balaço hídrico de entrada e saída de água e mais intensamente no aspecto qualitativo, na alteração de padrões naturais biológicos e físico-químicos nos corpo de água.

Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo avaliar parâmetros físico-químicos do trecho urbano do rio Pedra Comprida, município de Sumé-PB, e analisar a adequação

dos parâmetros perante a padronização exigida pela legislação em vigor.

Material e Métodos

O rio Pedra Comprida, encontra-se em sua totalidade no município de Sumé, Estado da Paraíba, Região Nordeste do Brasil. A área de estudo compreende a extensão urbana desse afluente da Bacia do Alto rio Sucuru, que por sua vez, é um dos secundários da Região do Alto Paraíba (Bacia do rio Paraíba) (Figura 1), o mesmo está compreendido entre as coordenadas 7°33'50.00" e 07°40'28.38" latitude sul e 36°56'24.98" e 36°52'56.63" longitude Oeste, com 22,26 km de extensão.

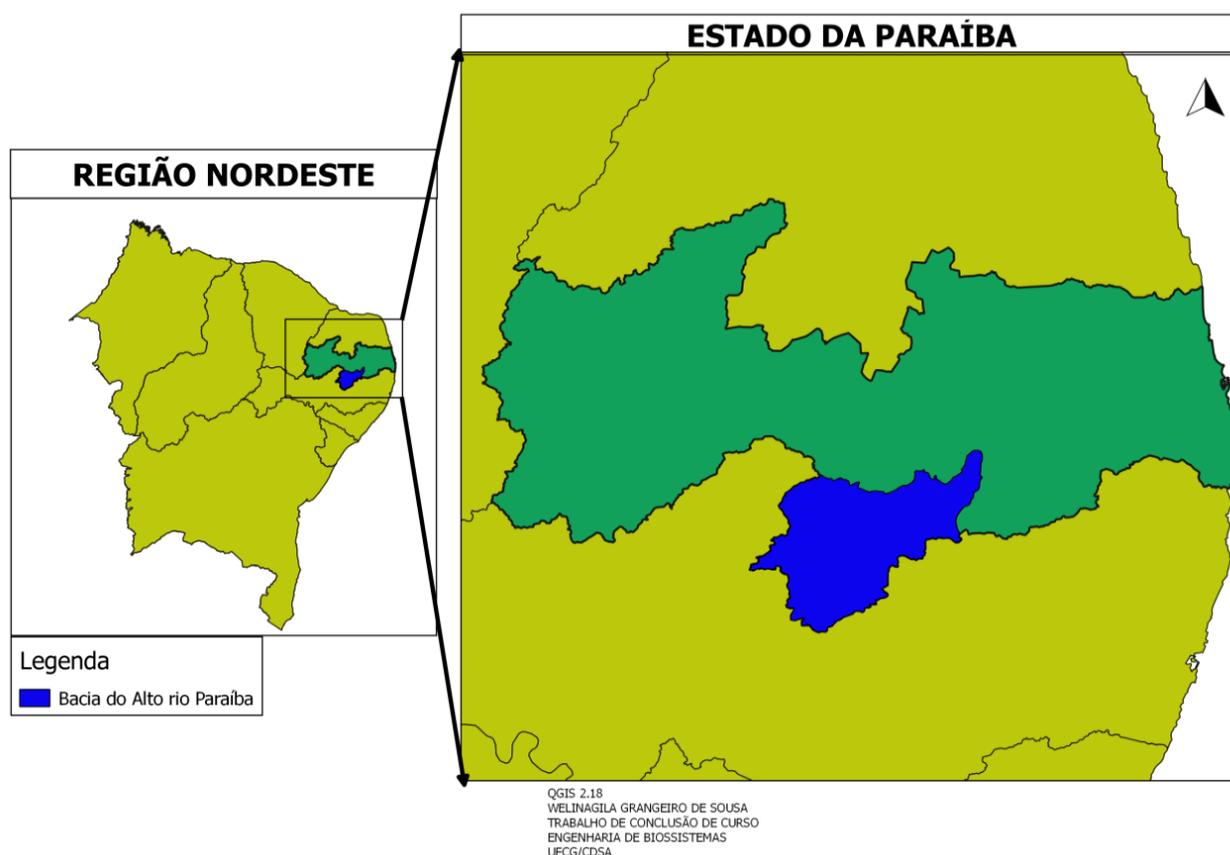


Figura 1. Bacia hidrográfica do Alto rio Paraíba.

Fonte: Adaptado de IBGE (2009); AESA (2006).

O rio em estudo é formado a partir da junção de dois riachos, o Poço Escuro e o Riacho das Cinco Vacas, localizados na zona rural do município de Sumé. De acordo com SUDEMA (1988), o rio Pedra Comprida enquadra-se na classe 2 de acordo com seus usos preponderantes. O trecho analisado está

situado entre as coordenadas 7°39'56.54" e 07°40'28.38" latitude Sul e 36°52'59.40" e 36°52'56.63" longitude Oeste, com 1,47 km de extensão (Figura 2). Igualmente como maior parte dos rios da região, o rio Pedra Comprida é intermitente.

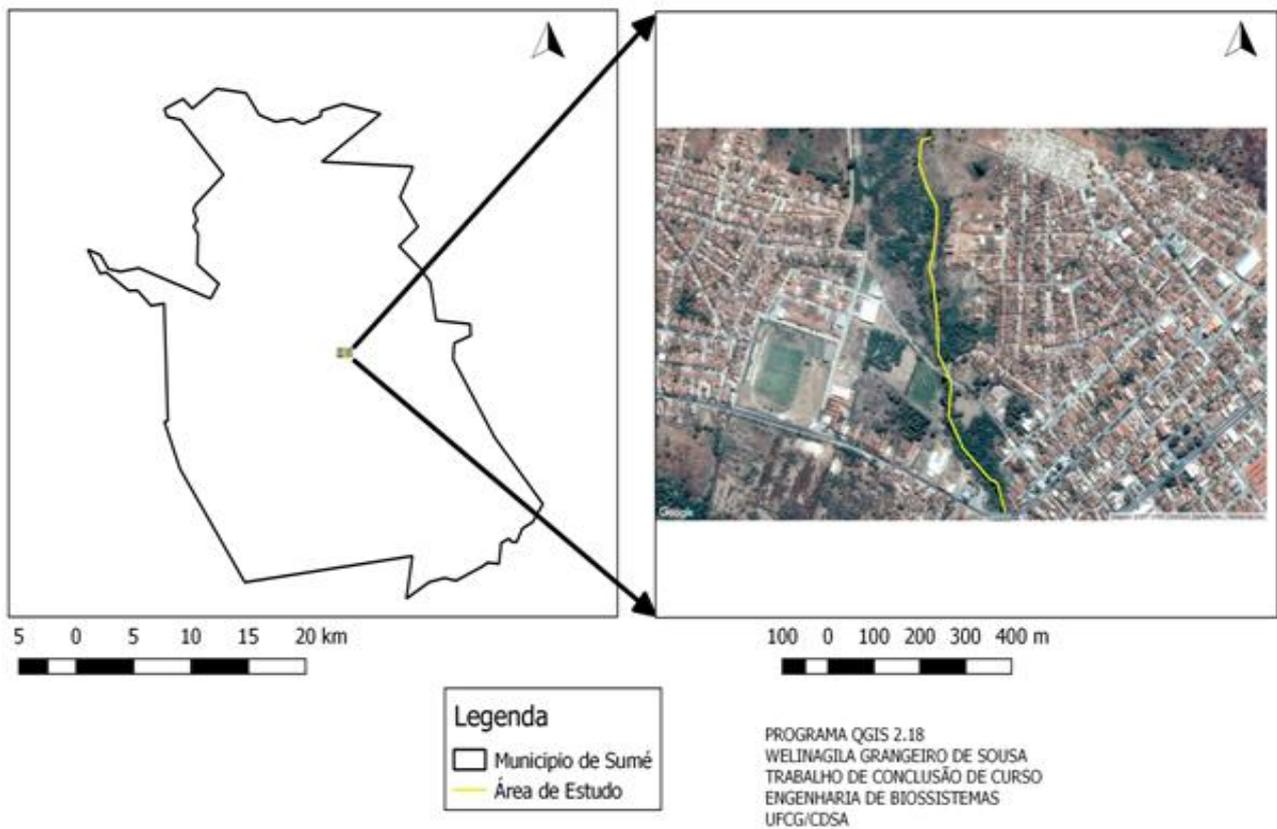


Figura 2. Localização do trecho urbano do rio Pedra Comprida.
 Fonte: Adaptado de IBGE (2009); Google Earth (2017).

As amostras de água foram recolhidas na primeira quinzena do mês de março de 2017, no período entre 06h30min e 07h30min da manhã, período de escassez pluviométrica, sendo

armazenadas em recipientes plásticos esterilizados e previamente ambientados com água do local, com o objetivo de minimizar possíveis interferências (Figura 3).



Figura 3. Coleta das amostras.

Os pontos de coletas foram denominados de P1, P2, P3, P4 e P5 para melhor identificação. A localização dos pontos de coleta

foi obtida com GPS Garmin (Figura 4), de acordo com a presença de água.



Figura 4. Localização dos pontos de coleta. Fonte: Adaptado de Google Earth (2017).

Os procedimentos das análises físico-químicas foram realizados no Laboratório de Qualidade de Água do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido-UFCG logo em seguida a coleta, com intuito de diminuir os erros provenientes do tempo de armazenamento. Para obter-se melhor precisão experimental, foram realizados ensaios com três repetições para cada amostra, trabalhando-se sempre com valores segundo a média aritmética.

As avaliações da qualidade da água foram realizadas a partir de análises físico-químicas de oito parâmetros: pH; Condutividade Elétrica; Sólidos Totais Dissolvidos; Alcalinidade; Dureza Total; Dureza do Cálcio; Dureza do Magnésio e Cloreto; e foram confrontados com a Portaria N° 2914 de 12/12/2011, do Ministério da Saúde, em relação aos padrões de potabilidade para o consumo humano permitidos de acordo com a portaria encontram-se descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios permitidos de acordo com a Portaria N° 2914 de 12/12/2011

Parâmetros	VMP
Temperatura	-
pH	6,0 – 9,5
CE (mS/cm)	-
Dureza de Cálcio (mg/l)	-
Dureza de Magnésio (mg/l)	-
Dureza Total (mg/l)	500
STD (ppm)	1000
Cloretos (mg/l)	250
Alcalinidade (mg/l)	250

Uma análise comparativa com parâmetros de pH e Sólidos Totais Dissolvidos também foram confrontados com Resolução 357/05 do CONAMA concernente à classe prevista para o riacho Pedra Comprida (rio

Sucuru), como supracitado (Classe 2). Limitando-se em 6 a 9 para o potencial hidrogeniônico e 500 mg/L par a Sólidos Totais Dissolvidos.

Para especificação do pH foi utilizado um pHmetro digital microprocessador L' Del Lab Modelo DLA pH, popularmente conhecido como pHmetro de bancada da marca Quimis, corretamente calibrado com soluções tampão de pH conhecido. Para a determinação do pH se fez necessário medições das temperaturas durante o procedimento controladas durante todo o processo em torno de 25°C.

A caracterização da Condutividade Elétrica foi realizada por meio de leitura direta em um condutivímetro de bancada da marca TECNOPON, modelo mCA-150 adequadamente calibrado.

De acordo com Araújo (2016), a determinação da dureza se dá pelo método da complexação. Essa técnica consiste na titulação da amostra com EDTA e indicador de negro de eriocromo T, em meio tamponado, para complexação de cálcio e magnésio. A finalização da titulação acontece no momento em que a solução exibe a coloração azul (FERNANDES et al., 2014).

Para a determinação da dureza magnésiana utilizou-se do método indireto que se fundamenta na diferença entre a dureza total e a dureza cálcica, obtendo assim valores de dureza magnésiana, onde a mínima foi de 60 e a máxima foi de 457,5 mg/L de Mg²⁺ (SILVA, 2017).

Os sólidos totais dissolvidos (STD) foram especificados como o peso total dos minerais encontrados na água (CETESB, 2016). A determinação da quantidade de sólidos totais dissolvidos se deu pelo método eletrométrico.

Os valores de cloretos foram identificados pelo método de Mohr, no qual, ocorre a titulação dos cloretos com uma solução de nitrato de prata 0,05N, precipitando o cloreto de prata, sendo o ponto final identificado pela presença de cromato de potássio a 5%, reagindo com o excedente de prata (ARAÚJO, 2016).

A alcalinidade foi mensurada pela titulação da amostra de água com uma solução 0,02N de ácido sulfúrico, no qual foi usado como indicadores a fenolftaleína e o alaranjado de metila, até o aparecimento da cor alaranjada, em virtude da viragem do indicador (REISNER & OLIVEIRA, 2015).

Resultados e Discussão

Os resultados das análises de todos os parâmetros estão expostos e discutidos separadamente. A qualidade da água é basicamente definida pela mensuração de seus múltiplos parâmetros, nos quais sinalizam problemas quando atingem valores superiores aos prescritos para determinados usos do corpo hídrico (WEINBERG, 2013).

Observando os resultados das amostras (Tabela 2), constata-se que todas se enquadram dentro dos valores de referência para o consumo humano. Os valores de pH descritos na Portaria N°2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011) estão entre 6 e 9,5, dessa forma, valores abaixo de 6 são tidos como pH ácidos, e valores acima de 9,5, são alcalinos não atendendo a legislação vigente, no entanto os valores encontrados para a área analisada variaram de 7,42 a 8,30.

Assim como no referente estudo, Strohschoen et al. (2009), Buzelli e Cunha-Santino (2013) e Zerwes et al. (2015), o pH não ultrapassou os limites recomendados pelo Ministério da Saúde. A faixa de variação de pH obtida está em consonância com Nakamura et al. (2014) que apresentam variação entre 5,5 e 8,5. O pH é um indicador que determina a condição ácida ou alcalina de uma água, não ocasionando risco sanitário relacionado diretamente à sua medida, a menos que seus valores sejam extremamente baixos ou elevados, a ponto de causar irritação na pele ou nos olhos (MUNIZ, 2013).

Tabela 2. Valores de pH das referentes amostras e suas temperaturas

Parâmetro	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5
pH	-	7,42	7,08	8,30	8,12	7,50
Temperatura	°C	24,8	25,0	25,3	24,8	24,8

Durante o trabalho de campo observa-se que em alguns pontos ao longo do trecho do rio Pedra Comprida há presença de animais e bastante lixo descartado inadequadamente pela população em praticamente toda a extensão

(Figura 6), fator esse que pode ter afetado diretamente os valores encontrados, tendo em vista que a presença de excretas animais pode influenciar no baixo valor de pH.



Figura 6. Presença de animais e lixo.

As temperaturas correspondentes aos pontos de coleta localizados variam de 24 a 25°C, no entanto esses valores podem ser justificados devido aos horários de coleta, compreendidos entre 6:30 e 7:30hs da manhã. Variações de temperatura instituem o regime climático normal, e corpos de água naturais possuem modificações sazonais e diurnas, assim como estratificação vertical, onde a temperatura superficial é instigada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (TSGA, 2014). Bucci et al. (2015) condizem com isso ao assegurar que variações na temperatura pode estar concatenada com as estações do ano, exceto, quando o corpo hídrico for alvo de contaminação por efluentes domésticos ou industriais.

Referente à Resolução 357/05 CONAMA (enquadramento dos corpos d'água) quanto ao pH para águas de Classe 2, nos valores da Tabela 2 observa-se que a água está em conformidade com os limites, estabelecidos entre 6 e 9.

A análise de condutividade aponta o teor de sólidos iônicos solúvel na água, no entanto na legislação do Brasil não existe um limite

superior tido como admissível, porém, é um importante fator na caracterização de águas, tendo em vista, que alternância na condutividade da água, mesmo sem causar prejuízo imediato ao ser humano, designa uma possível degradação do meio aquático por efluentes, assim como o assoreamento rápido de rios por destruição da mata ciliar (LÔNDERO et al., 2011). Tal resultado também pôde ser afirmado no trabalho de Motta et al. (2008), onde o aumento da condutividade elétrica foi associado ao aumento dos sólidos totais dissolvidos.

Na Figura 7 observa-se o assoreamento do rio, fato esse que além de ser de difícil reversão, pode gerar consequências graves, incluindo a extinção de cursos d'água, e as causas do assoreamento estão quase sempre relacionadas com a ausência da mata ciliar como se observa na Figura 8, que é a cobertura vegetal que se posiciona nas áreas próximas às margens dos rios, esse processo vem ocorrendo principalmente em virtude do desmatamento no entorno do rio afim de construções civis, onde a principal delas está sendo a expansão do cemitério da cidade.



Figura 7. Assoreamento do rio.



Figura 8. Ausência de mata ciliar.

Observam-se diversos pontos de despejo de efluentes domésticos no entorno e diretamente no rio principalmente pelo direcionamento inadequado das tubulações como observa-se nas Figuras 9 e 10. Com isso,

além do mau cheiro nesses ambientes, ficam também os prejuízos relacionados ao desequilíbrio ecológico e até mesmo a transmissão de doenças a população em virtude da contaminação hídrica.



Figura 9. Lançamento de efluente.



Figura 10. Tubulação de esgoto.

Na Tabela 3 pode-se verificar que os valores encontrados de CE variam de 3,63 a 6,08 mS/cm na faixa de 25°C. Segundo Araújo (2016), mesmo não existindo valores referentes na legislação para água potável, presume-se que

valores menores a 2 mS/cm denotam potabilidade, devido ao baixo teor de sais dissolvidos, pois quanto maior a quantidade de íons maior é a CE.

Tabela 3. Valores de CE das referentes amostras e suas temperaturas

Parâmetro	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5
CE	mS/cm	4,08	3,89	5,06	6,08	3,63
Temperatura	°C	25,3	24,8	24,7	24,8	24,7

Levando em conta o valor mencionado pelo autor, os resultados obtidos denotam uma água não adequada para o consumo humano, em virtude dos elevados valores de condutividade elétrica provavelmente devido à concentração de sais solúveis na água, tendo em vista que não há índice pluviométrico nessa época fazendo com que ocorresse uma concentração maior dos íons em solução.

No momento em que as concentrações de íons ultrapassarem 1mS/cm, o meio pode estar impactado, pois valores elevados de CE podem indicar sinais corrosivos da água, nos quais danificam as tubulações de abastecimento ocasionando furos e vazamentos (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013).

A dureza é um parâmetro utilizado para diagnosticar a qualidade da água destinada ao consumo humano (BORTOLI, 2016). A mesma aponta a concentração de cátions versáteis em solução na água, nos quais os de cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) se fazem mais frequentemente, tendo sua origem natural ou antropogênica (SOUSA et al., 2016).

A Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece como padrão de potabilidade para a dureza o valor máximo permitido (VMP) de 500 mg/L CaCO_3 , como pode ser observado na Tabela 4, todos os resultados dos cinco pontos analisados foram superiores ao VMP, tornando a água imprópria para o consumo humano.

Tabela 4. Valores de dureza de cálcio e magnésio e dureza total das amostras

Amostras	Dureza do Cálcio (mg.L ⁻¹) (Ca^{2+})	Dureza do Magnésio (mg.L ⁻¹) (Mg^{2+})	Dureza Total (mg.L ⁻¹) (CaCO_3)
P1	325	457,5	782,5
P2	295	437,5	732,5
P3	227,5	417,5	645
P4	705	60	765
P5	207,5	392,5	600

Pelos resultados constata-se uma quantidade de carbonato de cálcio bem elevado a 180 mg/L, denotando a qualidade de água muito dura, estando assim fora do padrão de potabilidade em vigor.

O valor médio de STD das amostras analisadas são entre 1795 e 3013 ppm conforme exposto na Tabela 5. De acordo com os valores instituído em Lei pela Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde, o valor máximo permitido é de até 1000 mg.L⁻¹.

Tabela 5. Valores de sólidos totais dissolvidos e suas temperaturas

Parâmetro	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5
Sólidos Totais Dissolvidos	ppm	2034	1970	2653	3013	1795
Temperatura	°C	24,7	24,9	25,0	25,2	25,3

Este parâmetro é aplicado no controle de poluição de corpos d'água natural com esgotos sanitários e efluentes industriais, para avaliar a eficiência nas estações de tratamentos de efluentes como Marimuthu et al. (2013) em Tamilnadu na Índia.

Observa-se que os valores são todos superiores ao estipulado pela legislação em vigor, tornando assim a água imprópria para o consumo humano. Tal fato pode ser explicado devido à ausência de chuvas nesse período,

ocasionando o acúmulo de sólidos em virtude dos dejetos animais, lixo e despejo de efluentes domésticos que contribuem para o aumento de sólidos, visto que, a quantidade de água presente não se fazia suficiente para a dissolução dos mesmos.

Comparando os valores de Sólidos Totais Dissolvidos com a Resolução 357/05 do CONAMA, referente à Classe 2 (enquadramento dos corpos d'água), em todas as coletas os

resultados foram bem superiores ao limite de 500 mg.L⁻¹ variando de 3,59 a 6,03 vezes a mais.

Os cloretos presentes na água mudam sua quantidade de acordo com a região, a Portaria do Ministério da Saúde N° 2.914/2011 e o CONAMA em sua Resolução 357/05 estipulam concentrações de até 250,00 mg.L⁻¹ de cloretos, valores excedentes, proporcionam as águas com sabor salgado, além de evidenciar as águas com introdução de esgotos e urina (BORTOLI, 2016).

As quantidades de cloretos das amostras analisadas variam de 878,5 a 1.480 mg.L⁻¹ conforme (Tabela 6), mostrando-se bastante elevadas quando comparadas ao valor máximo permitido, tendo em vista fatores que possam ser responsáveis por esse grande excedente, como a escassez de precipitação juntamente com o despejo de efluentes domésticos no decorrer do rio, tornando assim uma água inapropriada para o consumo humano.

Tabela 6. Valores de cloretos das respectivas amostras

Parâmetro	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5
Cloretos	mg/l	938	913,5	1176	1480	878,5

Ressalta-se que águas contendo altos teores de cloretos podem provocar incrustações nas tubulações e rompimento das mesmas, além de ocasionar problemas de saúde à população, como ressecamento da pele e efeitos laxativos (CETESB, 2016).

De acordo com Naime et al. (2009), a alcalinidade é definida como a capacidade da

No município de Baraúna, o qual apresenta condições climáticas semelhantes à área de estudo, Stein et al. (2014) obtiveram valor máximo de 1697,10 mg.L⁻¹, assim, os valores encontrados para a área de Sumé estão em consonância com os encontrados em Baraúna, levando em conta também influência direta do lançamento de esgoto sanitário.

Estudos em outras regiões alcançaram concentrações de cloreto de 4,43 a 299,26 mg L⁻¹ Cl⁻ (LUCAS et al., 2014) no Riacho Jacaré em Sergipe, e em uma avaliação da qualidade sazonal das águas, Ribeiro et al. (2013) em função ao lançamento de efluentes de abate bovino, reportaram teores de 0,08 a 1,84 mg L⁻¹ Cl⁻ no período seco e de 0,34 a 1,39 mg L⁻¹ Cl⁻ no período chuvoso; Souza et al. (2015) reportaram teores de 19,3 a 35,4 mg L⁻¹ Cl⁻. Contudo, vale ressaltar que múltiplos fatores interferem nas concentrações de cloreto nos corpos hídricos.

água de neutralizar ácidos, sendo expressa em quantidade equivalente de carbonato de cálcio.

A Portaria N° 2.914/2011 do Ministério da Saúde estipula como valor máximo permitido de 250 mg/L, no entanto os valores obtidos de alcalinidade das análises alternam de 257,5 a 1092,5 mg/L (Tabela 7), apresentando-se muito superior ao VMP, tornando a água imprópria para o consumo humano.

Tabela 7. Valores de alcalinidade das respectivas amostras

Parâmetro	Unidade	P1	P2	P3	P4	P5
Alcalinidade	mg/l	368,5	624	1092,5	257,5	882

Em quantidades moderadas na água de consumo humano, a alcalinidade total não possui nenhum valor sanitário, todavia, em grande quantidade, pode gerar um sabor desagradável, resultando assim, em desaprovação, sendo um considerável coagulante químico das águas, esgotos e águas residuais e no domínio e prevenção da corrosão em canalizações, sendo, portanto, uma das exigências mais significativas na potabilização das águas para consumo humano (PEREIRA et al., 2010).

Conclusão

Os valores elevados quanto ao parâmetro sólido totais dissolvidos nas amostras coletadas, destacou a necessidade de adequar tal corpo hídrico aos limites estabelecidos o qual este está enquadrado.

Com base nos dados amostrais observou-se que os valores dos parâmetros obtidos em laboratório não estão condizentes com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde sendo assim imprópria para o consumo humano.

Ressalta-se que as análises comparativas com a classe de uso preponderante e com os padrões de potabilidade descritos neste

trabalho, objetivam auxiliar como referencial entre os limites padronizados da legislação vigente e abordagens projetivas no tocante à gestão de recursos hídricos que envolva a área de estudo.

Referências

- AESA. Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br. Acesso em: 26 Jun. 2017.
- ARAÚJO, E. F. Qualidade da água utilizada para o consumo em escolas públicas municipais de Monteiro-PB. TCC (Graduação em Engenharia de Biosistemas). Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2016.
- BERTOLDO, D. C.; SCHONS, D. C.; SANTOS, C. R.; VEIGA, T. G.; SZYMANSKI, N. Análises físico-químicas das águas do Rio do Ouro, em Ouro Verde do Oeste – Paraná. Iniciação Científica Cesumar, v.16, n.2, p.147-154, 2014.
- BORTOLI, J. Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do vale do Taquari/RS. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento). Centro Universitário Univates. Lajeado, 2016.
- BUCCI, M. M. H. S.; DELGADO, F. E. F.; SANTOS, D.S.; OLIVEIRA, L. F. C. Análise de metais, agrotóxicos, parâmetros físico-químicos e microbiológicos nas águas da Represa Dr. João Penido, Juiz de Fora, MG. Ambiente & Água, v.10, n.4, p.804-824, 2015.
- BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP). Ambiente Água, Taubaté, v.8, n.1, p.186-205, 2013.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, 2005. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 25 ago. 2017.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 8 ago. 2017.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, 2011. Disponível em: http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf. Acesso em: 10 ago. 2017.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice D. Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade. 2016. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 29 jun. 2017.
- LÔNDERO, E.; ZELA, S. P.; GARCIA, C.; IGNÁCIO, C. M. S.; NEVES, E. Análise da condutividade elétrica das águas dos rios Bugres e Paraguai. Higiene Alimentar, v.25, n.194/195, p.1046-1407, 2011.
- LUCAS, A. A. T.; MOURA, A. S. A.; NETTO, A de O. A.; FACCIOL, G. G.; SOUSA, I. F. Qualidade da água no riacho Jacaré, Sergipe e Brasil usada para irrigação. Agricultura Irrigada, v.8, n.2, p.98-105, 2014.
- FERNANDES, N. L.; BARRETO, N. M. B.; MACHADO, A. C.; ROCHA, G. P. Estudo comparativo entre metodologias utilizadas para determinação de dureza total em matrizes aquosas. In: Congresso Qualidade em Metrologia e Saneamento e Abastecimento de Água. São Paulo, 2014.
- MARIMUTHU, T.; RAJENDRAN, S.; MANIVANNAN, M. An analysis of efficiency and water quality parameters of dye effluent treatment plant, Karur, Tamilnadu, India. Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology, v.2, n.3, p.567-571, 2013.
- MOTTA, M.; SILVA, V. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, M. G. L.; CORREA, M. M. Avaliação da qualidade da água dos mananciais na ilha de Fernando de Noronha. Ambiente & Água, v.3, n.3, 2008.
- MUNIZ, J. M. Avaliação microbiológica, física e química da água de escolas públicas municipais de Uberaba-MG. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro. Uberaba, 2013.
- NAIME, R. H.; CARVALHO, S.; NASCIMENTO, C. A. Avaliação da qualidade da água utilizada nas agroindústrias familiares do Vale dos Sinos. Agronegócios e Meio Ambiente, v.2, n.1, p.105-119, 2009.
- NAKAMURA, C. Y.; MARQUES, E.; VILELA, P.; ODA, T.; LIMA, L.; COSTA, R.; AZEVEDO, I. C. Avaliação da qualidade da água subterrânea no

- entorno de um aterro sanitário. *Águas Subterrâneas*, v.28, n.2, p.28-40, 2014.
- PEREIRA, A. P. Avaliação da qualidade da água da chuva. 28f. Dissertação (Técnico em Química). Centro de Educação Profissional. Centro Universitário Univates. Lajeado, 2014.
- PEREIRA, S. F. P.; COSTA, A. C.; CARDOSO, E. S. C.; CORRÊA, M. S. S.; ALVES, T. V.; MIRANDA, R. G.; OLIVEIRA, G. R. F. Condições de potabilidade da água consumida pela população de Abaetetuba-Pará. *Estudos Ambientais*, v.12, n.1, p.50-62, 2010.
- QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES, S. D.; BOAS, M. A. V. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. *Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.4, p.200-210, 2010.
- REISNER, A.; OLIVEIRA, D. V. Análise das propriedades físico-químicas de amostras de água no Município de Gaspar-SC. *Gestão, Sustentabilidade e Negócios*, v.3, n.1, p.4-14, 2015.
- RIBEIRO, E. A.; SANDRI, E. A.; BOÊNO, J. A. Qualidade da água de córrego em função do lançamento de efluente de abate de bovino. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.4, p.245-433, 2013.
- SILVA, E. M. Avaliação da qualidade de água através de parâmetros físico-química da água bruta e pós-tratamento do açude Sumé. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2017.
- SILVA, M. B. R.; AZEVEDO, P. V.; ALVES, T. L. B. Análise da degradação ambiental no alto curso da bacia hidrográfica do Rio Paraíba. *Boletim Goiano de Geografia*, v.34, n.1, p.35-53, 2014.
- SILVA, P. M.; PIROLI, E. L.; HERNÁNDEZ, J. E. G. Qualidade da água e turismo em bacias hidrográficas: o caso da microbacia do Rio Sucuri, Bonito-MS, Brasil. *Ciência Geográfica*, v.18, n.1, p.91-103, 2014.
- SOUSA, S. S.; SILVA, W. S.; MIRANDA, J. A. L. Análise físico-química e microbiológica da água do rio Grajaú, na cidade de Grajaú – MA. *Ciência e Natura*, v.38, n.3, p.1615-1625, 2016.
- SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; CONDÉ, N. M.; CARVALHO, W. B.; CARVALHO, C. V. M. Análise das condições de potabilidade das águas de surgências em Ubá, MG. *Ambiente & Água*, v.10, n.3, p.614-622, 2015.
- SUDEMA. Superintendência de Administração do Meio Ambiente. DZS 205 - Enquadramento dos corpos d'águas da bacia hidrográfica do rio Paraíba. Sistema Estadual de Licenciamento de Atividade Poluidoras-SELAP, 1988. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/DZS_03.pdf. Acesso em: 26 ago. 2017.
- STEIN, P.; SILVA, F. E.; SILVA, A. I. M.; LIMA, G. L. G. A qualidade das águas subterrâneas do município de Baraúnas/RN. *Cultural e Científica do UNIFACEX*, v.12, n.1, 2014.
- STROHSCHOEN A. A. G, PÉRICO E.; LIMA D. F. B.; REMPEL C. Estudo preliminar da qualidade da água dos rios Forqueta e Forquetinha, Rio Grande do Sul. *Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, v.7, n.4, p.372-375, 2009.
- TSGA. Projeto Tecnologias Sociais para Gestão da Água. Programa de capacitação em gestão da água. 2014. Disponível em: <http://docplayer.com.br/19404097-Projeto-tecnologias-sociais-para-a-gestao-da-agua-programa-de-capacitacao-em-gestao-da-agua-curso-saneamento-rural.html>. Acesso em: 10 Jul. 2017.
- WEINBERG, A. Uso de índices de qualidade de água para a caracterização da bacia hidrográfica do rio guandu. 178f. Trabalho de Conclusão de Curso. Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.
- ZERWES, C. M.; SECCHI, M. I.; CALDERAN, T. B.; BORTOLI, J.; TONETTO J. F.; TOLDI, M. Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. *Ciência e Natura*, v.37, n.4, p.651-663, 2015.

Capítulo 7

MODELAGEM MATEMÁTICA DA CINÉTICA DE SECAGEM DE NOZES (*Juglans regia* L.) SEM CASCA**¹Newton Carlos Santos****²Virgínia Mirtes de Alcântara Silva****³Victor Herbert de Alcântara Ribeiro****⁴Sâmela Leal Barros****⁵Amanda Priscila Silva Nascimento****⁶Ana Júlia de Brito Araújo****⁷Raphael Lucas Jacinto Almeida**

^{1,4}Mestrandos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande-PB, newtonquimicoindustrial@gmail.com; samelaleal7@gmail.com

^{2,3}Doutorandos do Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande-PB, virginia.mirtes2015@gmail.com; victor_herbert@hotmail.com

⁵Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/Campus Campina Grande-PB, amandapricila@yahoo.com.br

⁶Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CTRN/UAEA/Campus Campina Grande-PB, a.juliaaraujo@gmail.com

⁷Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/CCT/UAEQ/Campina Grande-PB, raphaelqindustrial@gmail.com

Introdução

O Brasil possui uma ampla diversidade de espécies oleaginosas, entre as oito oleaginosas mais consumidas no mundo estão as nozes e as castanhas (avelã, amêndoa, amendoim, pecã, pistache, macadâmia, castanhas e nozes), algumas estão distribuídas em todas as áreas do país, na região Norte destaca-se a castanha do Pará, no Centro-oeste a de baru, no Nordeste a de caju, no Sul a noz pecã e no sudeste a noz macadâmia (RODRIGUES et al., 2012).

A noqueira (*Juglans regia* L.) pertence à família *Juglandaceae*, contém aproximadamente sete gêneros e 59 espécies distribuídas mundialmente em regiões temperadas e tropicais. São nativas do sudeste da Europa, Ásia Menor, Índia e China. Algumas espécies de árvore noqueira já são cultivadas em toda a Europa, América do Norte, África do Norte e Leste da Ásia. As nozes, também conhecidas como nozes Persas ou simplesmente nozes comuns, são amplamente distribuídas em todo o mundo, e em Portugal, estas espécies são comuns em todo o país (SAVAGE, 2001).

Esses frutos têm recebido um interesse crescente como um alimento saudável, pois seu consumo regular é descrito como capaz de diminuir o risco de diversas enfermidades, como doenças cardiovasculares e diabetes tipo 2. Atualmente tem se observado uma tendência

cada vez maior de usos de matérias-primas de origem natural em produtos farmacêuticos, causando uma exploração significativa do mercado nacional e internacional desses produtos em todo o país (DAVIS et al., 2007).

Os benefícios das nozes na saúde são geralmente atribuídos à sua composição química. As nozes são uma boa fonte de ácidos graxos essenciais, vitamina E, tocoferóis e fitoesteróis (AMARAL et al., 2005; PEREIRA et al., 2007). Na composição do óleo das nozes, o ácido linoleico é o principal ácido graxo com 57 a 64%, seguido por oleico (13-22%), α -linolênico (10-16%), palmítico (5-8%) e esteárico (1-3%). Devido ao seu alto teor de ácidos graxos poliinsaturados tem sido sugerido para reduzir o risco de doença cardíaca, diminuindo LDLc e colesterol total e aumento de HDLc (DAVIS et al., 2007).

Além disso, as nozes têm outros componentes que podem ser benéficos para a saúde, incluindo proteínas vegetais, fibra alimentar, melatonina, esteróis vegetais, folato, taninos e polifenóis (ARRANZ et al., 2008; PEREIRA et al., 2008). A composição química, ou seja, os teores de óleo e de ácidos graxos e de tocoferóis encontrados, podem variar significativamente entre os diferentes cultivares de noz e as condições ambientais (AMARAL et al., 2005).

Para reduzir as perdas em pós-colheita, principalmente por infestação de microrganismos, são empregados diversos métodos físicos, químicos e/ou biológicos, para aumentar a vida pós-colheita de produtos hortícolas. Entre os métodos físicos para conservação pós-colheita, a secagem artificial é amplamente empregada, principalmente em sementes oleaginosas. O estudo da cinética de secagem é o primeiro passo para a determinação correta do tempo e temperatura de secagem (EVARISTO, 2015).

Segundo Resende et al. (2008), o fenômeno de redução do teor de água simultaneamente com processos de transferência de calor e massa, podem alterar de forma substancial sua qualidade, dependendo do método e das condições de secagem. Vários parâmetros influenciam o processo de secagem, dentre eles a velocidade do ar, umidade e tempo de secagem, entretanto, o controle desses parâmetros compromete a qualidade final do produto (YILBAS et al., 2003).

Assim, para minimizar as alterações e perdas dos produtos, e conseqüentemente obter um produto de melhor qualidade, é necessário a obtenção de um modelo que represente de maneira clara e satisfatória todos os dados requeridos experimentalmente. Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de realizar a cinética de secagem da noz sem casca, em diferentes temperaturas de ar de secagem e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais da secagem, selecionando aquele que melhor descreve o fenômeno.

Material e Métodos

As amostras de noz (*Juglans regia* L.) foram adquiridas no município de Campina

Grande e os experimentos foram realizados no Laboratório de Secagem, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Alimentos, da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Campina Grande - PB.

Cinética de secagem

Foram retiradas as cascas das nozes e as amostras foram colocadas em bandejas de aço inoxidável, e uniformemente espalhadas, formando uma camada fina. Para iniciar o experimento, as bandejas foram colocadas em um secador com circulação de ar com velocidade de ar de 1,5 m/s, para a realização das cinéticas de secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60°C, no início e no final das secagens foram determinadas as massas secas e calculados os teores de água de acordo com IAL (2008).

Utilizando os dados experimentais, foi calculado os valores da razão do teor de água (Equação 1). Com o cálculo da razão de teor de água das nozes, traçaram-se as curvas da cinética de secagem, representada pela razão do teor de água em função do tempo de secagem em minutos, aplicando os modelos matemáticos (Tabela 1) de Handerson e Pabis, o Logarítmico e Midili para ajustar os dados experimentais (Equação 1).

$$RX = \frac{X_{bs} - X_e}{X_{bs(inicial)} - X_e} \quad (Eq.1)$$

Onde: RX = Razão de umidade (Adimensional); X_e = Teor de água de equilíbrio em base seca; X_{bs} = Teor de água em base seca; X_{bs (inicial)} = Teor de água inicial em base seca.

Tabela 1. Modelos matemáticos utilizados para descrever o processo de secagem

Modelo	Equação
Page	$RX = \exp(-k.tn)$ (Eq.2)
Handerson e Pabis	$RX = a.\exp(-k.t)$ (Eq.3)
Newton	$RX = \exp(-k.t)$ (Eq.4)
Logarítmico	$RX = a.\exp(-k.t) + c$ (Eq.5)
Midili	$RX = a.\exp(-k.tn) + b.t$ Eq.6)

Análise estatística

Para análise dos ajustes dos modelos matemáticos aos dados experimentais, foi utilizado o programa computacional STATISTICA, versão 7, utilizando-se a análise de regressão não-linear, pelo método Quasi-Newton. Os modelos foram selecionados tomando-se como parâmetro a magnitude do

coeficiente de determinação (R²) e do desvio quadrático médio (DQM) (Equação 7).

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (RX_{exp} - RX_{pred})^2}{N}} \quad (Eq.7)$$

Em que: RX_{exp} = Razão de teor de água obtida experimentalmente; RX_{pre} = Razão de teor de água predita pelo modelo matemático; N = número de observações ao longo da cinética de secagem.

Resultados e Discussão

Na Tabela 2 se encontra expresso os valores dos parâmetros obtidos para os modelos matemáticos ajustados aos dados experimentais das cinéticas de secagem das nozes sem casca.

Tabela 2. Parâmetros de ajuste dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem das nozes sem casca nas temperaturas de 40, 50 e 60°C

Modelos	T (°C)	Parâmetros de ajustes			
		a	k	n	c/b
Page	40	-	0,039868	0,656032	-
	50	-	0,055373	0,608856	-
	60	-	0,066019	0,599463	-
Handerson e Pabis	40	0,852306	0,005525	-	-
	50	0,818763	0,006611	-	-
	60	0,816506	0,007617	-	-
Newton	40	-	0,007858	-	-
	50	-	0,009725	-	-
	60	-	0,012113	-	-
Logarítmico	40	0,830339	0,006358	-	0,035287
	50	0,797325	0,007912	-	0,034927
	60	0,790676	0,009268	-	0,046233
Midili	40	1,007416	0,055295	0,571062	-0,000116
	50	0,998460	0,068898	0,526697	-0,000138
	60	0,993775	0,078523	0,544843	-0,000102

k: constante de secagem; "a", "n", "c" e "b": parâmetros dos modelos matemáticos.

Segundo Corrêa et al. (2007), no modelo de Page, o parâmetro "n" indica a resistência interna do produto estudado ao processo de transferência de massa. A maior resistência do produto ao processo de secagem ocorre na temperatura de 40°C, e a menor resistência do produto ocorre na temperatura de 60°C. Fato este também observado nos estudo de Silva et al. (2019) para as sementes de sorgo, submetidas a secagem convectiva com variação de temperatura entre 40 e 80°C. Constata-se também que, a temperatura do ar aplicada no processo de secagem, possui grande influência sobre o parâmetro "k" que corresponde a constante da taxa de secagem nos modelos matemáticos empregados. Tal parâmetro aumenta com a elevação da temperatura evidenciando também a diminuição do tempo necessário para a realização do processo de secagem. Comportamento semelhante também

foi observado por Silva et al. (2019) ao estudarem o processo de secagem em grãos de feijão branco.

Observa-se pela Figura 1, através de uma linha de tendência linear que, a constante de secagem "k" aumenta com a elevação da temperatura para todos os modelos estudados. Fato este não observado por Zuniga et al. (2015) em estudos com amêndoas de baru. A partir desta análise, observa-se que, para todos os modelos, o coeficiente de determinação (R^2) é superior a 0,98, sendo assim, as equações obtidas para cada modelo podem ser usadas para estimar o valor de k para qualquer temperatura do ar de secagem aplicada. Rodvalho et al. (2015) obtiveram coeficiente de determinação (R^2) de 0,9936%, para a mesma relação do presente estudo, no entanto esse valor foi obtido para a constante "k" do modelo de Cavalcanti-Mata.

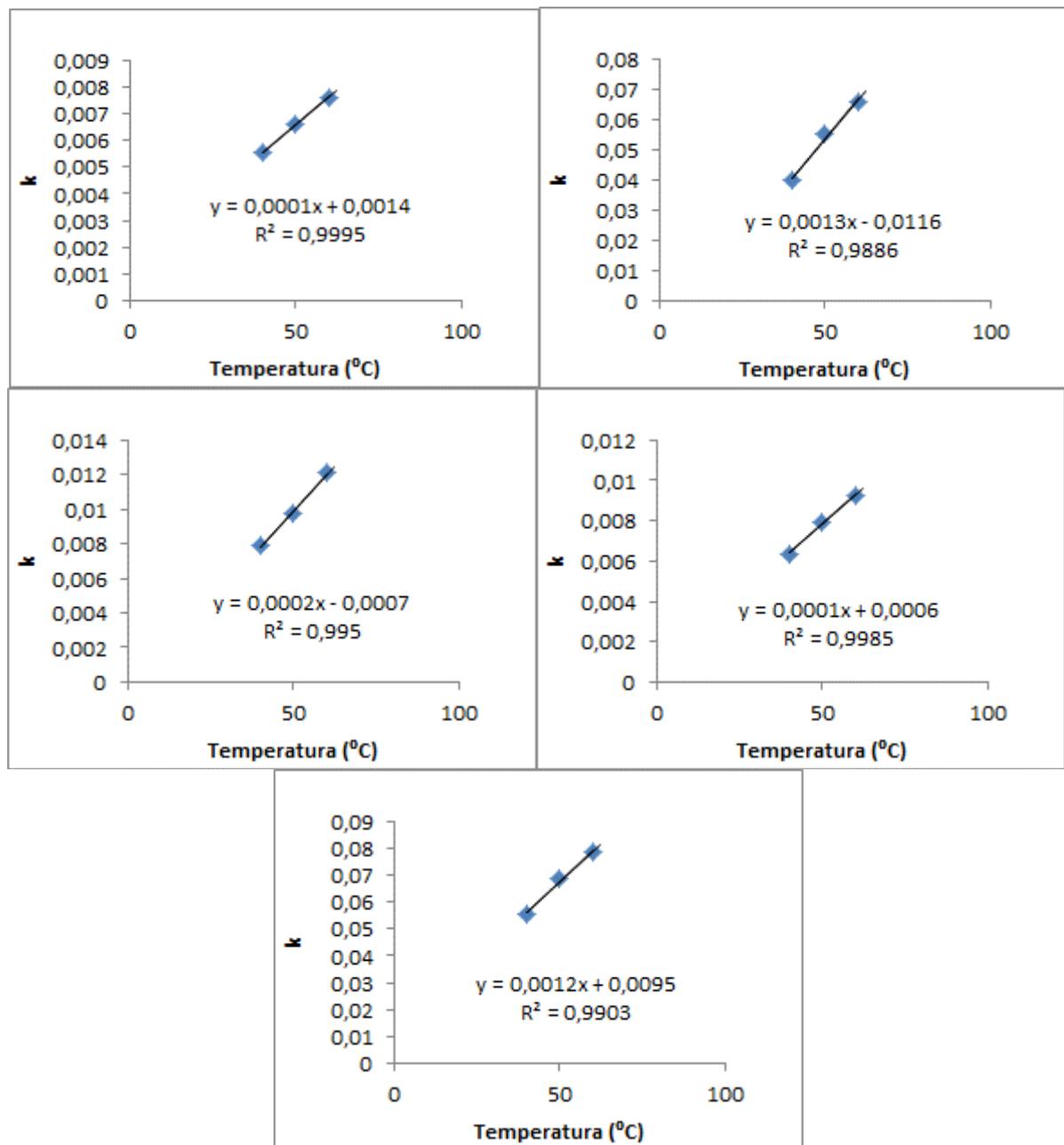


Figura 1. Constante de secagem “k” expressa na forma de linha de tendência linear para os modelos: I) Page; II) Handerson e Pabis; III) Newton; IV) Logarítmico; V) Midili.

Na Tabela 3 encontram-se os valores obtidos dos coeficientes de determinação (R²) e os desvios quadráticos médios (DQM), para a

temperatura de 40, 50 e 60°C dos modelos matemáticos aplicados.

Tabela 3. Parâmetros estatísticos dos modelos matemáticos utilizados na predição da cinética de secagem das nozes sem casca nas temperaturas de 40, 50 e 60°C

Modelos Matemáticos	Temperatura (°C)	R ²	DQM
Page	40	0,99730	0,0306463
	50	0,99610	0,0266432
	60	0,99772	0,0199911
Handerson e Pabis	40	0,98869	0,0668056
	50	0,98513	0,0518598
	60	0,98424	0,0523705
Newton	40	0,96669	0,1140995
	50	0,95143	0,0929180
	60	0,95309	0,0896390
Logarítmico	40	0,98962	0,0629953
	50	0,98619	0,0499954
	60	0,98663	0,0482727
Midili	40	0,99953	0,0130926
	50	0,99914	0,0125210
	60	0,99949	0,0094970

R²: coeficientes de determinação; DQM: desvios quadráticos médios.

Segundo Martins et al. (2014), ao selecionar um modelo não linear para descrever um processo de secagem, torna-se necessário avaliar não somente os valores de R², mas se deve considerar também os desvios quadráticos médios (DQM).

Através da Tabela 3, verifica-se que, todos os dados obtidos para a secagem das nozes sem casca se ajustam bem aos modelos matemáticos utilizados, apresentando coeficientes de determinação superiores a 98%. No entanto, apenas o modelo de Newton apresenta R² inferior a 98%, no qual varia de 0,95143 a 0,96669 não sendo considerado como um bom ajuste.

Observa-se que o modelo de Page se adequa bem aos dados experimentais obtidos, resultando em coeficientes de determinação (R²) superiores a 99%, e baixos DQM no qual variam de 0,0199911 a 0,0306463. Indicando assim, uma representação satisfatória do processo de secagem nas condições estudadas para estes material biológico. Segundo Camargo et al. (2018), o modelo de Page também melhor se ajusta aos dados experimentais da cinética de secagem de

amêndoas de baru. Kross (2008) em estudos com amêndoas da castanha-de-caju observou que, o modelo de Page foi que melhor representou o fenômeno físico, com valores do coeficiente de determinação entre 99,52 e 99,93%, e com valores para as constantes de secagem, k, entre 0,032 e 1,331x10⁻⁵.

Com relação ao modelo de Midili, os valores do coeficiente de determinação (R²) se apresentam superiores a 99,9%. Além disso, este modelo apresenta valores de DQM inferior a todos os modelos aplicados, variando de 0,0094970 na temperatura de 60°C e 0,0130926 na temperatura de 40°C, indicando maior precisão na descrição da secagem da noz sem casca.

Nas Figuras 2 e 3, observa-se a cinética de secagem das nozes sem casca em camada fina a diferentes temperaturas de ar de secagem para os modelos de Page e Midili. Observa-se que, o aumento da temperatura, reduz o tempo de secagem aumentando a taxa de perda de água. O tempo de secagem varia de 690 a 810 minutos, sendo o menor e maior tempo respectivamente para as temperaturas de 60 e 40°C.

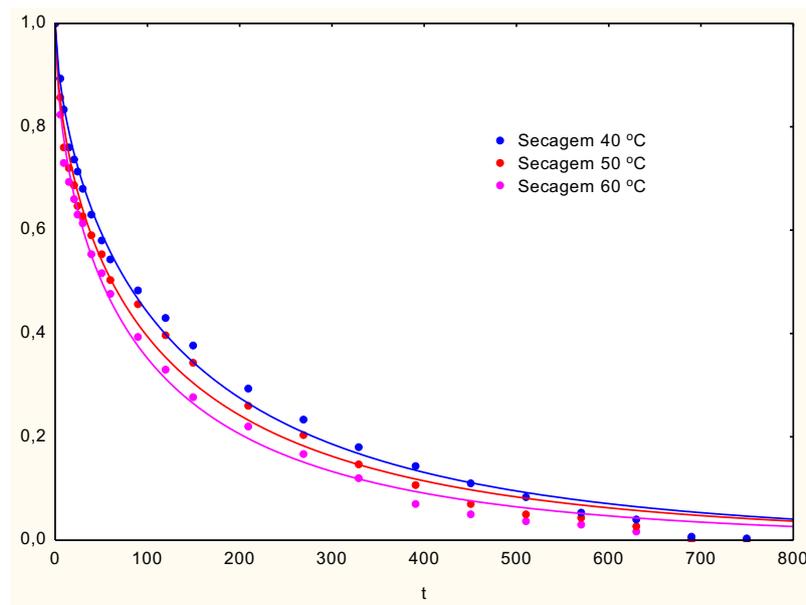


Figura 2. Curvas de secagem das nozes sem casca obtido pelo modelo matemático de Page.

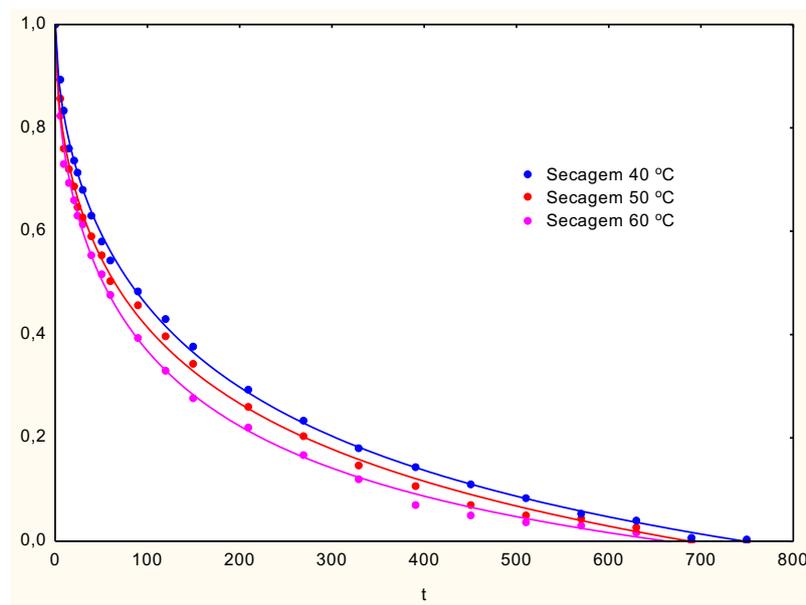


Figura 3. Curvas de secagem das nozes sem casca obtido pelo modelo matemático de Midili.

Conclusão

Entre os modelos empregados neste estudo observou-se que se ajustaram bem aos dados experimentais, podendo ser utilizados nas predições das cinéticas de secagem, nas temperaturas de 40, 50 e 60°C, exceto o modelo matemático de Newton, pois apresentou valores de R^2 inferiores a 98%.

Os modelos Page e Midili se destacaram dos demais por apresentaram os melhores valores de R^2 (>99%) e menos valores de DQM (<0,0306463) para as temperaturas de secagem estudadas.

A cinética de secagem das nozes sem cascas mostrou que a temperatura foi a variável de maior influência no processo, e que a constante de secagem

“k” aumentou com a sua elevação, e o tempo do processo diminuiu em função do seu aumento.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pela disponibilização de seus equipamentos para o desenvolvimento deste trabalho. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq pela concessão de bolsa de estudo aos autores.

Referências

AMARAL, J. S.; ALVES, M. R.; SEABRA, R. M.; OLIVEIRA, B. P. Vitamin E composition of walnuts (*Juglans regia* L.): a 3-year comparative

- study of different cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.53, n.13, p.5467-5472, 2005.
- ARRANZ, S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURACALIXTO, F. Antioxidant capacity of walnut (*Juglans regia* L.): contribution of oil and defatted matter. *European Food Research and Technology*, v.227, n.2, p.425-431, 2008.
- CAMARGO, L. V. E.; TEXEIRA, P. C. M.; ZUNIGA, A. D. G. Cinética secagem da amêndoa do baru (*Dipteryx alata* Vog.). *Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics*, v.6, n.1, 2018.
- CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MARTINAZZO A. P.; GONELI, A. L. G.; BOTELHO, F. M. Modelagem matemática para a descrição do processo de secagem do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em camadas delgadas. *Engenharia Agrícola*, v.27, n.2, p.501-510, 2007.
- DAVIS, L.; STONEHOUSE, W.; MUKUDDER-PETERSEN, J.; VAN DER WESTHUIZEN, F. H.; HANEKOM, S. M.; JERLING, J. C. The effects of high walnut and cashew nut diets on the antioxidant status of subjects with metabolic syndrome. *European Journal of Nutrition*, v.46, n.3, p.155-164, 2007.
- EVARISTO, A. B. Conservação pós-colheita e potencial bioenergético de frutos de macaúba (*Acrocomia aculeata*). 120f. Tese (Doutorando em Fitotecnia). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2015.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ª ed. 1ª ed. Digital, São Paulo, 2008. 1020p.
- KROSS, R. K. Processamento de amêndoas de castanha de caju: secagem, extração e estabilidade do azeite. 99f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2008.
- MARTINS, J. J. A.; MARQUES, J. I.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. *Bioscience Journal*, v.30, n.6, p.1652-1660, 2014.
- PEREIRA, J. A.; OLIVEIRA, I.; SOUSA, A.; FERREIRA, I. C.; BENTO, A.; ESTEVINHO, L. Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, v.46, n.6, p.2103-2111, 2008.
- PEREIRA, J. A.; OLIVEIRA, I.; SOUSA, A.; VALENTÃO, P.; ANDRADE, P. B.; FERREIRA, I. C.; BENTO, A.; SEABRA, R.; ESTEVINHO, L. Walnut (*Juglans regia* L.) leaves: phenolic compounds, antibacterial activity and antioxidant potential of different cultivars. *Food and Chemical Toxicology*, v.45, n.11, p.2287-2295, 2007.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v.10, n.1, p.17-26, 2008.
- RODAVALHO, R. S.; SILVA, H. W.; SILVA, I. L.; ROSSETTO, C. A. V. Kinetic drying of pepper grains bode. *Global Science and Technology*, v.8, n.2, p.128-142, 2015.
- RODRIGUES, A. C.; STROHER, G. L.; SOUZA, A. H. P.; BITTENCOURT, P. R. S.; COSTA, M. B.; FLORES, E. L. M.; GOHARA, A. K.; STROHER, G. R.; MATSUSHITA, M.; SOUZA, N. E. Quantificação de Selênio e Zinco em frutos oleaginosos. In: Congresso Brasileiro de Química, 2012, Recife. Anais...COBEQ, Recife-PE, 2012.
- SAVAGE, G. P. Chemical composition of walnuts (*Juglans regia* L.) grown in New Zealand. *Plant Foods for Human Nutrition*, v.56, n.1, p.75-82, 2001.
- SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; NASCIMENTO, A. P. S.; ARAÚJO, A. J. B. Modelagem matemática da cinética aplicada na secagem do feijão branco (*Phaseolus vulgaris*). In: Francisco et al. (Org.). *Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação. EPGRAF, Campina Grande-PB*, v.2, n.1, p.97-106, 2019.
- SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; NASCIMENTO, A. P. S.; ARAÚJO, A. J. B. Determinação de modelo matemático na secagem do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) In: Francisco et al. (Org.). *Caderno de Ciência Pesquisa e Inovação. EPGRAF, Campina Grande-PB*, v.2, n.1, p.112-120, 2019.
- YILBAS, B. S.; HUSSAIN, M. M.; DINCER, I. Heat and moisture diffusion in slab products to convective boundary condition. *Heat and Mass Transfer*, v.39, p.471-476, 2003.
- ZUNIGA, A. D. G.; RIBEIRO, L.; TEIXEIRA, P. C. M. Modelagem matemática da cinética das curvas de secagem da amêndoa do baru (*Dipteryx alata*). *Proceeding Series of the Brazilian Society of Applied and Computational Mathematics*, v.3, n.1, 2015.

Capítulo 8**VULNERABILIDADE DOS SOLOS À DESERTIFICAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO RIO PARAÍBA****Paulo Roberto Megna Francisco¹****Iêde de Brito Chaves²****Flávio Pereira de Oliveira³****Djail Santos⁴****Hayssa Thyara Silva Barreto⁵**¹Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com²Dr. Prof. Aposentado, UFPB, Areia-PB, iedebchaves@hotmail.com³Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, pereira.ufpb@gmail.com⁴Dr. Prof. Titular, UFPB, Areia-PB, santosdj@cca.ufpb.br⁵Graduanda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, hayssathyara@hotmail.com**Introdução**

O uso e o manejo inadequado das terras têm degradado os solos, acelerando o impacto das atividades humanas sobre o meio ambiente, particularmente nas regiões semiáridas do Nordeste brasileiro onde a vulnerabilidade ambiental é acentuada pelos limites restritivos dos atributos dos solos e a intensidade das variáveis climáticas (CHAVES et al., 2010).

A Paraíba ocupa como o segundo Estado Nordeste, com o maior número de municípios incluídos na área do semiárido. De acordo com os dados do Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-BRASIL, 2005), pelo menos 150 municípios paraibanos (região semiárida), cerca de 67,26%, estão susceptíveis à desertificação. Grande parte dos problemas de degradação ambiental das terras nordestinas, segundo Mantovani et al. (1989), e de acordo com Guimarães (2009) se relaciona com a ausência de uma cultura de ocupação de espaços desrespeitando as riquezas e diversidades características dos diversos ecossistemas e de acordo com Carvalho et al. (2010) essa degradação ambiental é quase sempre o resultado da pressão excessiva do uso das terras ao longo do tempo e do espaço, acelerando o processo erosivo dos solos. Ainda afirmam que erosão é um processo natural resultante da ação da chuva e do vento sobre as superfícies continentais.

Conforme Wischmeier e Smith (1978) a Equação Universal de Perdas de Solo é um modelo matemático simplificado, que permite estimar a perda média anual de solo de áreas agrícolas provocada pela chuva. A estimativa de perdas de solo (A) é dada em megagrama por hectare ($Mg\ ha^{-1}$); a erosividade da chuva (fator

R) é expressa em megajoule por hectare por milímetro ($MJ\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) e os demais fatores – (K) erodibilidade do solo, (L) comprimento do declive, (S) grau do declive, (C) cobertura ou uso do solo e (P) prática conservacionista – são relações numéricas entre as perdas de solo observadas, e as perdas ocorridas para uma condição padrão de determinação. A erosividade da chuva (Fator R) está relacionada à sua intensidade, duração e frequência de ocorrência. Aumentando a intensidade da chuva aumenta o tamanho médio das gotas, a energia de impacto, bem como, o escoamento, aumentando a energia de transporte (WISCHMEIER & SMITH, 1978; FARINASSO et al., 2012; MELLO et al., 2007).

Modelos relativamente simples podem descrever com certo grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas (FRANCISCO & CHAVES, 2017).

Segundo Kazmierczak (2007) para se combater à degradação ambiental é necessária que se conheça a magnitude e a extensão do problema. Só assim, pode se despertar a atenção dos órgãos governamentais e da comunidade local, com a identificação dos impactos e a compreensão das suas causas e naturezas. Condições estas necessárias ao planejamento, e na seleção de projetos e no estabelecimento de tecnologias para atenuar/suprimir as causas do processo de desertificação.

Portanto, neste trabalho propõe-se avaliar a vulnerabilidade das terras à desertificação da bacia do Alto Rio Paraíba, a partir da razão entre o Potencial Natural de Erosão e o Limite de Tolerância de Perdas dos solos.

Material e Métodos

A área de estudo compreende a bacia Alto Paraíba, com área de 6.717,39 km² localizada sobre o Planalto da Borborema ao centro sul do Estado da Paraíba, divisa ao sul com Pernambuco (PARAÍBA, 2006) (Figura 1). Conforme Francisco (2010), de acordo com a

classificação de Köppen, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente abaixo de 600 mm.ano⁻¹, e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m) onde as chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte.

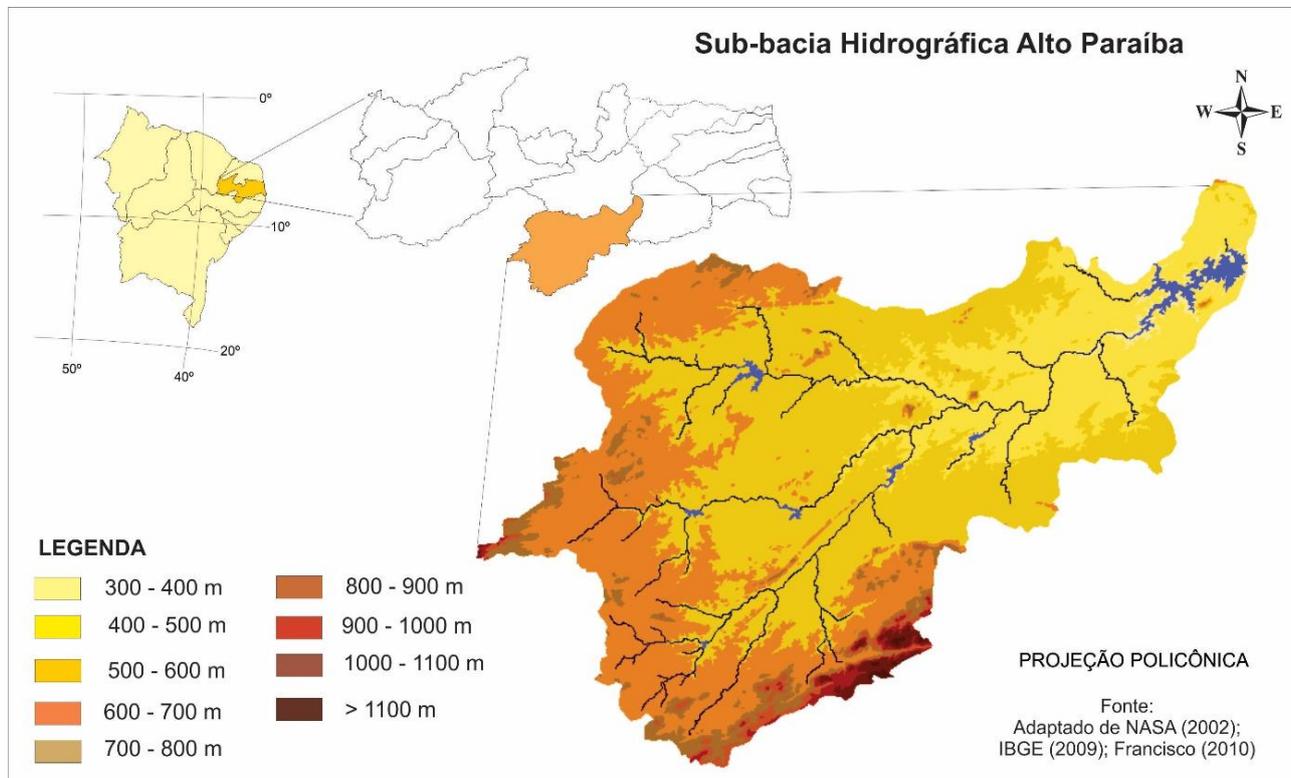


Figura 1. Localização e hipsometria da área de estudo.

Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2014).

De acordo com Sousa et al. (2007), a vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila com as espécies mais encontradas sendo o marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret.), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), e catíngueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul). Outras espécies nativas da região estão presentes com poucos exemplares, como o angico (*Anadenanthera columbrina* Vell. Brenan) e a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). Já os cactos são bastante diversificados.

Os solos predominantes na área de estudo (Figura 2), conforme PARAÍBA (1978), são os Aluviais Eutróficos que ocorrem ao longo das calhas dos rios; os Brunos Não Cálcidos e os solos Litólicos Eutróficos, distribuídos por toda a área da bacia, como também os Vertisols, com maior ocorrência no terço inferior da bacia, mais próximos ao Açude Epitácio Pessoa, estes reclassificados para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos por Campos e Queiroz (2006) como solos Neossolos flúvicos Ta eutróficos, Luvisolos Crômicos órtico, Neossolos Litólicos Eutróficos, e como Vertissolo Cromado Órtico, respectivamente.

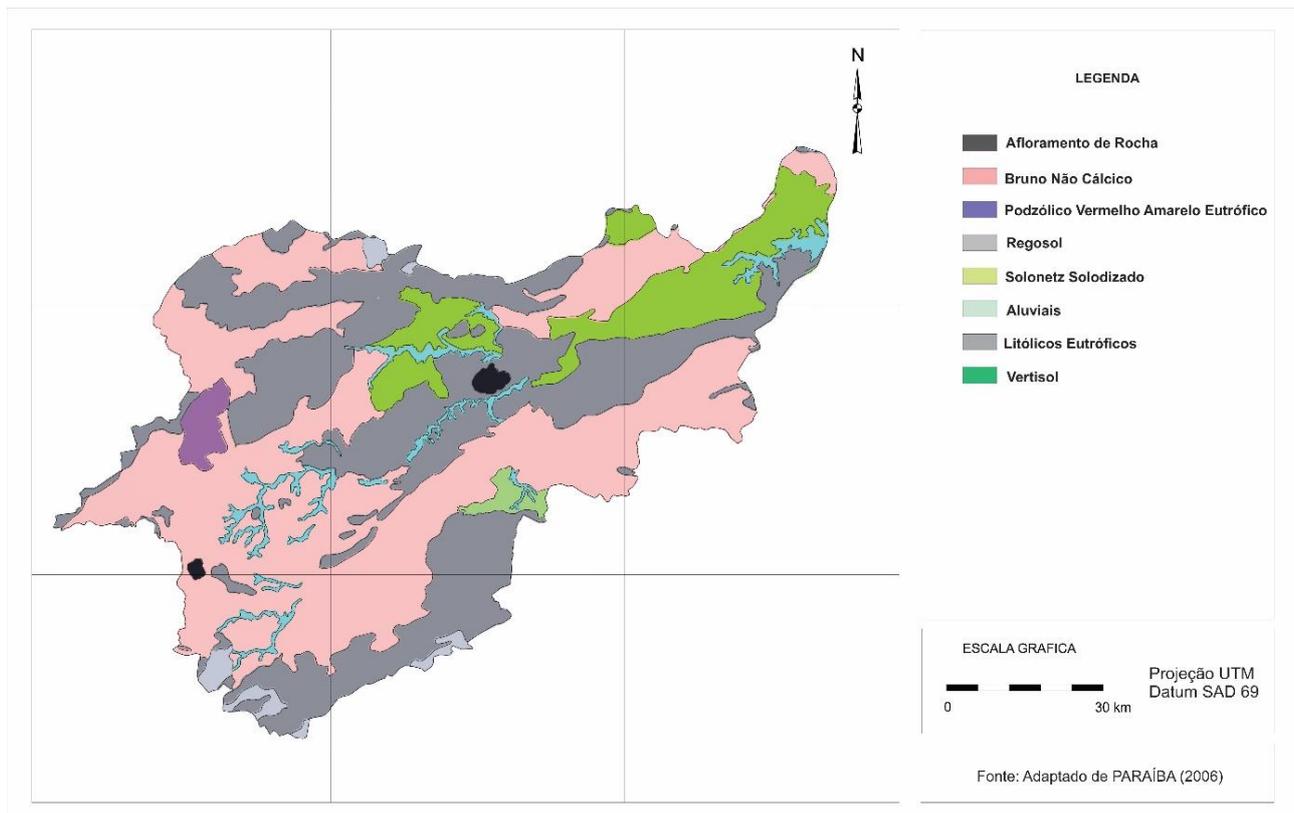


Figura 2. Classes de solos da bacia hidrográfica Alto Rio Paraíba.
Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

Para a elaboração do mapa de vulnerabilidade a erosão relativos à declividade do terreno foi utilizado a base de dados de Francisco (2010) elaborada no SPRING 5.5 na projeção UTM/SAD69; e com estabelecimento dos limites de classes de declive, procedeu-se o mapeamento em cinco classes utilizando a metodologia de Francisco e Chaves (2017), onde os índices de vulnerabilidade das classes são estabelecidos de forma progressiva procurando-se simular a aceleração do processo erosivo.

O fator declividade (S) foi calculado pela equação ajustada por Bertoni e Lombardi Neto (1990) representada pela Equação 1.

$$LS = 0,00984 L^{0,63} \times S^{1,18} \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: o comprimento de rampa (L) foi considerado igual à medida padrão de 25 metros.

A erodibilidade dos solos (K) da bacia foi determinada pela equação proposta por Denardin (1990), para o conjunto dos solos brasileiros e americanos, simplificada por Chaves et al. (2004) para os dois principais parâmetros, o fator granulométrico M e a permeabilidade do solo P.

Na elaboração do mapa de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel em que cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos perfis representativos do Boletim do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), teve calculado sua erodibilidade, baseada na metodologia proposta por Chaves et al. (2004) e utilizada por Francisco e Chaves (2017).

Nesta proposta os autores considerando a possibilidade de obtenção dos dados do boletim de solos brasileiros, através de um artifício para estimativa dos dados de granulometria a partir da classificação internacional para a classificação americana, utilizam o modelo proposto por Denardin (1990), para estimar a erodibilidade dos solos conforme a Equação 2.

$$K = 0,00000748 (X_{25}) + 0,00448059 (X_{29}) - 0,06311750 (X_{27}) + 0,01039567 (X_{32}) \text{ (Eq. 2)}$$

Onde: K, é o valor a ser estimado para o fator erodibilidade do solo, expresso em $Mg \text{ hMJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; X_{25} , é a variável granulométrica "M", calculada a partir da determinação pelo método da pipeta; X_{29} , é a permeabilidade do perfil de solo, codificada conforme Wischmeier et al.

(1971); X_{27} , é o diâmetro médio ponderado das partículas menores do que 2mm, expresso em mm; X_{32} , é a relação entre o teor de matéria orgânica e o teor da “nova areia” determinada pelo método da pipeta.

Considerando o alto grau de determinação do parâmetro X_{25} (variável granulométrica “M”), com $r^2 = 0,9461$, a estimativa da erodibilidade dos solos foi calculada pela equação de K, reduzida aos dois primeiros parâmetros, cuja expressão matemática ajustada por Denardin (1990) passou a ser conforme a Equação 3.

$$K = 0,00000797 (X_{25}) + 0,0029283 (X_{29}) (r^2 = 0,9561) \text{ (Eq. 3)}$$

A variável “M” é um artifício que exalta a ocorrência das frações granulométricas do solo mais facilmente dispersas e transportadas pela água, o silte e a areia muito fina. Essas frações agrupadas numa mesma classe textural, passaram a ser chamada de fração “novo silte (NS)” enquanto, a fração areia com a subtração da fração areia muito fina, passou a ser chamada de “nova areia (NA)” (WISCHMEIER

et al., 1971). Assim, a variável “M” é expressa pelo produto entre os valores percentuais da fração novo silte, vezes a soma das frações novo silte + nova areia ($M = NS \times (NS + NA)$).

Nos boletins de solos brasileiros o resultado da análise granulométrica é apresentado na classificação internacional (ISSS), enquanto, originalmente, a variável “M” utiliza os dados da classificação americana (USDA); assim, para a conversão dos dados granulométricos da classificação internacional dos boletins de solos brasileiros, com vista à classificação americana, Chaves et al. (2004) propuseram a Equação 4.

$$M = 640,03 e0,0003 M_i (r^2 = 0,8214) \text{ (Eq. 4)}$$

Sendo: M = valor de “M” corrigido, ou da variável X_{25} do modelo de Denardin, e M_i = valor obtido do boletim de solos (classificação internacional).

A estimativa da permeabilidade dos solos (variável X_{29}) foi realizada a partir da correspondência entre as classes de drenagem descritas no boletim de solos (BRASIL, 1972) e as classes de permeabilidade propostas e codificadas por Wischmeier et al. (1971) (Tabela 1).

Tabela 1. Correspondência entre classes de drenagem e permeabilidade

Classes de Drenagem	Classes de Permeabilidade
Muito mal drenado	Muito lenta
Mal drenado	Muito lenta
Imperfeitamente drenado	Lenta
Moderadamente drenado	Lenta a moderada
Bem drenado	Moderada
Acentuadamente drenado	Moderada a rápida
Fortemente drenado	Rápida
Excessivamente drenado	Rápida

Fonte: BRASIL (1972); Wischmeier et al. (1971).

Para as descrições de drenagem intermediárias entre duas classes do tipo “bem drenado a acentuadamente drenado”, adotou-se uma codificação de valor intermediário, exemplo, 2,5. Os dados sobre textura (X_{25}) e permeabilidade (X_{29}) foram interpretados e calculados a partir da ordenação dos dados dos perfis de solos descritos no Boletim de Solos do Estado da Paraíba (BRASIL, 1972).

Na metodologia para o enquadramento das classes utilizou-se o valor da erodibilidade do solo representativo de cada unidade de

mapeamento, ou seja, o solo dominante de cada associação de solo. Para cada solo foi considerado apenas o valor da erodibilidade do horizonte superficial; assim, para cada polígono do mapa foi atribuído um valor representativo de erodibilidade; em seguida, agrupados em cinco classes de erodibilidade. Com vista à elaboração do mapa de erodibilidade do solo no SPRING foi realizada a classificação para o enquadramento das classes definidas conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Parâmetros para estimativa do PNE, do LTP e da Vulnerabilidade à Desertificação

Classes de Risco	Erosividade (Fator R) (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Erodibilidade (Fator K) (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Declividade (Fator S)	Potencial Natural a Erosão (PNE) (R x K x S) (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Limites Tolerância Perdas (LTP) (Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹)	Grau de Vulnerabilidade a Desertificação (GVD) (PNE/LTP)
Muito Baixa	0-2000	0,00-0,01	<0,273	0-5	>12	0-10
Baixa	2000-4000	0,01-0,02	<0,619	5-50	9-12	10-20
Média	4000-6000	0,02-0,03	<1,403	50-250	6-9	20-50
Alta	6000-8000	0,03-0,04	<2,564	250-800	3-6	50-100
Muito Alta	8000-10000	0,04-0,05+	>2,564	> 800	0-3	> 100

Na elaboração do mapa de erosividade da chuva (R) foi obtida do trabalho de Chaves et al. (2004), que correlacionou chuvas erosivas com precipitação diária para os dados dos postos pluviométricos do Estado da Paraíba.

Para a elaboração do mapa do Potencial Natural de Erosão (PNE), foi estimado pelo produto dos parâmetros conforme a Equação 5.

Erosividade da chuva (R) x Erodibilidade do solo (K) x Declividade (S) (Eq. 5)

Em que: para condição padrão: L, 25 metros de comprimento; C, solo sem cobertura e P, solo arado e gradeado no sentido da declividade.

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica, e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL, do SPRING, de acordo com a Tabela 2.

Para a elaboração do mapa do Limite de Tolerância de Perda (LTP) foi calculado pelo método de Smith e Stamey (1964), utilizado por Oliveira et al. (2008), que preconiza uma taxa média anual de perdas (LTP) determinada pela razão entre a profundidade do solo, em milímetros (h), e o período de tempo de desgaste de 1.000 anos.

$$LTP = H r d 1000^{-1} \text{ (Eq. 6)}$$

Em que: H, profundidade efetiva limitada a 1 metro; r, o gradiente textural entre horizontes B e A, que se menor de 1,5, r igual a 1,0; entre

1,5 e 2,5, r igual a 0,75 e se maior que 2,5, r igual a 0,5; e d, a densidade do solo, estimada pela relação com o C orgânico (DS = 1,660 - 0,318 (%COT) 0,5, conforme Benites et al. (2006).

Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a modelagem a linguagem de programação LEGAL do SPRING de acordo com a Tabela 2.

O Grau de Vulnerabilidade à Desertificação (GVD) representa a relação entre PNE/LTP. Para os cálculos foi utilizada uma planilha eletrônica e para a elaboração do mapa de Vulnerabilidade a Desertificação foi realizada uma modelagem pela linguagem de programação do programa LEGAL do SPRING. O modelo proposto é baseado na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (WISCHMEIER & SMITH, 1978), ordenado segundo dados da Tabela 2.

Resultados e Discussão

A Erosividade média anual da chuva na bacia (Fator R) (Figura 3; Tabela 3), é predominantemente baixa, em 75,2% da área. Os valores variam entre 2.000 a 4.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹, ocorrendo longitudinalmente ao longo da bacia; valores médios variando de 4.000 a 6.000 MJ.mm.ha⁻¹.h⁻¹.ano⁻¹ ocorrem em 20,7% da área, associados a localidades com maiores volumes de precipitação. E em apenas em 4,1% da área (278,1 km) a erosividade é muito baixa, ocorrendo em áreas limítrofes elevadas e/ou com baixa muito precipitação.

Tabela 3. Áreas das classes de vulnerabilidade a desertificação

Classes de risco	Fator R		Fator K		Fator S		PNE		LTP		GVD	
	(Km ²)	(%)	(Km ²)	(%)								
Muito Baixa	278,08	4,14	-	-	3.197,92	47,61	-	-	-	-	45,6	0,7
Baixa	5.046,84	75,13	-	-	1.998,67	29,75	1.138,93	16,95	106,30	1,58	12,5	0,2
Média	1.392,48	20,73	2.936,39	43,71	1.285,86	19,14	4.631,29	68,94	396,17	5,90	947,6	14,1
Alta	-	-	3.380,00	50,32	195,82	2,92	915,68	13,63	2.059,72	30,66	1.966,0	29,2
Muito Alta	-	-	401,00	5,97	39,12	0,58	31,49	0,47	4.155,20	61,86	3.745,6	55,8
Total	6.717,39	100	6.717,39	100	6.717,39	100	6.717,39	100	6.717,39	100	6.717,39	100

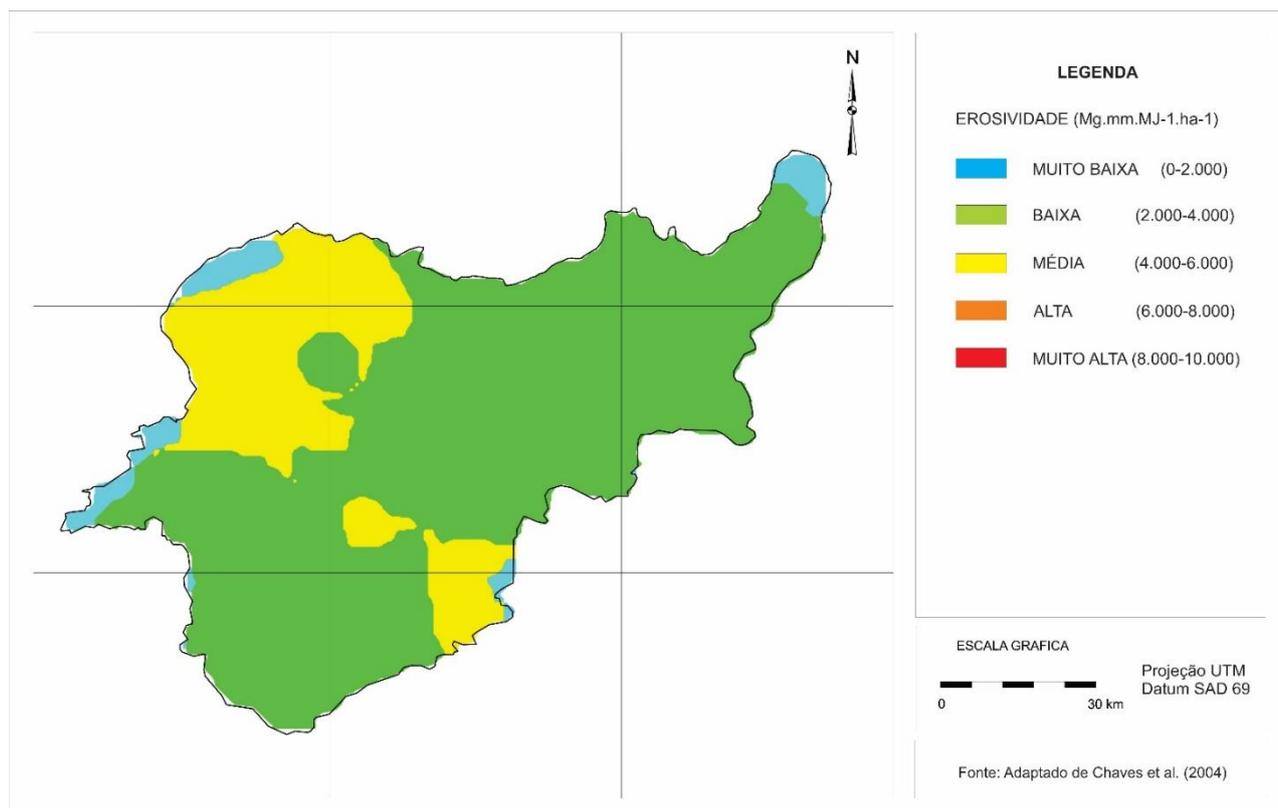


Figura 3. Mapa de Erosividade média anual da chuva – Fator R.

A erodibilidade do solo (Fator K) (Figura 4) está fortemente associada aos altos percentuais silte+areia muito fina (fator M), e de forma secundária, a permeabilidade, representados pelos Neossolos Litólicos e Luvisolos Crômicos, com erodibilidade alta, em 50,32% da área (Tabela 3), resultados similares encontrados por Chaves et al. (2013). Chaves et al. (2004), utilizando esta mesma metodologia para os solos de todo o Estado da Paraíba, comentam que a amplitude de valores são relativamente pequena face à diversidade de solos, material geológico e clima, que ocorrem nas diferentes regiões geográficas do Estado e que existem concordâncias com os dados dos Luvisolos e Neossolos Litólicos, normalmente com erodibilidade alta a muito alta. Estas ocupam uma área de 3.380,3 km² da bacia,

representando 50,32% da área total. Resultado similar encontrado por Francisco (2013) estudando a bacia do rio Taperoá.

A classe de erodibilidade muito alta (Figura 4) está associada aos Luvisolos Crômicos com áreas que ocorrem no divisor da bacia, a noroeste e ao norte em 401 km², que corresponde a 5,97% da área total.

A classe de erodibilidade média (0,02 a 0,03 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹) com a segunda maior representação em área na bacia, 2.936,39 km², que corresponde a 43,71% da área total, ocorrendo distribuído por toda a bacia, abrangendo.

As classes de erodibilidade baixa e muito baixa, com valores inferiores a 0,02 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹, não teve qualquer representante.

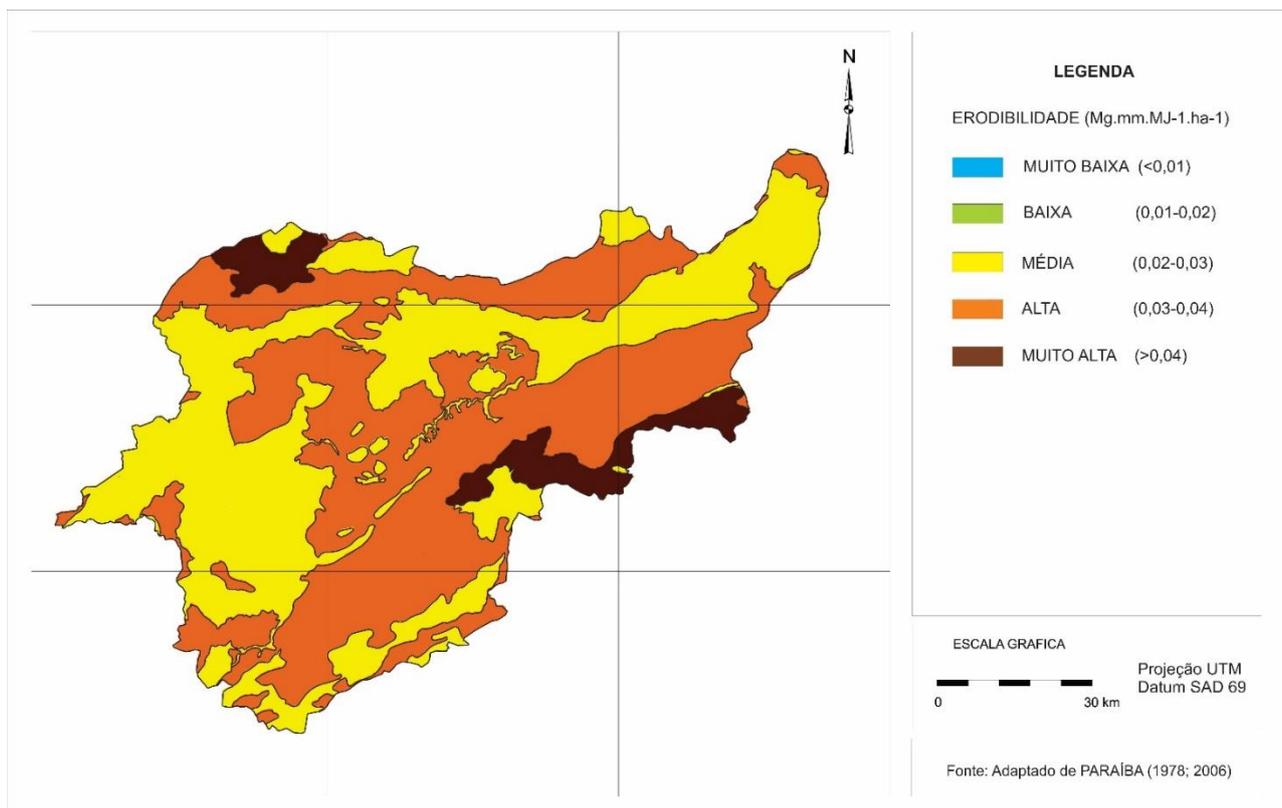


Figura 4. Mapa de Erodibilidade dos solos – Fator K.

Os Luvisolos, de grande representatividade nas áreas mais afetadas pela seca, principalmente no estado da Paraíba, apresentam baixa permeabilidade e são muito suscetíveis à erosão. Os Neossolos Litólicos são pouco desenvolvidos, rasos ou muito rasos, normalmente pedregosos e rochosos. Ocorrem na região semiárida em relevos ondulados a fortemente ondulados ou acidentados, por isto são muito susceptíveis à erosão. Os Planossolos possuem profundidade média que, em geral, não ultrapassa 100 cm. As camadas superficiais geralmente apresentam textura arenosa ou média, com horizonte B ou C apresentando textura argilosa muito dura conferindo drenagem ruim; verifica-se presença de rochas degradadas no material argiloso e transição abrupta entre as camadas. Esses solos são comuns nas partes mais baixas do relevo, em situação plana a suave ondulada. Os Solonetz Solodizados possuem o diferencial de apresentarem, naturalmente, altos teores de sais, sendo impróprios para a agricultura devido à presença de sódio (JACOMINE, 1996; RIBEIRO et al., 2009).

Em grande parte, os Luvisolos, Planossolos e Neossolos Litólicos são os solos mais presentes nas áreas degradadas do Nordeste e, como observaram Ribeiro et al. (2009), apresentam uma ou mais características que determinam a susceptibilidade à erosão, quais

sejam: altos teores das frações silte + areia fina nos horizontes superficiais; baixos teores de C orgânico; ausência de estrutura no horizonte superficial; presença de crostas superficiais; transição abrupta, com grande aumento textural, próximo à superfície; baixa condutividade hidráulica dos horizontes subsuperficiais; elevada saturação por sódio; alto grau de dispersão da fração argila; alta densidade do solo; e pequena profundidade efetiva. De acordo com o mapa de Declividade (Fator S) (Figura 5), observa-se que a declividade da bacia ocorre predominantemente nas classes muito baixa de 0 a 3% e baixa de 3 a 6%, que no conjunto, abrangem 77,36% da área da bacia (Tabela 3). Observa-se que a distribuição dessas áreas mais planas está associada, predominantemente, aos solos Luvisolos Crômicos órtico típico e aos Neossolos Litólicos Eutróficos típico, que ocorrem nas áreas interiores, nos interflúvios das principais drenagens da bacia.

A classe média de declive com terras entre 6 e 12% de declividade, ocorrem de forma difusa em toda a bacia. No terço mais baixo da drenagem estão fortemente associadas aos Luvisolos Crômicos e no terço leste da bacia, aos Neossolos Litólicos. De acordo com Chaves et al. (2013) estudando área contígua, esclarece que, estas representam área já com forte restrição ao uso com agricultura requerendo o

uso intensivo de práticas conservacionistas.

As classes alta normalmente ocorrendo associada a muito alta, representando áreas com declividades superiores a 20%, ocupa 234,94 km², representando 3,5% da área da

bacia (Tabela 3). Estas áreas mais declivosas da bacia estão relacionadas aos solos Neossolos Litólicos, que se distribuem nos contrafortes dos divisores da bacia, a noroeste e a sudoeste, e em áreas de serras interiores.

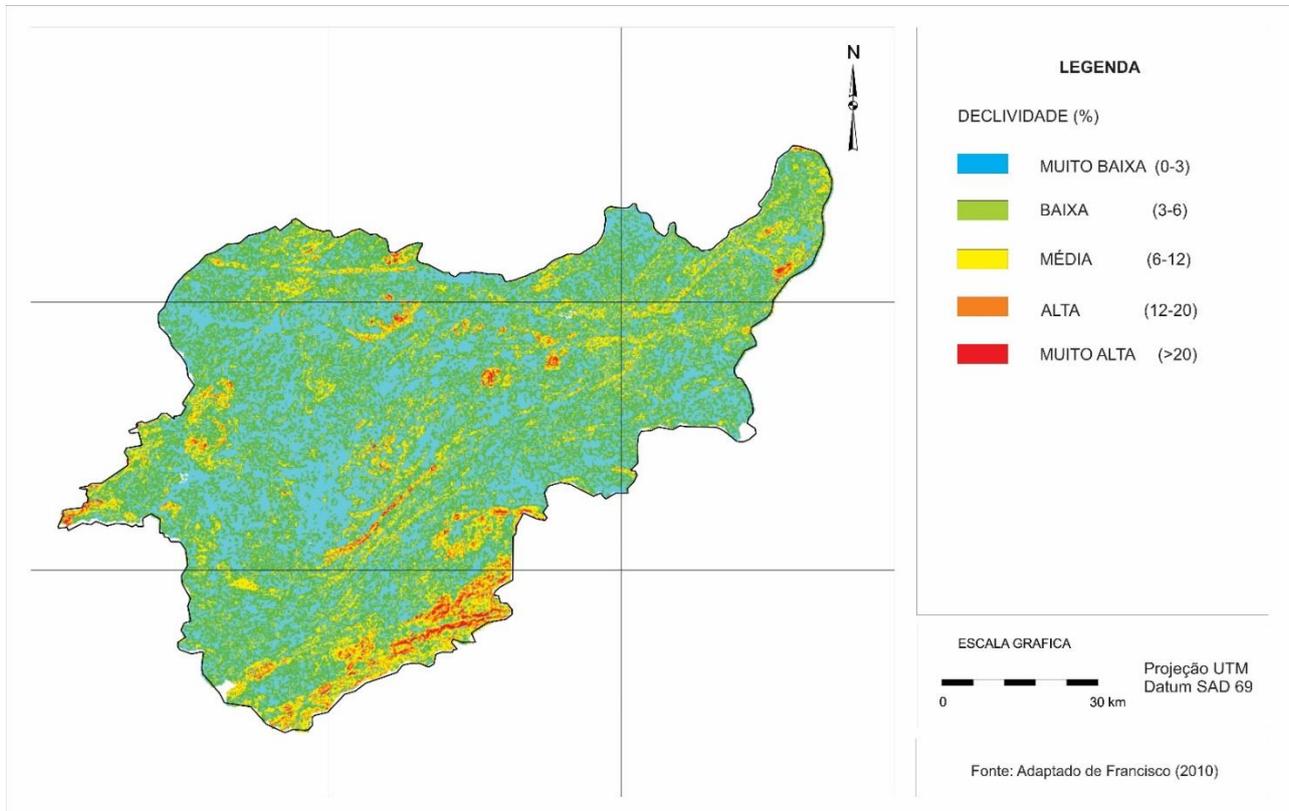


Figura 5. Mapa de Declividade – Fator S.

O potencial natural de erosão (PNE) da bacia é predominante da classe média, que varia entre 50 a 250 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (Figura 6), e ocorre em 68,9% da área total (Tabela 3). Este resulta em grande parte da erodibilidade média e alta dos

solos, que ocorre em 94% da área (Tabela 3). Contudo, o baixo potencial erosivo das chuvas (R) e o relevo mais plano (S) da bacia vêm neutralizar um maior potencial de erosão (PNE).

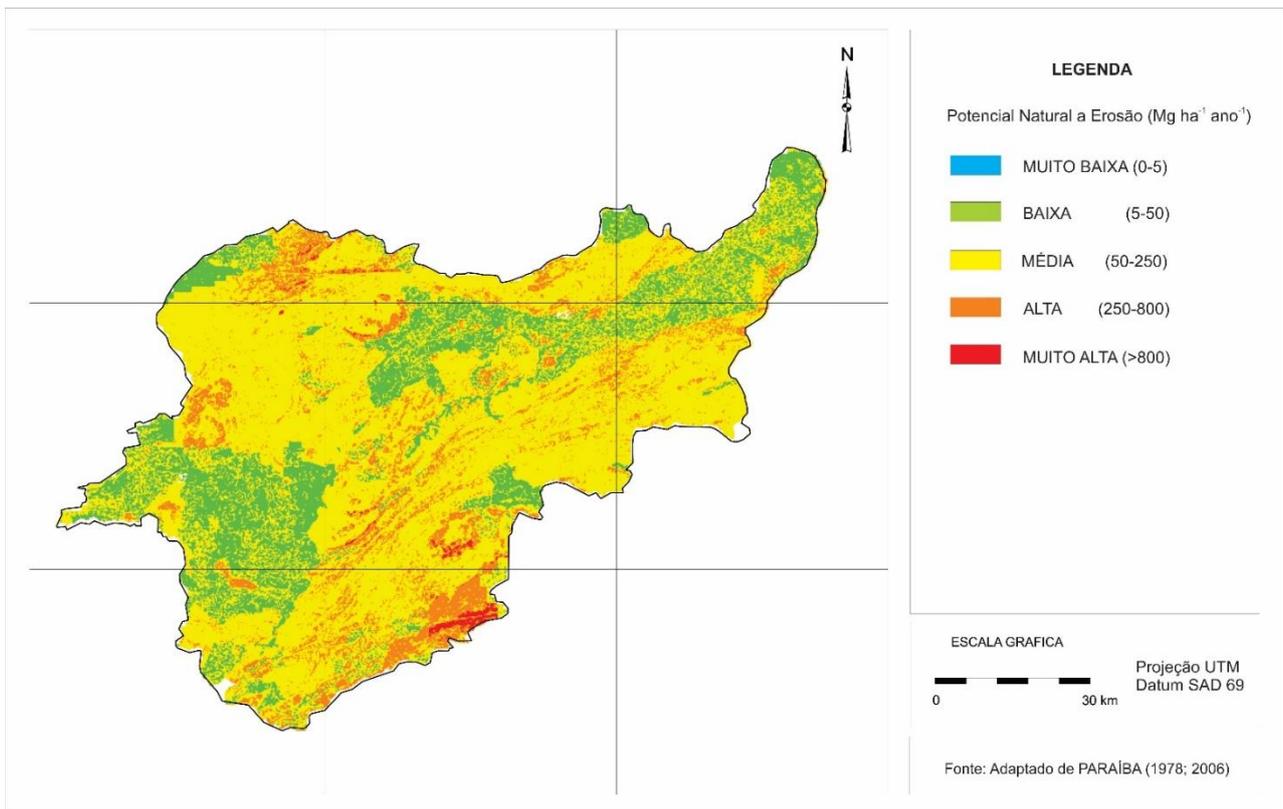


Figura 6. Mapa do Potencial Natural à Erosão - PNE.

O Limite de Tolerância de Perdas dos solos (LTP) (Figura 7) enquadra-se nas classes, baixa e muita baixa tolerância, e ocorrem em 92,5% da área da bacia, que corresponde a 6.214,92 km^2 . Estes baixos valores de tolerância a perdas

estão associados à baixa profundidade efetiva dos Neossolos Litólicos, bem como, ao forte gradiente textural do horizonte argílico dos Luvisolos.

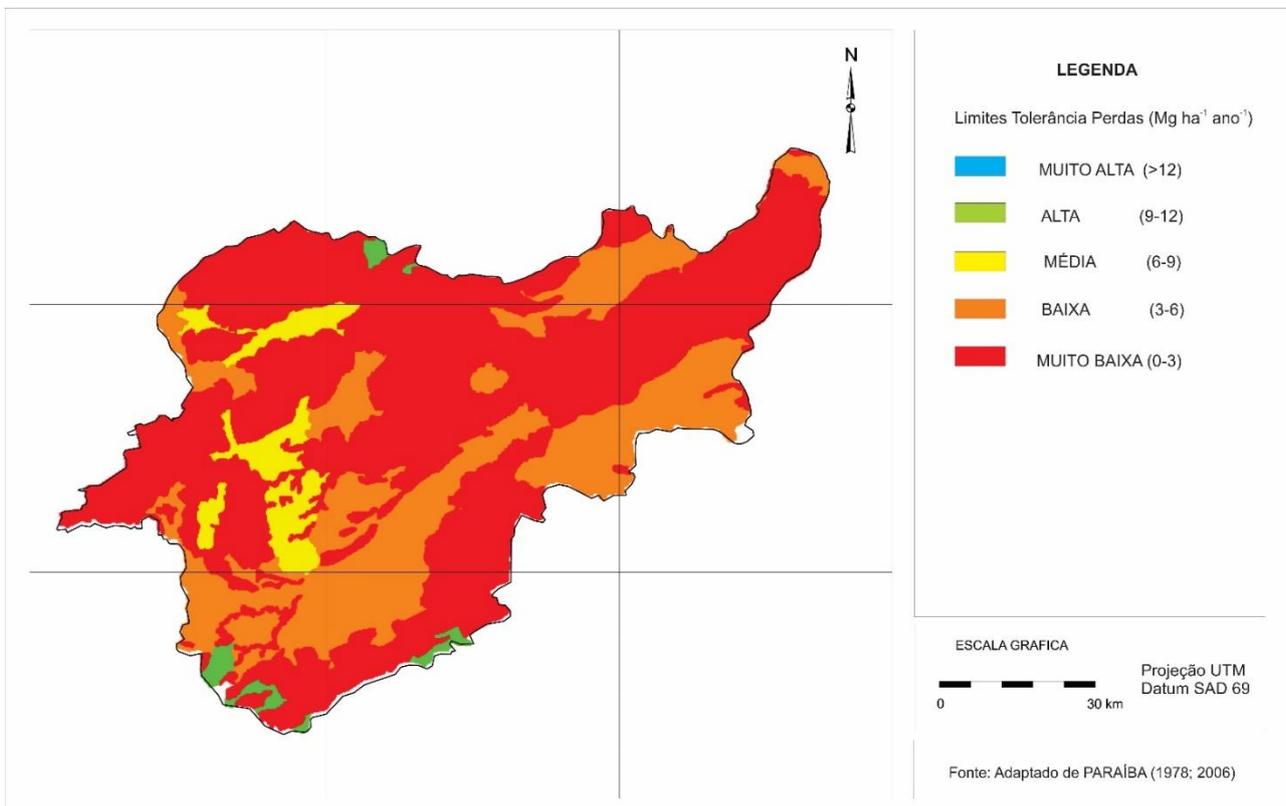


Figura 7. Mapa de Limites de Tolerância às Perdas - LTP.

A Vulnerabilidade à Desertificação das Terras da BHAP (Figura 8) é muito alta em 55,8% (3.745,6 km²) e alta em 29,2% (1.966 km²), isto devido ao baixo LTP dos solos Neossolos Litólico e Luvisolos Crômicos, predominantes. Estes solos também apresentam alta susceptibilidade à erosão hídrica (K), o que faz elevar o potencial natural de erosão (PNE), mesmo com o baixo potencial

erosivo das chuvas (R) e do relevo plano a suave ondulado das terras da bacia (S). Estes resultados são concordantes com as observações dos trabalhos realizados na região (CHAVES et al., 2004; CHAVES et al., 2015; FRANCISCO et al., 2017) e com o que se pode constatar do quadro natural atual da degradação da região semiárida do Cariri Paraibano.

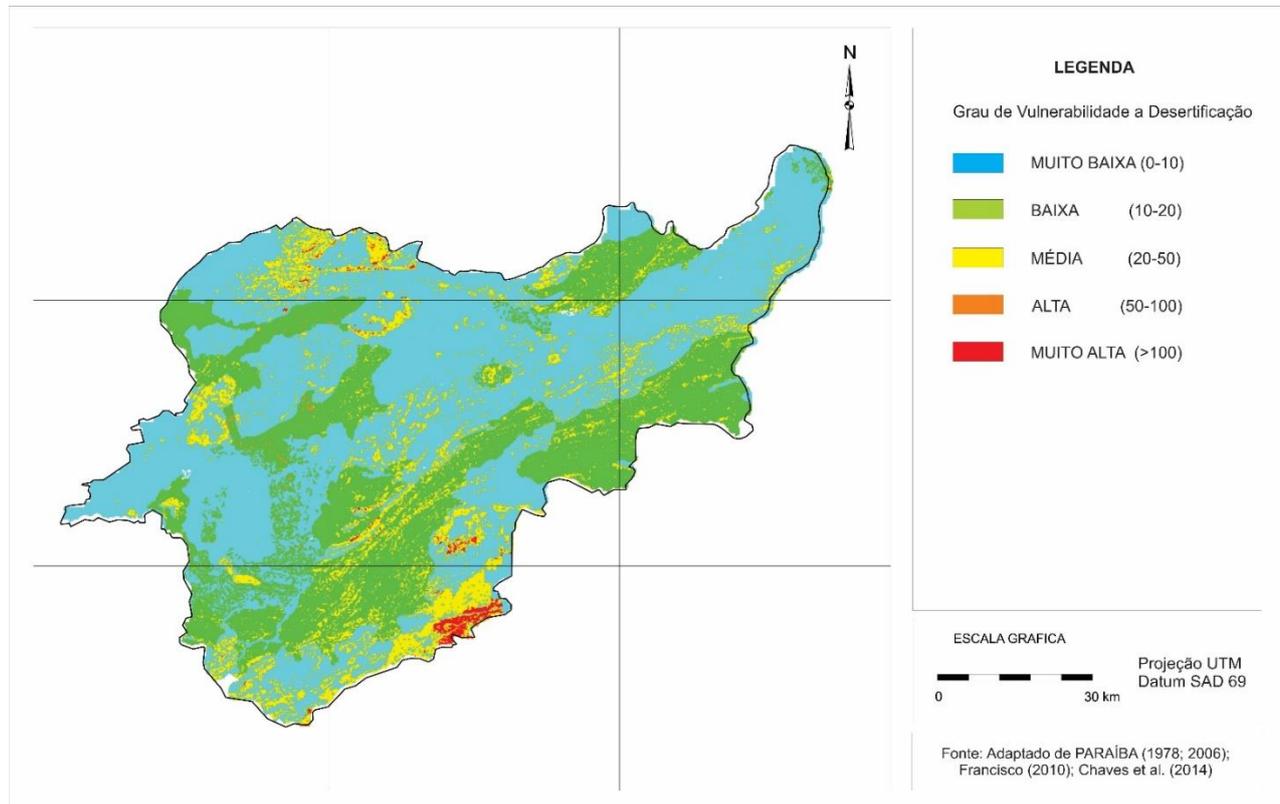


Figura 8. Grau de vulnerabilidade à desertificação.

Analisando o gráfico da Figura 9, observa-se que a erodibilidade média e alta dos solos - fator K, e o fator S de declividade baixo e muito baixo, houve influência no PNE para a classe média mesmo com a classe baixa do fator R de erosividade da chuva. Mesmo com o LTP muito alto, o PNE médio colaborou com os resultados médio à baixo do GVD.

Analisando os atributos dos solos relacionados às áreas mais degradadas do Nordeste, Ribeiro et al. (2009), observaram que, estes têm em comum, uma ou mais características que determinam maior erodibilidade, dentre as mais importantes: altos teores das frações silte+areia fina nos horizontes superficiais; baixos teores de C orgânico; gradiente textural abrupto próximo à superfície; elevada saturação por Na⁺; baixa condutividade hidráulica dos horizontes subsuperficiais; e pequena profundidade efetiva. Concluindo suas análises os autores identificaram que as classes de solo predominante nas áreas degradadas são os Luvisolo, Planossolo e Neossolo e que apresentam um ou mais atributos relacionados ao caráter vértico, lítico e solódico. Solos também identificados por este trabalho.

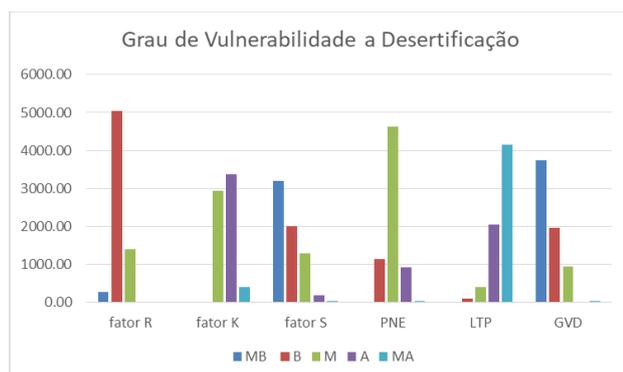


Figura 9. Parâmetros da estimativa do GVD.

Conclusão

O uso da modelagem e da linguagem algébrica agilizou o mapeamento da vulnerabilidade das terras da bacia hidrográfica em estudo.

Este trabalho permitiu levantar informações importantes sobre o diagnóstico físico conservacionista da bacia hidrográfica, estimando dados quantitativos da vulnerabilidade dos solos à desertificação.

Os resultados retrataram com razoável fidelidade a o estado atual das terras da bacia e demonstraram que o grau de vulnerabilidade a desertificação está entre é muito alto e alto, em 55,8% e em 29,2% da área da BHAP, respectivamente.

Referência Bibliográfica

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba, SP, LivroCeres, 1990. 132p.

BENITES, V. M.; MACHADO, P. O. A.; FIDALGO, E. C. C.; COELHO, M. R.; MADARI, B. E.; LIMA, C. X. Funções de pedotransferência para estimativa da densidade dos solos brasileiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento n.104, EMBRAPA/CNPQ, Ministério da Agricultura, Pesquisa e Abastecimento (1ª ed. online). 2006, 31p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Levantamento Exploratório e de Reconhecimento dos Solos do Estado da Paraíba. Rio de Janeiro. Convênio MA/CONTA/USAID/BRASIL, 1972. (Boletins DPFS-EPE-MA, 15 - Pedologia, 8).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil. Brasília-DF, 2005, 213p.

CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do Estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6, n.1, 2006.

CARVALHO, E. M.; PINTO, S. DOS A. F. Avaliação do potencial natural de erosão da bacia do córrego João Dias, Aquidauana, MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3, Cáceres. Anais...Cáceres, 2010. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.666-675.

CHAVES, I. B.; SLACK, D. C.; GUERTIN, D. P.; LOPES, V. L. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15,

Santa Maria, 2004. Anais...SBCS, Santa Maria, 2004.

CHAVES, I. DE B.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, E. R. V. DE. Classificação das terras para mecanização agrícola e sua aplicação para o estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 18, 2010, Piauí. Anais...Piauí: SBCS, 2010.

DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba. 114p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ), Universidade de São Paulo, 1990.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. 122f. Dissertação (Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do Rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. B. Modelo para estimativa da vulnerabilidade à desertificação. Revista Educação Agrícola Superior, v.32, n.2, p.37-50, 2017.

GUIMARÃES, A. P. Dinâmica da resposta espectral da vegetação de caatinga na bacia hidrográfica do açude Soledade, utilizando técnicas de sensoriamento remoto. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2009.

KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. Índice de susceptibilidade de degradação ambiental ISDA em áreas do cerrado paulista. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE. 2007. p.2745-2752.

MANTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. Simpósio sobre Mata Ciliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p.11-19.

MELLO, C. R.; SÁ, M. A. C. DE; CURTI, N.; MELLO, J. M. DE; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. DA. Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.42, n.4, p.537-545, 2007.

OLIVEIRA, F. P.; SANTOS, D.; SILVA, I. F.; SILVA, M. L. N. Tolerância de perdas de solo por erosão para o Estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.8, n.2, p.60-71, 2008.

PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento – CEPA–PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-EletoConsult Ltda., 1978. 448p.

PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo & Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.

SOUSA, R. F. DE; BARBOSA, M. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P. DE; TERCEIRO NETO, C. P. C.; MORAIS NETO, J. M. Estudo da degradação de

terras do município de Boa Vista - Paraíba. Revista Engenharia Ambiental, v.4, n.2, p.005-013, 2007.

STAMEY, W. L.; SMITH, R. M. A conservation definition of erosion tolerance. Soil Science, v.97, p.183-186, 1964.

WISCHMEIER, W. H.; JOHNSON, C. B.; CROSS, B. W. A soil erodibility monograph for farmland and construction sites. Journal of Soil and Water Conservation, v.26, n.5, p.189-193, 1971.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion loss: a guide to conservation planning. U.S. Department Agric. Washington D.C. Handbook. No. 537, 1978. 58p.

Capítulo 9**DEGRADAÇÃO DAS TERRAS EM CLIMA SEMIÁRIDO, BACIA DO ALTO RIO PARAÍBA –
ESTADO DA PARAÍBA****Paulo Roberto Megna Francisco¹****Iêde de Brito Chaves²****Hayssa Thyara Silva Barreto³****João Miguel de Moraes Neto⁴****Vera Lucia Antunes de Lima⁵****Juarez Paz Pedroza⁶**¹Dr. em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, paulomegna@gmail.com²Dr. Prof. Aposentado, UFPB, Areia-PB, iedebchaves@hotmail.com³Graduanda em Eng. Agrícola, UFCG, Campina Grande-PB, hayssathyara@hotmail.com⁴Dr. Prof. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, j.miguel.moraes@hotmail.com⁵Dra. Profa. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, antuneslima@gmail.com⁶Dr. Prof. Titular, UFCG, Campina Grande-PB, juarez.ppedroza2016@gmail.com**Introdução**

A degradação da terra pode ser entendida como a deterioração dos solos e recursos hídricos, da vegetação e biodiversidade e a redução da qualidade de vida das populações afetadas (ARAÚJO et al., 2002; LOPES et al., 2010). Para Sousa et al. (2007), por degradação da terra se entende a redução ou a perda da produtividade biológica ou econômica das terras agrícolas em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, devido aos sistemas de utilização da terra ou por um processo ou, ainda uma combinação de processos, incluídos os resultantes de atividades humanas e padrões de povoamento, tais como: a erosão do solo causada pelo vento ou pela água; a deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas ou das propriedades econômicas do solo e a perda duradoura da vegetação natural.

A degradação, sobretudo nos níveis mais graves, provoca impactos sociais, econômicos, culturais, políticos e ambientais, os quais se relacionam entre si e que ao longo dos anos se veem intensificando, o que tem reduzido a cobertura vegetal, a perda da fauna silvestre e produzido severas perdas econômicas. Para que os riscos de degradação das terras sejam reduzidos é necessário utilizar técnicas que sejam ecologicamente favoráveis para a exploração agrícola e pecuária economicamente viáveis e ambientalmente sustentáveis (SOUSA et al., 2007).

No Brasil, as áreas mais susceptíveis à desertificação se localizam na região do semiárido nordestino, que segundo o INSA/IBGE (2010), tem uma área de 980.133

km² e onde vivem cerca de 22,6 milhões de pessoas, que representam 42,6% da população do Nordeste ou 12% da população brasileira. É, assim, uma das regiões semiáridas mais populosas do mundo e se caracteriza por evapotranspiração potencial elevada, ocorrência de períodos de secas, solos de pouca profundidade e reduzida capacidade de retenção de água, o que limita consequentemente seu potencial produtivo. Todos esses elementos conjugados evidenciam um ecossistema muito frágil cujo desequilíbrio se agrava, principalmente, devido à degradação da cobertura vegetal com a exploração predatória de madeira e lenha, o uso e o manejo incorreto das terras com agricultura e pecuária, as queimadas e os incêndios (ACCIOLY, 2000; SAMPAIO et al., 2003; ACCIOLY et al., 2005).

Com a derrocada da agropecuária do Estado a partir dos anos noventa, o êxodo rural se intensificou e o abandono de muitas áreas agrícolas e de pastagem tem possibilitado a recuperação da vegetação nativa. Contudo, sem nenhum plano de manejo ou de recuperação florestal essas áreas de Caatinga continuam sendo utilizadas levando ao empobrecimento da vegetação nativa e uma baixa cobertura do solo, segundo Paes-Silva et al. (2003), resultando na aceleração do processo erosivo nesta região particularmente em áreas de solos rasos e topografia ondulada.

Neste contexto, a Paraíba ocupa como o segundo Estado Nordestino, com o maior número de municípios incluídos na área do semiárido. De acordo com os dados do Programa de Ação Nacional de Combate à

Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-BRASIL, 2005), pelo menos 150 municípios paraibanos (região semiárida), cerca de 67,26%, estão susceptíveis à desertificação; desta forma, cerca de 1,4 milhão de pessoas enfrenta este problema.

O desmatamento, a baixa fertilidade, erosão, salinização e a compactação do solo são fatores de degradação ambiental; um dos modelos mais utilizados para se estimar a degradação é o de erosão dos solos, que pode ser estimada pela equação universal de perdas dos solos - EUPS (WISCHMEIER & SMITH, 1978).

Há vários outros modelos de avaliação da degradação ambiental quantificando, identificando e analisando os ambientes em função de seus diferentes aspectos, como exemplo: o Índice de Degradação (ID) desenvolvido por Lemos (1995) e Lemos (2001) pelo método de análise fatorial; o Índice de Susceptibilidade de Degradação Ambiental (ISDA) desenvolvido por Kazmierczak e Seabra (2007) empregado em áreas do cerrado paulista; o Índice de Degradação Ambiental (IDA) por Brandão (2009), quando foram levados em consideração os elementos do quadro natural e o fator antrópico. Já Candido et al. (2002), estudando parte do Seridó Oriental paraibano, utilizaram na avaliação da degradação ambiental, os parâmetros de vegetação, topografia, solo/geologia, ecologia, mecanização, área agrícola, densidade populacional e pecuarização.

Alguns pesquisadores têm tratado de características da degradação, como Leite et al. (1994, 2003), mapeando a desertificação no Ceará com base em estimativa da cobertura vegetal, vista por satélite incluindo também

observações da erosão; no núcleo do Seridó, Costa et al. (2002) trazem uma ampla descrição da cobertura vegetal.

Chaves et al. (2008) afirmaram que, através do Índice de Biomassa da Vegetação Lenhosa, obtido da descrição da vegetação representativa de uma região fitofisiográfica de estudo, é possível se fazer a estimativa do volume da biomassa da Caatinga e, por comparação, se estimar sua degradação.

De acordo com Francisco et al. (2013), modelos relativamente simples podem descrever com alto grau de confiança os processos de degradação ambiental, facilitando a complementação de diagnósticos integrados dos recursos naturais e das suas relações com as atividades humanas.

Considerando a possibilidade de utilizar as geotecnologias, este trabalho tem como objetivo realizar diagnósticos da caatinga utilizando modelo paramétrico simplificado para avaliação e mapeamento da degradação das terras da bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba.

Material e Métodos

A área de estudo compreende a bacia Alto Paraíba, com área de 6.717,39 km² localizada sobre o Planalto da Borborema ao centro sul do Estado da Paraíba, divisa ao sul com Pernambuco (PARAÍBA, 2006) (Figura 1). Conforme Francisco (2010), de acordo com a classificação de Köppen, o clima é do tipo Bsh - Semiárido quente, precipitação predominantemente abaixo de 600 mm.ano⁻¹ (Figura 2), e temperatura mais baixa, devido ao efeito da altitude (400 a 700m) onde as chuvas da região sofrem influência das massas Atlânticas de sudeste e do norte.

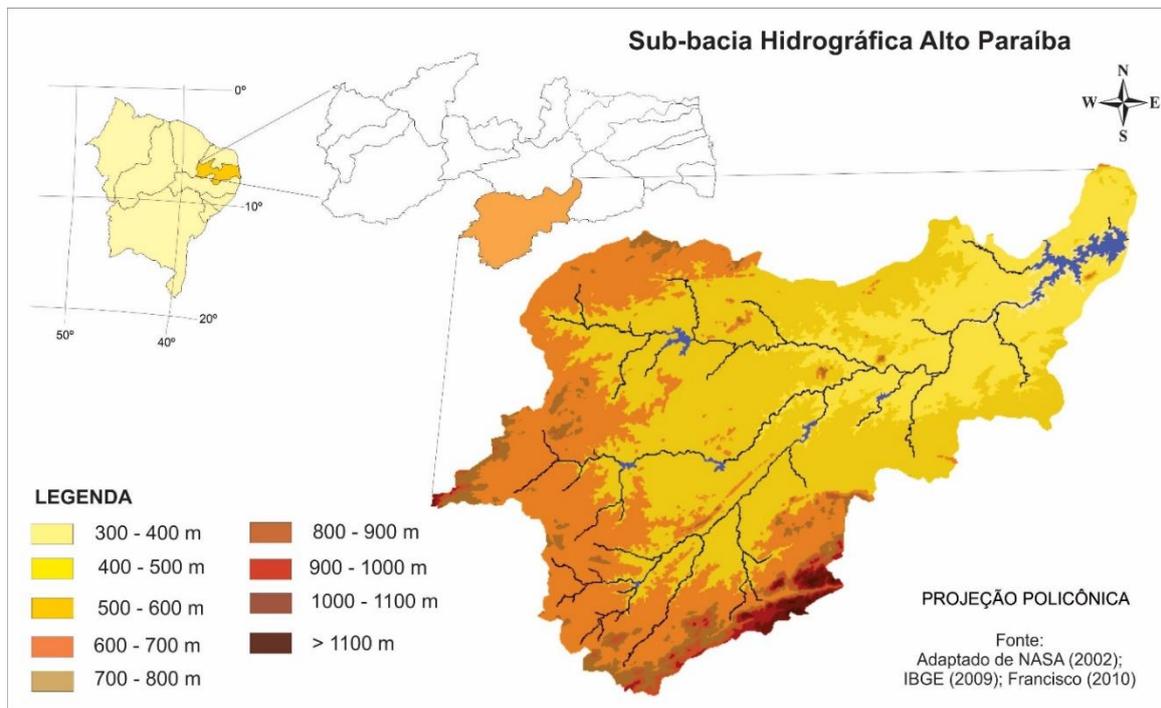


Figura 1. Localização e hipsometria da área de estudo.
Fonte: Adaptado de Francisco et al. (2014).

De acordo com Sousa et al. (2007), a vegetação representativa da área de estudo é do tipo caatinga hiperxerófila com as espécies mais encontradas sendo o marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* Willd. Poiret.), pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.), e catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tul). Outras espécies nativas da região estão presentes com poucos exemplares, como o angico (*Anadenanthera columbrina* Vell. Brenan) e a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão). Já os cactos são bastante diversificados.

Os solos predominantes na área de estudo (Figura 2), conforme PARAÍBA (1978),

são os Aluviais Eutróficos que ocorrem ao longo das calhas dos rios; os Brunos Não Cálculos e os solos Litólicos Eutróficos, distribuídos por toda a área da bacia, como também os Vertisols, com maior ocorrência no terço inferior da bacia, mais próximos ao Açude Epitácio Pessoa, estes reclassificados para o novo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos por Campos e Queiroz (2006) como Solos Neossolos flúvicos Ta eutróficos solódicos, Luvisolos Crômicos órtico típico, Neossolos Litólicos Eutróficos típico, e como Vertissolo Cromado Órtico solódico, respectivamente.

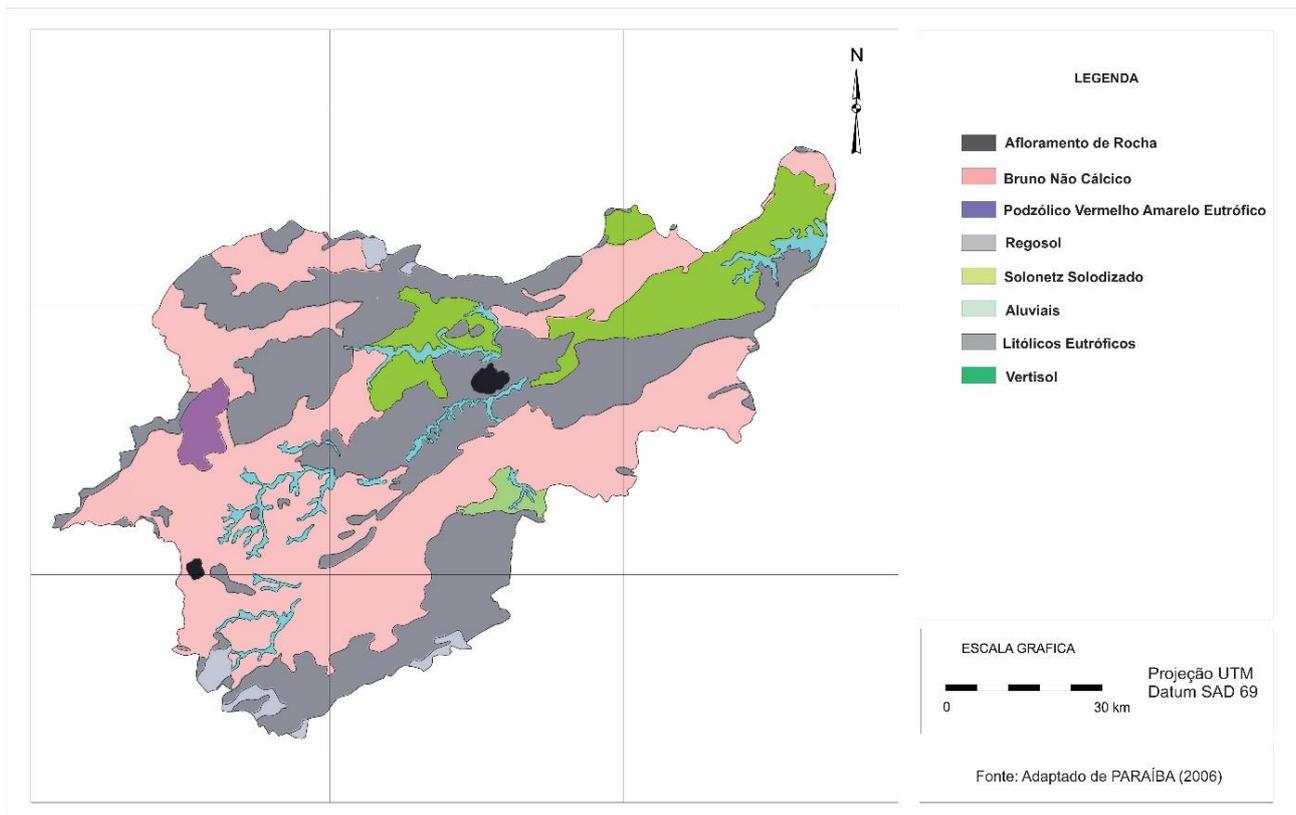


Figura 2. Classes de solos da bacia hidrográfica Alto Rio Paraíba.
Fonte: Adaptado de PARAÍBA (2006).

O modelo utilizado neste trabalho foi proposto e utilizado por Francisco (2013) na bacia hidrográfica do rio Taperoá, área contígua a este estudo, e utilizado por Francisco et al. (2014) nesta bacia hidrográfica em estudo, aplicado ao município de Sumé, e por Francisco et al. (2014) na bacia do Seridó estudando o município de Picuí.

Este modelo, parte da premissa de que, sobre a condição de clima semiárido, quanto menor é o grau de cobertura da vegetação, maior é o risco de erosão, e que o grau de deterioração das terras é diretamente proporcional a erodibilidade do solo e a declividade do terreno. Assim, o Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS) é função inversa do índice de cobertura do solo (IS) e direta da declividade do terreno (ID) e do índice da erodibilidade do solo (IE). Sendo assim, representado pela Equação 1.

$$IDTS = IS * ID * IE \text{ (Eq. 1)}$$

Em comparação com a análise que pode ser feita pelo modelo da Equação Universal de Perdas de Solo (WISCHMEIER & SMITH, 1978), não se considera o fator prática

conservacionista, nem o fator erosividade da chuva, uma vez que não se utiliza técnicas de controle da erosão na região e que, a área de estudo é relativamente pequena e homogênea do ponto de vista climático. Outro aspecto não considerado nesta modelagem é o fator tempo. O levantamento das informações é instantâneo para a data da imagem. Como se sabe, para as mesmas condições, o grau de deterioração das terras varia com o tempo.

Neste trabalho foram utilizadas imagens do sensor TM LANDSAT 5, órbita 215, pontos 65 e 66, de 12/10/2003, período seco. As imagens foram tratadas utilizando o software ERDAS 8.5, onde foi executada a correção radiométrica e obtidas as imagens de radiância e reflectância, de acordo com Silva et al. (2005a; 2005b).

Com o objetivo de mapear a vegetação de caatinga através do NDVI foi criada uma base de dados no SPRING 5.5, na projeção UTM/SAD69, registrando e importando a imagem-índice de vegetação e classificando-a com a utilização do programa LEGAL de acordo com as classes estabelecidas pela correlação com o Índice de Biomassa da Vegetação Lenhosa - IBVL (Tabela 1) conforme metodologia proposta por Francisco (2013).

Tabela 1. Classes e valores de vegetação

Classes de Risco	Vegetação (IBVL)	Índice da Classe
Muito Baixa	80-100	1
Baixa	60-80	3
Média	40-60	5
Alta	20-40	7
Muito Alta	0-20	9

Fonte: Francisco (2013).

Para a geração do índice de declividade foi utilizado a base de dados de Francisco (2010) contendo a declividade da área em

estudo e após procedendo-se o mapeamento em cinco classes de declividade conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Classes de declividade

Classes de Risco	Limites de Classe (%)	Classes de Declividade	Valores Classes
Muito Baixo	0-3	Plano	1
Baixo	3-6	Suave Ondulado	3
Médio	6-12	Moderadamente Ondulado	5
Alto	12-20	Ondulado	7
Muito Alto	>20	Forte Ondulado/Montanhoso	9

Fonte: Francisco (2013).

Na geração do índice de erodibilidade foi criada uma planilha no Excel onde cada polígono de solo da área de estudo, baseado nas informações contidas nos perfis representativos do Boletim do Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba (PARAÍBA, 1978), teve calculado sua erodibilidade, baseada na metodologia proposta por Chaves et al. (2004) e utilizada por Francisco (2013). Esta metodologia utiliza o modelo proposto por Denardin (1990) modificado, adaptando os dados de textura do boletim de solos para obtenção do parâmetro granulométrico (M) e convertendo as descrições da drenagem dos

perfis dos solos em classes de permeabilidade (P), para aplicação na fórmula de determinação proposta por Denardin (1990) (Eq. 2).

$$K = 0,00000797 (M) + 0,0029283 (P) \quad (r^2 = 0,9561) \quad (\text{Eq. 2})$$

Para cada unidade de mapeamento foi utilizado apenas os dados do horizonte superficial da classe representativa das associações dos solos. Os valores da erodibilidade foram agrupados em cinco classes de risco, de acordo com os dados da Tabela 3.

Tabela 3. Classes e valores de erodibilidade

Classe de Risco	Erodibilidade (Mg mm MJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Índice da Classe
Muito Baixa	<0,01	1
Baixa	0,01-0,02	3
Média	0,02-0,03	5
Alta	0,03-0,04	7
Muito Alta	>0,04	9

Fonte: Francisco (2013).

O Índice de Deterioração das Terras Semiáridas (IDTS) foi estimado pela Equação 1 a partir do produto entre os subíndices dos parâmetros vegetação, declividade e erodibilidade do solo. Como se pode observar na Tabela 4, adotou-se um escalonamento em termos de peso numérico (1 a 9) para cada para cada classe de parâmetro, procurando-se representar o efeito exponencial da aceleração do processo erosivo. A definição dos limites das

classes de Deterioração foi realizada por aproximação das condições de risco de erosão, oferecidas pela junção do grau de riscos dos três parâmetros do modelo, baseado nos critérios de limitação da Classificação de Capacidade de Uso das Terras (LEPSCH et al., 1991).

Utilizando-se a linguagem algébrica (LEGAL) do SPRING, foi elaborada a equação para estimativa do IDTS (Eq. 1) procedendo-se

o cruzamento dos subíndices temáticos para geração do mapa de deterioração das terras da

bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba. Após, foi gerado o cálculo das áreas das classes.

Tabela 4. Parâmetros para estimativa das classes de deterioração das terras

Classes de Risco	Cobertura Vegetal (IBVL)	Índice Classe	Declividade (%)	Índice Classe	Erodibilidade (MgmmJ ⁻¹ ha ⁻¹)	Índice Classe	Deterioração IDTS Classe	Grau de Risco
Muito Baixa	0,80-1,00	1	0-3	1	<0,01	1	0-3	1
Baixa	0,60-0,80	3	3-6	3	0,01-0,02	3	3-15	27
Média	0,40-0,60	5	6-12	5	0,02-0,03	5	15-45	125
Alta	0,20-0,40	7	12-20	7	0,03-0,04	7	45-175	343
Muito Alta	0-0,20	9	>20	9	>0,04	9	>175	729

Fonte: Francisco (2013).

Resultados e Discussão

Os resultados estão apresentados e discutidos para cada parâmetro do modelo proposto de acordo com o desenvolvimento do trabalho.

Pelos dados da cobertura do solo pela vegetação representado pelo parâmetro "IS" (índice vegetação) do modelo proposto, apresentados na Tabela 3, pode se observar que, em 74,5% da área da BHAP (4.997 km²), a cobertura da vegetação natural de caatinga foi

eliminada ou encontra-se num estado de muita alta deterioração. Somando-se a área da classe alta de deterioração 574 km² (8,5%), perfaz um total de 83% da BHAP. Apenas 5% da área total tem muito baixo grau de deterioração, ou seja, a vegetação encontra-se bem preservada. Este é um dado recorrente em área do semiárido nordestino, particularmente naquelas com maiores densidade de população, como é o caso do Cariri Paraibano (LEMOS, 2001; FRANCISCO, 2013).

Tabela 5. Áreas de abrangência para classes de risco a deterioração das terras da bacia do Alto Rio Paraíba

Classes	Erodibilidade (km ²)	Declividade (km ²)	Cobertura do solo (km ²)	Deterioração (km ²)
Muito Baixa	0	3.197,92	337,62	538,78
Baixa	0	1.998,67	87,01	738,13
Média	2.936,39	1.285,86	149,91	2.635,06
Alta	3.380,00	195,82	573,73	851,44
Muito Alta	401,00	39,12	4.997,83	674,70
Corpo d'água			23,39	23,39
Nuvem			547,90	547,90
Total	6.717,39	6.717,39	6.717,39	6.717,39

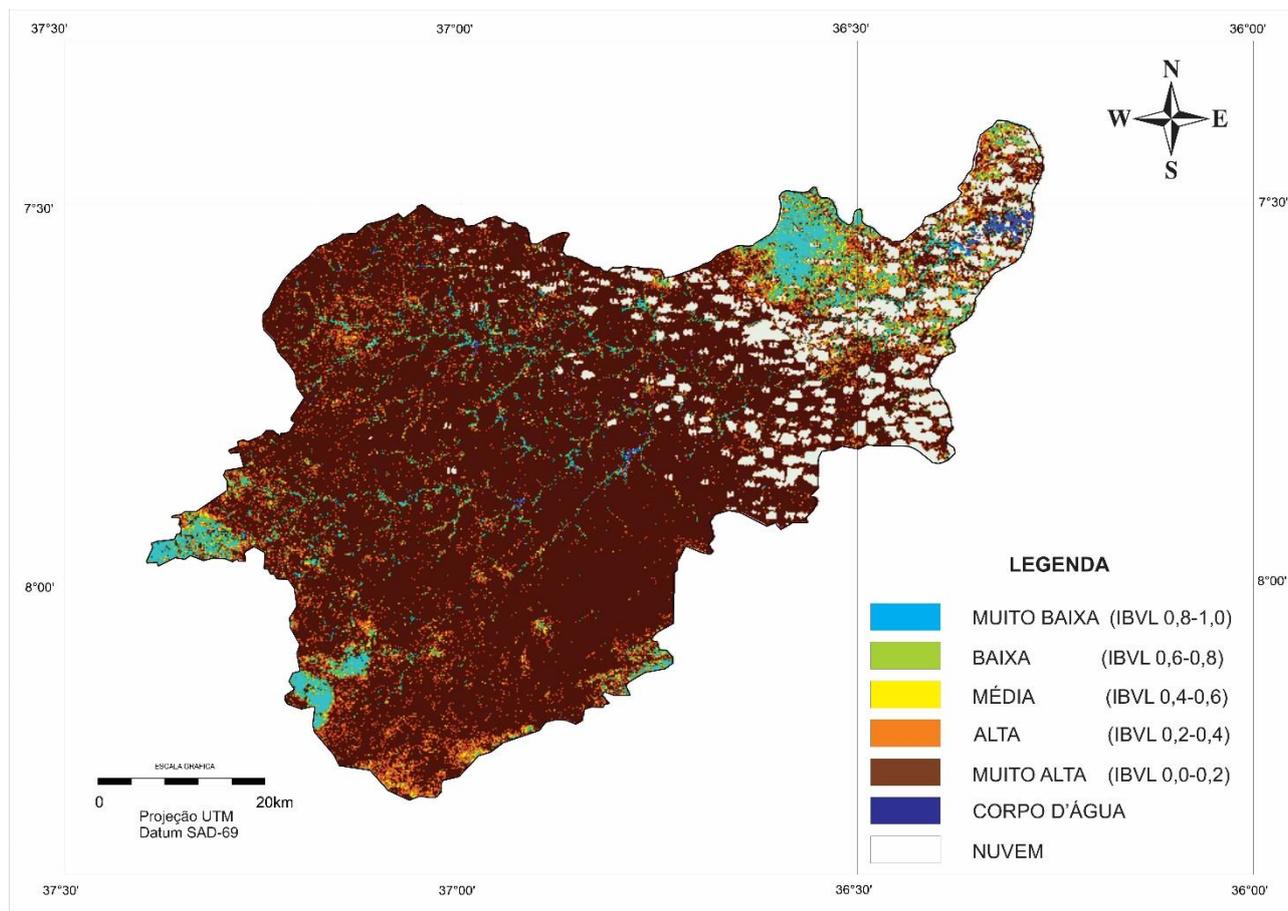


Figura 3. Mapa do parâmetro "IS" em relação à proteção do solo pela vegetação.

Quanto ao fator declividade, observa-se na Tabela 3, que um grande percentual da área da BHAP apresenta terras planas a suaves onduladas, ou seja, com risco potencial muito baixo (47,6%) a baixo (29,8%) a deterioração. Estudo morfométrico da bacia do Alto Paraíba, que engloba a bacia do rio Taperoá, corrobora a declividade do terreno como característica que contribui para atenuar os risco a erosão hídrica (ALMEIDA & MARINHO, 2013).

Com isto, pode-se afirmar que, as terras da bacia em estudo, são predominantemente planas à suave onduladas, com declividades inferiores a 6% (Figura 4), e estão associadas, predominantemente, aos solos Neossolos Litólicos e aos Luvisolos Crômicos.

As áreas mais declivosas da bacia das classes Alta e Muito Alta, estão relacionadas aos

solos Neossolos Litólicos, que se distribuem nos contrafortes dos divisores da bacia a sudoeste, e em áreas de serras interiores.

A classe Muito Alta, representando áreas com declividades superiores a 20%, ocupam 39,12 km². A classe Alta, normalmente ocorrendo associada a classe Muito Alta, ocupa uma área de 195,82 km².

A classe Média de declive, com terras entre 6 e 12% de declividade, ocupa uma área de 2.936,39 km². Estas terras ocorrem de forma difusa em toda a bacia. No terço mais baixo da drenagem estão fortemente associadas aos Luvisolos Crômicos e aos Neossolos Litólicos. De acordo com Francisco et al. (2013) representa área já com forte restrição ao uso com agricultura, requerendo o uso intensivo de práticas conservacionistas.

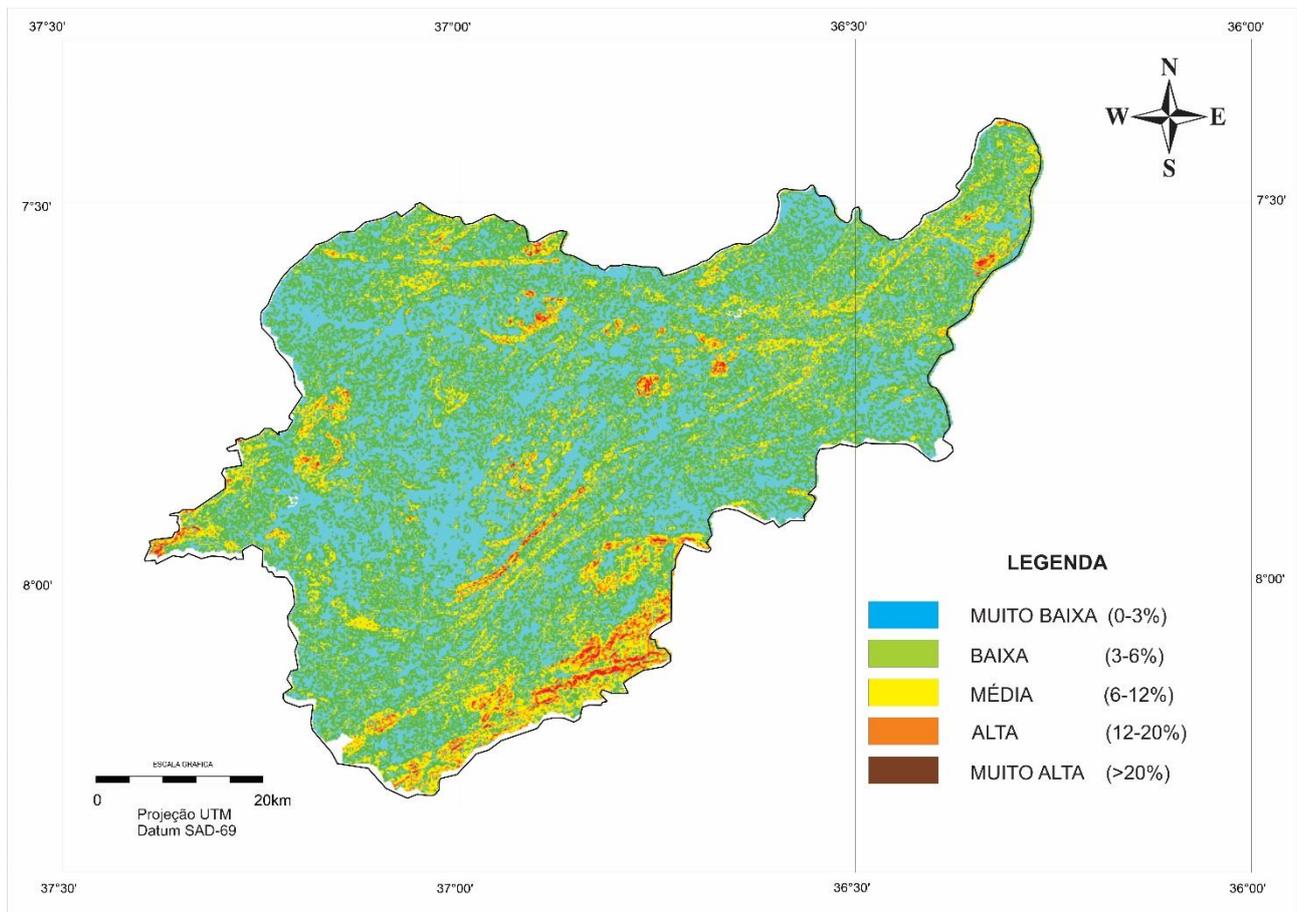


Figura 4. Mapa do parâmetro "ID" em relação ao risco da declividade do terreno.

Para a determinação da susceptibilidade dos solos a erosão da BHAP (Tabela 3), avaliada pelo o parâmetro "IE" (Erodibilidade) do modelo proposto, a erodibilidade dos solos se distribui com classe média em 43,7% da área (2.936 km²); classe alta, em 50,3% (3.380 km²) e classe muito alta em 6,0% (401 km²). Individualmente, este é um dado que aponta para um risco potencial de deterioração das terras de médio a alto. Susceptibilidade está relacionada aos percentuais elevados das frações silte e areia fina, dos Solos Litólicos (Neossolos Líticos) e dos Brunos Não Cálcicos (Luvisolos Crômicos), solos com maiores áreas de ocorrência na BHAP, dados que concordam com os resultados obtidos por Chaves et al. (2004) e Francisco (2013).

Constata-se que, predominantemente, os solos representativos da classe de erodibilidade alta são os Neossolos Litólicos, os Luvisolos Crômicos e os Neossolos Flúvico Ta Eutrófico solódico. Como se pode observar no mapa de solos (Figura 2), estes ocorrem por toda a bacia com maior representatividade geográfica. Em grande parte, esta classe é representada por unidades de solo Luvisolo Crômico, de caráter vértico ou não, e os solos

Neossolos Litólicos. Estes são solos com teores elevados de silte e areia fina, frações estas, que em conjunto, estão associadas a 93% das variações da susceptibilidade dos solos a erosão (RENARD et al., 1997).

A classe de erodibilidade média (0,02 a 0,03 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹) com a segunda maior representação em área na bacia, apresenta a maior diversidade de classes de solos. Em termos de área, os Neossolos Litólicos e os Luvisolos Crômicos são os mais representativos ocorrendo distribuídos por toda a bacia. Por outro lado, os solos Luvisolos e os Neossolos Litólicos, típicos da região semiárida de estudo, são os mais susceptíveis à erosão do Estado, como mostraram Chaves et al. (2004), que encontraram valores de erodibilidade variando de 0,010 a 0,054 Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹.

Pelos dados obtidos, apresentados na Figura 5, pode se observar que, não foram identificados solos das classes de erodibilidade muito baixa e baixa. Estas classes estão normalmente relacionadas a solos mais intemperizados e profundos de regiões úmidas. No Estado estas classes de erodibilidade estão associadas aos Latossolos areno-argilosos e

bem drenados com mais alta resistência à erosão, que ocorrem no Litoral e em topos de Serras interiores do Estado (CHAVES et al., 2004). Francisco (2013) trabalhando na sub-bacia hidrográfica do rio Taperoá, contígua a

área de estudo, não encontrou solos da classe de erodibilidade muito baixa, valores inferiores a $0,01 \text{ Mg h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, o que concorda com os resultados deste trabalho, já que são regiões com as mesmas características fisiográficas.

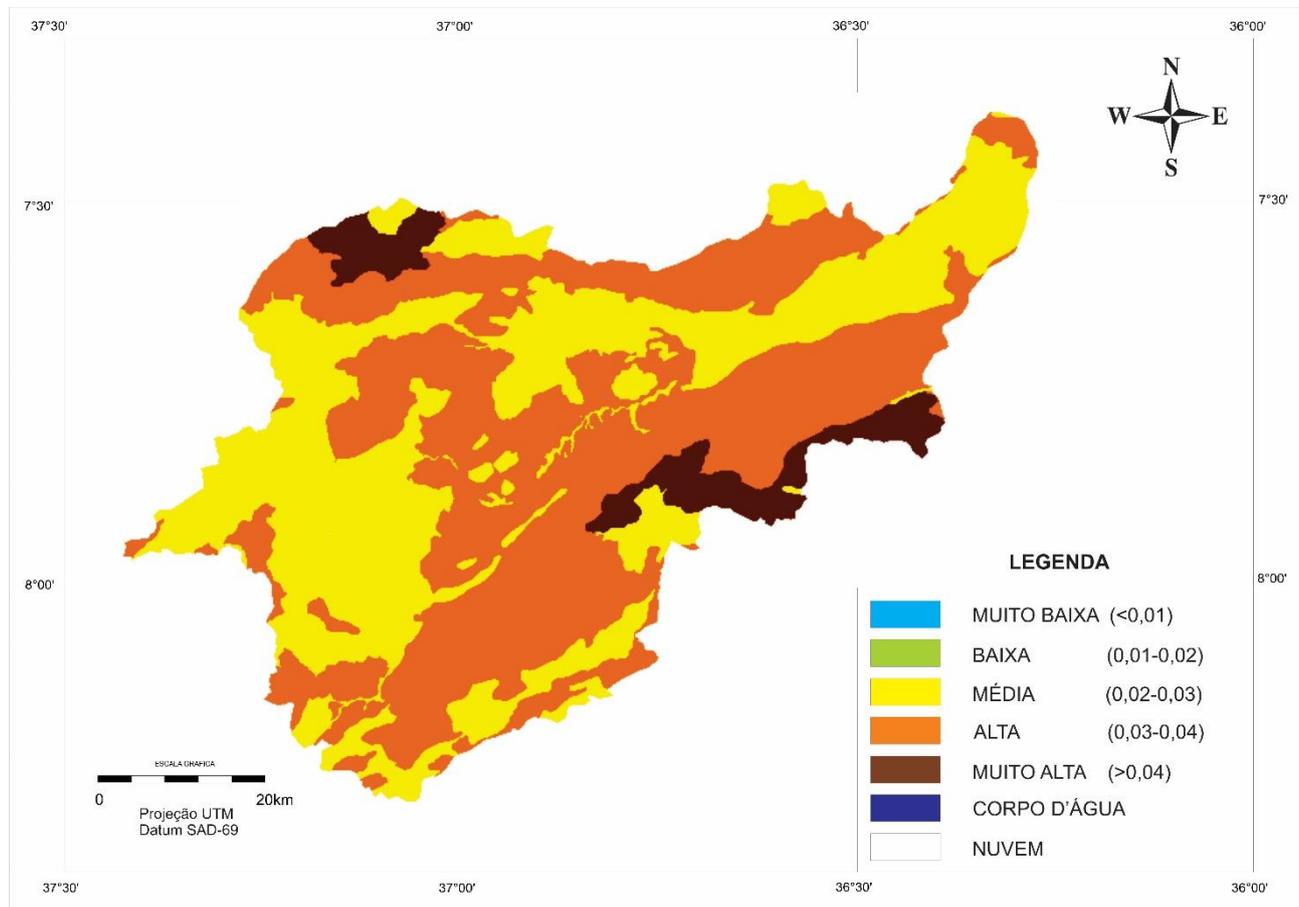


Figura 5. Mapa do parâmetro "IS" em relação ao risco da erodibilidade dos solos.

Analisando-se os resultados do prognóstico da deterioração das terras, a partir do modelo proposto, pode-se observar que não foi identificada nenhuma área da classe muito baixa de deterioração ($IDTS \leq 3$), isto devido a erodibilidade dos solos variarem de média a muito alta ($IE \geq 5$). A classe de baixa deterioração ($IDTS 3$ a 15) ocorre em apenas 4,2% da área da bacia (282 km^2), esta resultante do risco médio da erodibilidade dos solos ($IE = 5$) associado as áreas de muito baixa ou baixa deterioração da cobertura vegetal ($IV 1$ ou 3), ou a áreas de muito baixa ou baixa declividade ($ID 1$ ou 3), respectivamente. Terras com baixo nível de deterioração ocorre em maior extensão no terço inferior da BHAP (Figura 2), a nordeste da área, relacionada a Vertissolos e Luvisolos plano de textura argilosa e cobertura vegetal de caatinga, que é uso mais adequado nesta área de mais baixa precipitação do Estado.

Para as classes Muito Baixa e Baixa de deterioração (Figura 6), o principal fator contribuinte foi a Muito Baixa e Baixa declividade das terras da bacia hidrográfica (Tabela 5), com $3.197,92 \text{ km}^2$ e $1.998,67 \text{ km}^2$ de área, respectivamente. Notadamente, a expressiva contribuição da cobertura da vegetação a classe de Baixa de deterioração, com uma área de $281,65 \text{ km}^2$, nesta classe de risco, com isso, amenizando as condições de riscos de erosão das áreas mais declivosas.

As terras da classe média de deterioração (Tabela 3) representam 18,5% da área da bacia (1.244 km^2). Estas podem apresentar um índice de deterioração ($IDTS 15$ a 45) e estão relacionadas às áreas de relevo planos e suave ($ID 1$ e 3) de grande ocorrência na bacia (77,4%). Associadas a solos de erodibilidade média ou alta ($IE 5$ ou 7) podem apresentar uma cobertura de vegetação de caatinga aberta e até rala ($IV = 7$), desde que em

áreas planas. A área de ocorrência predominante de terras da classe média de deterioração é o terço superior da BHAP com predominância de Luvisolos Crômicos mais profundos e planos à suave ondulado.

As classes alta e muito alta de deterioração das terras estão relacionadas ao muito alto grau de deterioração da cobertura da vegetação (IV = 9), que chega a 74,5% da área (4.997 km²) e a alta erodibilidade dos solos que atinge 50,3% da área da bacia. Nesta condição nas áreas mais planas (ID 1 e 3) a deterioração é alta (38,3%) e nas áreas mais declivosas (ID 5 e 7) a deterioração é muito alta (30,5%). Devido ao confundimento da vegetação grande parte das áreas agrícolas e de pastagens estão incluídas nas classes alta e muito alta de deterioração da vegetação (IV 7 e 9).

Baseado nos dados observados, pode se afirmar que, 38,32% das terras da bacia do Alto Rio Paraíba, uma área de 2.574,21 km², apresentam níveis altos de deterioração. A classe Alta de deterioração, conforme pode ser observado na Figura 6, encontra-se distribuída de forma difusa, por toda a área da bacia e principalmente ocorrendo em classes de solos com erodibilidade mais alta. Considerando a área de abrangência das classes de risco a deterioração das terras, pode se afirmar que a erodibilidade do solo e a menor cobertura do solo, são os fatores que mais contribuem na determinação desta classe Alta de deterioração. Em seguida vêm as grandes extensões das

classes de vegetação de porte subarbustivo e arbustivo, com densidade rala e muito rala, contribuindo na classe Alta de deterioração e como principal fator contribuinte da classe Muito Alta de deterioração. Nos dois casos com áreas de ocorrência nas classes de 573,73 km² e 4.997,83 km², respectivamente.

As classes alta e muito alta de deterioração das terras estão relacionadas (Figura 2) ao solos Neossolos Litólicos, normalmente mais rasos e declivosos e aos Luvisolos Crômicos quando rasos, declivosos e abruptos quando apresentam caráter vértico.

Além da predominância da classe Alta de deterioração das terras, observa-se que as classes de deterioração Muito Alta e Média se distribuem em tamanho de área, relativamente próximos. A classe Muito Alta de deterioração (Figura 6) ocorre em grande extensão, distribuída por toda a bacia. Em grande parte, associada à alta erodibilidade dos Luvisolos Crômicos vérticos e ao baixo nível de proteção da vegetação arbustiva e subarbustiva, rala e muito rala da área.

A classe de deterioração Baixa, por sua vez, ocorre nas áreas protegidas pela vegetação mais densa, em grande parte das terras nas proximidades da drenagem; nas cabeceiras a sudoeste em áreas de Regossolos, e no terço inferior em Luvisolos e Neossolos Litólicos, como também no terço superior mais a leste da bacia em área de ocorrência de Vertissolos.

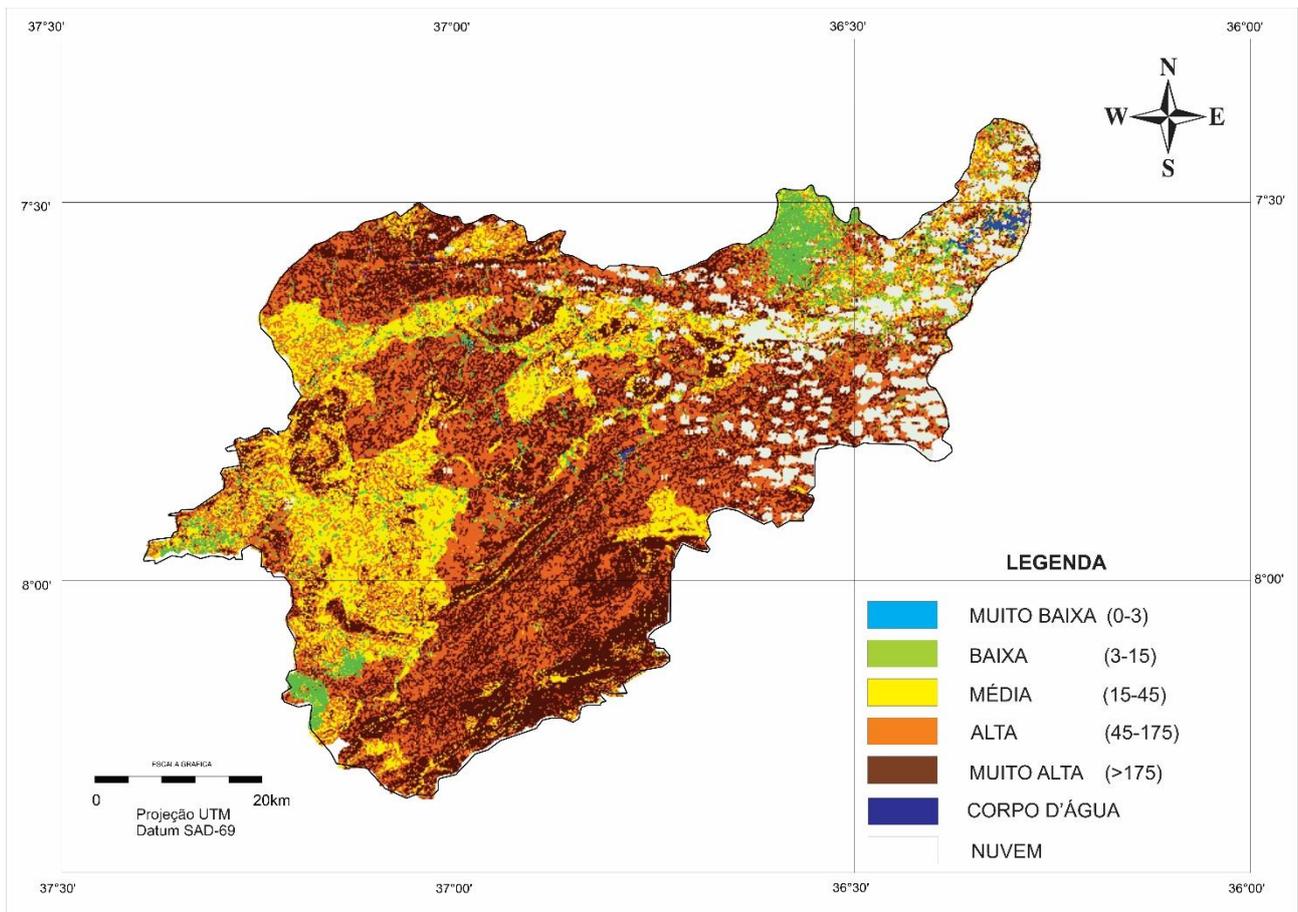


Figura 6. Mapa de deterioração das terras.

Observa-se pela Figura 7 que maior área da bacia se encontra com o ID nas classes Muito Baixa, Baixa e Média e inversamente proporcional ao IE que apresenta as classes Média e Alta, o IS de cobertura do solo apresenta as classes Alta e Muito Alta, estas situações que ocorrem conjuntamente resultam a deterioração conforme demonstra o IDST - Índice de Deterioração das Terras Semiáridas.

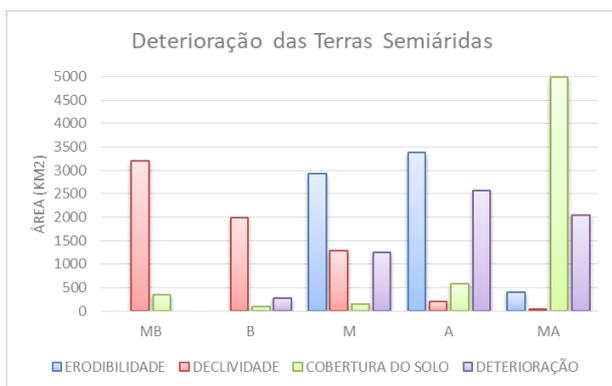


Figura 7. Distribuição das classes.

Pela Figura 8 pode-se observar que, a correlação do grau de risco de deterioração das terras da bacia hidrográfica do Alto Rio Paraíba obteve uma correlação dos parâmetros de

$R^2=0,9591$. Resultado esse que representa uma boa correlação entre os parâmetros utilizados.

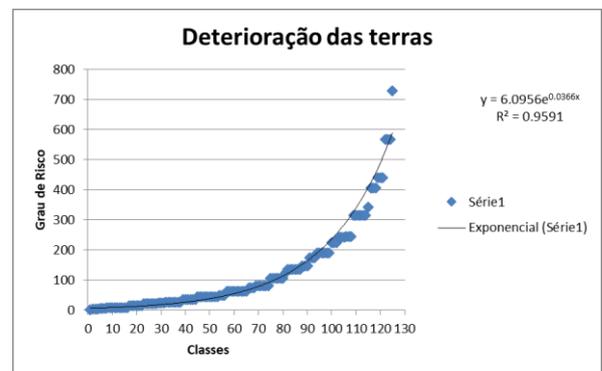


Figura 8. Correlação do grau de risco dos parâmetros das classes de deterioração das terras.

Conclusão

O uso do Índice de Deterioração das Terras Semiáridas permitiu mapear a deterioração das terras da bacia hidrográfica em estudo.

Embora a metodologia utilizada neste trabalho apresente limitações, permitiu levantar informações de suma importância sobre o diagnóstico físico conservacionista da área, estimando dados quantitativos da

deterioração dos solos e da vegetação.

Observou-se que na bacia 77,36% das terras apresentam relevo plano e suave ondulado; os solos apresentam erodibilidade alta em 50,32%; as classes de vegetação Subarbusciva muito rala e rala ocupam 74,4%, as Arbustivas Subarbuscivas e Subarbóreas abertas em 8,54% e a Arbustiva, Subarbórea e Arbórea densa 8,56%.

Os resultados demonstraram que 38,32% das terras apresentam níveis altos de deterioração.

Referências

ACCIOLY, L. J. DE O. Degradação do solo e desertificação no nordeste do Brasil. Boletim Informativo, SBCS, v.1, n.25, p.23-25, 2000.

ACCIOLY, L. J. DE O.; GARÇON, E. A. M.; BARROS, M. R. O.; BOTELHO, F. Avaliação de alvos em áreas sob desertificação no semiárido paraibano com base nos sensores Hyperion e LANDSAT 7 ETM+. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. Anais...Goiânia: INPE, 2005. p.347-353.

ALMEIDA, H. A.; MARINHO, C. F. C. E. Morfometria do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba e indicadores hídricos de susceptibilidade a erosão e à desertificação. In: (Org.) SILVA, B. B. DA. Aplicações ambientais brasileiras de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Campina Grande: EDUEFCG, 2013. 213p.

ARAÚJO, A.; SANTOS, M.; MEUNIER, I.; RODAL, M. Desertificação e Seca. Gráfica e Editora do Nordeste Ltda. Recife, 2002. 63p.

BRANDÃO, M. H. M. Índice de degradação ambiental na bacia hidrográfica do Rio do Peixe-PB. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa. Anais...Viçosa: Editora da UFV, 2009.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil. Brasília-DF, 2005, 213p.

CAMPOS, M. C. C.; QUEIROZ, S. B. Reclassificação dos perfis descritos no Levantamento Exploratório - Reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.6 n.1, p.45-50, 2006.

CANDIDO, H. G. BARBOSA, M. P.; SILVA, M. J. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.2, p.368-371, 2002.

CHAVES, I. B.; SLACK, D. C.; GUERTIN, D. P.; LOPES, V. L. Estimativa da erodibilidade e sua relação com outros atributos dos solos do Estado da Paraíba. In: Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, 15, 2004, Santa Maria. Anais...Santa Maria, 2004.

CHAVES, I. de B.; LOPES, V. L.; FFOLLIOTT, P. F.; PAES-SILVA, A. P. Uma classificação morfoestrutural para descrição e avaliação da biomassa da vegetação da caatinga. Revista Caatinga, v.21, n.2, p.204-213, 2008.

COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. B. Phytomass mapping of the Seridó caatinga vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indices. Scientia Agrícola, v.59, n.4, p.707-715, 2002.

DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 1990.

FRANCISCO, P. R. M. Classificação e mapeamento das terras para mecanização do Estado da Paraíba utilizando sistemas de informações geográficas. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2010.

FRANCISCO, P. R. M. Modelo de mapeamento da deterioração do Bioma Caatinga da bacia hidrográfica do rio Taperoá, PB. 97f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; CHAVES, L. H. G.; LIMA, E. R. V. DE; SILVA, B. B. DA. Modelo de mapeamento da deterioração das terras semiáridas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 42, 2013, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2013.

FRANCISCO, P. R. M.; CHAVES, I. DE B.; LIMA, E. R. V. DE; SANTOS, D. Tecnologia da geoinformação aplicada no mapeamento das terras à mecanização agrícola. Revista Educação Agrícola Superior, v.29, n.1, p.45-51, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; PEREIRA, F. C.; SILVEIRA, T. DE A. Estimativa da deterioração das terras semiáridas do município de Picuí-PB. Polêmica, v.13, n.2, p.1249-1266, 2014.

FRANCISCO, P. R. M.; RIBEIRO, G. DO. N.; MORAES NETO, J. M. DE. Mapeamento da deterioração ambiental em área de vegetação de caatinga. Revista Brasileira de Geografia Física, v.7, n.2, p.304-318, 2014.

- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Manuais Técnicos em Geociências n. 1. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Sistema fitogeográfico, Inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas. Procedimentos para mapeamentos. 2012. Disponível em: ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_tecnico_. Acesso em: 28 dezembro de 2012.
- INSA. Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro. (Org.) MEDEIROS, S. DE S. et al. Campina Grande, 2012. 103p.
- KAZMIERCZAK, M. L.; SEABRA, F. B. Índice de susceptibilidade de degradação ambiental ISDA em áreas do cerrado paulista. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 18, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE. 2007. p.2745-2752.
- LEITE, F. R. B.; OLIVEIRA, S. B. P.; BARRETO, M. M. S.; CARVALHO, G. M. B. S.; FREITAS FILHO, M. R. Degradação ambiental e susceptibilidade aos processos de desertificação na região do Médio Jaguaribe-CE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, Belo Horizonte, 2003. Anais...INPE, 2003. p.1315-1322.
- LEITE, F. R. B.; SOARES, A. M. L.; MARTINS, M. L. R. Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. In: Conferência Nacional da Desertificação, 1994. Fortaleza, 1994. Brasília, Fundação Esquel Brasil. p.73-78, 1994.
- LEMOS, J. J. S. Desertification of drylands in Northeast of Brazil. Riverside, Califórnia. Economic Department da University of California, 1995.
- LEMOS, J. J. S. Níveis de degradação no nordeste brasileiro. Revista Econômica do Nordeste, v.32, n.3, p.406-429, 2001.
- LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI, J. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C. R. Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175p.
- LOPES, H. L.; CANDEIAS, A. L. B.; ACCIOLY, L. J. O.; SOBRAL, M. DO C. M.; PACHECO, A. P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.11, p.1210-1219, 2010.
- PAES-SILVA, A. P.; CHAVES, I. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Açude Namorado no cariri oriental paraibano. Agropecuária Técnica, v.24, n.1, p.47-59, 2003.
- PARAÍBA. Governo do Estado. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. CEPA-PB. Zoneamento Agropecuário do Estado da Paraíba. Relatório ZAP-B-D-2146/1. UFPB-Eleto Consult Ltda., 1978. 448p.
- PARAÍBA. Secretaria de Estado da Ciência e Tecnologia e do Meio Ambiente. Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba, AESA. PERH-PB: Plano Estadual de Recursos Hídricos: Resumo Executivo e Atlas. Brasília, DF, 2006. 112p.
- RIBEIRO, M. R.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GALINDO, I. C. L. Os solos e o processo de desertificação no semiárido brasileiro. In: Tópicos em ciência do solo, v.6, 497p. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa, 2009. p.413-449.
- SAMPAIO, E. V. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B.; ARAÚJO, S. B.; SAMPAIO, G. R. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência. Recife: Ed. Universitária, 2003. 202p.
- SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.13, n.2, p.11-21, 2005a.
- SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens LANDSAT 5 - TM. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, p.243-252, 2005b.
- SOUSA, R. F. DE; BARBOSA, M. P.; SOUSA JÚNIOR, S. P. DE; TERCEIRO NETO, C. P. C.; MORAIS NETO, J. M. Estudo da degradação de terras do município de Boa Vista-Paraíba. Revista Engenharia Ambiental, v.4, n.2, p.5-13, 2007.
- WISCHMEIR, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses - a guide to conservation planning. USDA, Washington. 58p. 1978. (Agriculture Handbook 537).

Capítulo 10**ESTUDO DO PERFIL DE CONSUMO DE ÁGUA NAS ESCOLAS PÚBLICAS ESTADUAIS DO MUNICÍPIO DE CAJAZEIRAS-PB**

Jeferson Dantas Duarte¹
Fernando Antônio Portela da Cunha²
Everton Vieira da Silva³
Virgínia Tomás Machado⁴
Albaneide Fernandes Wanderley⁵
Luciano Leal de Moraes Sales⁶

¹Licenciado em Química, UFCG/CFP/Campus Cajazeiras, duartepb2013@gmail.com

²Professor Adjunto, UFCG/CFP/UACEN/Campus Cajazeiras, fportela.ufcg@gmail.com

³Professor Adjunto, UFCG/CFP/UACEN/Campus Cajazeiras, evertonquimica@hotmail.com

⁴Professora, FSM, Cajazeiras, vtmachado@hotmail.com

⁵Professora Adjunta, UFCG/CFP/UACEN/Campus Cajazeiras, albawanderley@gmail.com

⁶Professor Adjunto, UFCG/CFP/UACEN/Campus Cajazeiras, llms@ccet.ufrn.br

Introdução

Com o aumento descontrolado do consumo de água nos grandes centros urbanos, observa-se um desgaste acentuado dos nossos recursos hídricos, provocando impactos sociais, econômicos e ambientais, que passaram a ser objeto de estudo de diversos pesquisadores de instituições públicas e privadas, que são motivados pela crescente preocupação com a sustentabilidade e a sua relação com o desenvolvimento do Brasil (CABRAL et al., 2015)..

Segundo Heller e Pádua (2010), como consequência deste desenvolvimento, o consumo de água tem apresentado índices elevados, principalmente pelo aumento populacional e industrial sem planejamento e infraestrutura adequados, bem como, pelo aumento do volume de perdas nos sistemas de abastecimento. Além disso, existem os problemas climáticos devido à carência de chuvas nessa região.

Com a Revolução industrial e a crescente urbanização, se desenvolveram os grandes sistemas de abastecimento de água, com novas tecnologias, contemplando o abastecimento das edificações das cidades (BARROS et al., 2004). Como resultado, observa-se a redução do acúmulo de água nos mananciais, provocando racionamentos periódicos em grande parte das cidades brasileiras e conseqüentemente um maior quantitativo de pessoas, ficando sem a possibilidade de uso desse líquido que tem sido considerado cada vez mais precioso.

De acordo com Lima (2010) ao final do século XIX, o homem tem usado a água de forma desordenada, como se a mesma fosse um

recurso inesgotável. Partindo dessa possibilidade e entendendo como um recurso finito, necessita-se de meios alternativos e práticas de conscientização que desenvolvam tecnologias que se adaptem a futura realidade da escassez dos recursos hídricos, proporcionando meios economicamente viáveis e conscientes da utilização desses recursos.

Face ao exposto, a busca por alternativas para a melhoria ao acesso à água potável, bem como a otimização do consumo de água, são temas que constantemente lideram o ambiente acadêmico, visando o desenvolvimento e a implantação de intervenções para a economia de água que deve ser baseada em ações tecnológicas, institucionais e educacionais (FARESIN, 2008).

Logo, tendo a escola como um centro de formação cidadã, essa se torna um espaço ideal para se trabalhar as questões relativas à conscientização, através de diferentes ações para fomentar um melhor uso dos recursos hídricos disponíveis, seja na escola, em casa, ou em diversos lugares. Com relação ao desperdício de água nas escolas e fora dela, é possível indagar os seguintes questionamentos: Como contribuir efetivamente para o desenvolvimento de novos padrões de comportamento e de consumo, voltados para a realidade futura da escassez de água em nosso planeta? Existe a necessidade de vistorias periódicas nas instalações hidráulicas para evitar desperdício nos diferentes ambientes?

Portanto, analisando o atual cenário hídrico do país e mais especificamente na região nordeste e em Cajazeiras, este trabalho tem como objetivo, analisar o perfil de consumo de

água nas escolas da rede pública estadual de ensino da cidade de Cajazeiras-PB.

Fundamentação teórica

A preservação dos recursos hídricos, com ênfase na disponibilidade para as gerações futuras, tem sido um tema bastante discutido por vários segmentos da sociedade. Principalmente, por se tratar de uma temática bastante preocupante, programas do uso racional, atrelado a conscientização dos seus usuários, tem como principal objetivo evidenciar a importância da água para as necessidades essenciais e básicas da população, ao mesmo tempo procura mostrar através das evidências, os impactos ambientais decorrentes do seu uso contínuo, sem a adoção de uma gestão adequada e que visem a sua utilização de forma sustentável, implicando diretamente na quantidade e na qualidade da água que poderá vir a ser disponibilizado a população (ARAUJO et al., 2010).

Segundo Von Sperling (1996), água é fundamental para a manutenção da vida, razão pela qual é importante saber como ela se distribui no nosso planeta, e como ela circula de um meio para o outro. Os $1,36 \times 10^{18} \text{ m}^3$ de água disponível existentes na Terra, estão distribuídos na forma de água do mar (97,0%), geleiras (2,2%), água doce (0,8%).

De acordo com Assis Junior et al. (2000), no semiárido brasileiro, o uso e manejo da água inadequados tornam-se mais preocupantes, pelas incertezas das chuvas que abastecem os seus aquíferos, que clamam por programas de gerenciamento dos recursos hídricos e de educação/formação do homem, para que os mais de 16 milhões de sertanejos, possam retirar da terra, o alimento necessário para a sua sobrevivência e o excedente necessário ao desenvolvimento econômico e social.

A região semiárida do Nordeste, onde chove em média 600 milímetros por ano de modo concentrado em poucos meses, sofre grande risco de desertificação. Com a diminuição das chuvas, uma quantidade menor de água percola no solo, reduzindo a recarga dos lençóis freáticos. Estima-se que possa ocorrer uma redução de até 70% na recarga dos aquíferos na região Nordeste (ANA, 2012).

A ausência de estruturas e sistemas de gestão adequados, aliados a padrões culturais incompatíveis, deixam milhões de pessoas sem o adequado acesso à água e intensificam os conflitos de uso, além de promoverem a degradação do recurso (GONÇALVES, 2009).

Uso racional de água em escolas

De acordo com Ilha et al. (2005), em edificações públicas, como escolas e universidades, onde o usuário não é responsável diretamente pelo pagamento da conta de abastecimento de água, ocorre uma tendência a um maior desperdício. Desta forma, alguns programas e estudos vêm sendo desenvolvidos de forma a reduzir, o alto e inadequado consumo de água nesses locais com elevada movimentação de pessoas.

Para Scherer (2003), uma das principais vantagens da implantação de um Programa de Conservação de Água em edifícios escolares é a sua abrangência, principalmente devido esse ambiente, apresentar agentes formadores de cidadãos, que podem desempenhar ações na preparação de gestores e multiplicadores, para atuarem na sociedade, conscientizando e motivando novas atitudes quanto ao uso eficiente da água nas edificações.

Nos ambientes que circulam diariamente um número elevado de pessoas como hospitais, indústrias e escolas, por exemplo, o desperdício de água, em alguns casos, é mais acentuado. Sendo a causa desse fator, vazamentos perceptíveis e sem manutenção; pelo uso indiscriminado por parte daqueles que não possuem conscientização e pela falta de conhecimento que possibilite a adoção de práticas de reaproveitamento e reuso de água como forma de economia, seja da própria água, mas também, o aporte financeiro (CABRAL et al., 2015).

A escassez da água está intimamente ligada às ações do homem, com a má administração, com o crescimento da população e dos grandes centros urbanos, a exagerada exploração dos rios, águas subterrâneas e, com a liberação de esgotos, dejetos domésticos e industriais diretamente as margens desses cursos d'água. A falta de tratamento adequado dos resíduos sólidos e líquidos, liberados diretamente nos rios, termina poluindo e aumentando o problema e a degradação ambiental (CHEIDA, 2003).

O Governo Brasileiro criou algumas décadas passadas, leis e decretos com o intuito de preservar e acompanhar de forma ordenada o uso dos recursos hídricos. Em 1997, foi anunciada a Lei das Águas, e logo depois é aprovada a Lei nº. 9984, em 17 de julho de 2000, que trata sobre a criação da ANA – Agência Nacional de Águas, que tem por objetivo implementar o Programa Nacional de Recursos

Hídricos (PNRH) e coordenar o SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (MMA, 2009).

A ONU (Organização das Nações Unidas) realiza regularmente debates, abordando a luta pela preservação dos recursos naturais, focalizando principalmente o uso indiscriminado dos recursos hídricos. A água, que é um recurso muito importante, um bem de inestimável valor, patrimônio da humanidade, deve ser preservada, e utilizada de forma inteligente, sem desperdícios, pois todos os seres vivos dependem do seu uso para sobrevivência (BATISTA, 2014).

A água doce presente no Planeta Terra corresponde a menos de 3%, e de acordo Organização das Nações Unidas (ONU), cada pessoa precisa de 110 litros de água diários para atender suas necessidades de consumo e higiene. No entanto, o brasileiro gasta em média, aproximadamente 200 litros/dia, o que corresponde a 73 mil litros por ano por pessoa, o que potencializa a escassez em diferentes localidades (ONU, 2006).

O uso inadequado da água potável e o seu desperdício acarreta outra grande preocupação, pois, contribuem diretamente para sua escassez. Observa-se, portanto, que, tanto o desperdício como o uso inadequado, são fatores que estão relacionados diretamente a falta de conhecimento e informação por parte dos membros da população, implicando diretamente no equilíbrio ambiental, e nos recursos hídricos disponíveis (MATOS, 2009).

De acordo com Cheung et al. (2009), desperdício abrange basicamente as perdas evitáveis, ou seja, correspondem visivelmente à negligência e mau comportamento dos usuários inconscientes dos impactos ambientais ocasionados pela ação humana.

O termo desperdício está relacionado com as perdas evitáveis, por parte do usuário que não tem consciência ambiental. Este fato pode ser observado no cotidiano como na lavagem de um veículo, quando o usuário ao invés de usar um recipiente com água utiliza uma mangueira, na qual o escoamento de água é muito maior ou, ao utilizar o banheiro e ao lavar as mãos deixa a torneira aberta, desperdiçando água (TOLEDO, 2013).

De acordo com a ANA (2013) o Brasil, em termos globais, apresenta uma situação confortável quanto aos recursos hídricos, pois representa 53% da disponibilidade de água do continente sul americano e 12% do total mundial. No entanto, apesar desse aparente

conforto, existe uma distribuição espacial desigual dos recursos hídricos no território brasileiro, onde cerca de 80% encontra-se na região hidrográfica Amazônica, que possui um menor contingente populacional e valores reduzidos de demandas conjuntivas.

A conservação da água é um conjunto de atividades, medidas e estímulos que tem como principais objetivos a redução da demanda; a melhoria da utilização da água e redução de perdas e desperdícios da mesma; a implantação de métodos e tecnologias para economizar água; e a informação e conscientização dos usuários (TOMAZ, 2001).

Um dos meios para contribuir mais efetivamente para o uso consciente da água, é a formação da população, através dos conceitos da educação ambiental, que para Reigota (1994), busca estabelecer uma nova aliança entre a humanidade e a natureza, desenvolvendo uma nova razão que não seja sinônimo de autodestruição, exigindo o componente ético nas relações econômicas, políticas e sociais.

Educação ambiental deve ser uma disciplina bem estabelecida e que enfatize a relação dos homens com o ambiente natural, as formas de conservá-lo, preservá-lo e de administrar seus recursos adequadamente (UNESCO, 2005). Entre essas diversas ações possíveis estão a correção de vazamentos que é uma das mais eficientes na redução do consumo de água em um sistema, as adoções das tecnologias economizadoras aplicadas aos sistemas prediais são também bastante impactantes na redução do consumo (OLIVEIRA, 1999), além disso, Yoshimoto et al. (1999) expõe a respeito da importância da manutenção dos equipamentos hidráulicos para a diminuição do consumo de água.

De acordo com Pereira et al. (2006), devido ao desperdício, a busca pela água está tomando caminhos mais longos, o que encarece o processo e se torna um ônus que poderia ser investido para proporcionar condições mais dignas e adequadas às populações mais carentes que sofrem com a falta de saneamento básico, água potável e noções de higiene.

De acordo com Tomaz (2001), o consumo médio de água para escolas e universidades varia de 10 a 50 litros/dia por aluno, e 210 litros/dia por funcionário, sendo que este consumo é distribuído em diversos usos, variando conforme a tipologia da edificação.

Ghisi (2011) afirma que, tendo em vista que as escolas são exemplos de instituições que pertencem ao setor público, onde são contabilizados maiores consumos e desperdícios de água, mostra-se cada vez mais importante o incentivo a conservação de água nessa tipologia de edificações.

As iniciativas educacionais são necessárias para que haja um consumo mais sustentável, podendo ser trabalhadas durante a formação educacional como também a partir de iniciativas pessoais e informais. Como tema transversal do ensino, o meio ambiente engloba a questão do consumo sustentável, que deve ser abordada de forma holística, por se tratar de uma postura de cidadania (FURRIELLA, 2001).

Indicador de consumo nas escolas públicas

Estudos de Pedroso (2008) apontam a existência de uma variabilidade de valores que pode ser utilizado como valor de referência para o indicador de consumo (IC) em escolas do Brasil, podendo ser expresso em função da população total (alunos, funcionários e professores) ou exclusivamente dos alunos e/ou funcionários como um todo. Ainda

segundo o autor, diversos pesquisas apontaram IC de águas para escolas do Brasil, variando de 10 a 50 litros/aluno.dia com categorias não especificadas, a 3,79 a 12,1 litros/aluno.dia na educação infantil; 0,51 a 11,6 litros/aluno.dia no ensino fundamental e 4,5 a 25 litros/aluno.dia em estabelecimentos com ensino fundamental e médio, resultados esses que foram justificados devido a fatores como regimes educacionais, hábitos diferenciados dos usuários, existência de vazamentos ou a forma como é calculado o IC.

Material e Métodos

O presente trabalho se baseia em uma pesquisa explicativa, bibliográfica e de campo, sendo desenvolvida em 11 (onze) escolas da rede pública estadual de ensino da cidade de Cajazeiras-PB. Na Tabela 1 estão dispostos o quantitativo de alunos, funcionários e professores das escolas, número de banheiros, turnos de funcionamento e quantidade de merendas servidas por dia, sendo divididos em dois grupos, escolas apenas de ensino fundamental e escolas com ensino fundamental e médio.

Tabela 1. Caracterização da comunidade escolar e informações complementares das escolas estudadas

Esc. de Ensino Fundamental	Componentes			População Acadêmica	Informações Complementares		
	Alunos	Funcionários	Professores		Banheiros	Merendas /Dia	Turnos de Atividade
EEEF Cel. Joaquim Matos	235	14	10	259	3	2	3
EEEF Desembargador Boto	300	21	10	331	8	3	3
EEEF Dom Moisés Coelho	1256	36	53	1345	4	3	3
EEEF Joaquim Victor Jurema	338	37	19	394	3	3	3
EEEF Mons. João Milanês	251	16	16	283	2	2	2
EEEF Sinhazinha Ramalho	192	22	11	225	4	3	3
EEEF Monte Carmelo	314	12	15	341	3	2	2
Esc. de Ensino Fundamental e Médio							
EEEF Cristiano Cartaxo	163	23	22	208	8	3	2
EEEF Mons. Constantino Vieira	1018	26	42	1086	8	3	3
EEEF Prof. Manoel Mangureira	742	31	33	806	7	3	3
Esc. Cidadã Integral Técnica Prof. Nicéia Claudino	317	21	18	356	9	3	2

Diagnóstico preliminar

No primeiro momento, foi realizado um estudo de campo através de visitas técnicas às escolas para avaliação das características físicas, funcionais, qualidade e manutenção das instalações hidráulicas e hidro sanitária, como também, uma análise das atividades desenvolvidas no edifício e indivíduos que fazem uso do mesmo, logo quantificou-se o número de professores, funcionários e alunos (agentes consumidores); quantidade de banheiros; quantidade de merendas ofertadas e turnos de atividade e perdas no sistema (vazamentos). Realizou-se uma entrevista com

a direção e os funcionários da escola para se compreender o funcionamento padrão diário do estabelecimento e com isso justificar a sua relação direta com padrão de consumo.

Diagnóstico de consumo

Em seguida, foi realizado o monitoramento do consumo de água em m³ mensais das referidas escolas através de dados fornecidos pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA, referentes aos anos de 2017 e 2018. Para efeito de cálculo e diagnóstico de consumo, foram considerados apenas o consumo dos dias em que as escolas estiveram

em pleno exercício de trabalho, descontando, portanto, finais de semana e feriados e os meses em recesso escolar, conforme método descrito por Oliveira (1999).

Foram mensurados neste diagnóstico, o consumo mensal de água no período histórico; número de agentes consumidores; levantamento do consumo médio per capita L/aluno/dia; valor do indicador de consumo de água (IC) L/aluno/dia; análise de discrepâncias no consumo causadas por vazamentos visíveis nas instalações hidráulicas e hidros sanitárias;

Calculou-se o consumo per capita de cada mês, e posteriormente, calculou-se o consumo médio per capita por escola. Através dos dados obtidos, traçaram-se os gráficos e analisaram-se as escolas que apresentavam índice de consumo (IC) L/aluno/dia fora dos padrões.

Cálculo do indicador de consumo de água

O Indicador de Consumo (IC) em L/aluno/dia, foi calculado (Equação 1) de acordo com a metodologia de Oliveira (1999), que considera o consumo médio mensal (Cm), o

número de agentes consumidores (NA), e a quantidade de dias úteis por mês (Dm) e para o número de agentes consumidores (NA) foi adotado o quantitativo de alunos, professores e funcionários (Equação 1).

$$IC = \frac{(Cm \times 1000)}{(NA \times Dm)} \text{ (Eq.1)}$$

Análise de dados

Os dados obtidos foram analisados quali-quantitativamente, onde os resultados do consumo per capita médio por instituição foram divididos em escolas regulares, escolas integrais e escola profissional para melhor compreensão do padrão de consumo, no entanto, alguns meses foram desconsiderados devido anormalidades na leitura assinalado pela própria companhia de abastecimento.

Resultados e Discussão

Escolas Regulares

A Figura 1 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEF Cel. Joaquim Matos.

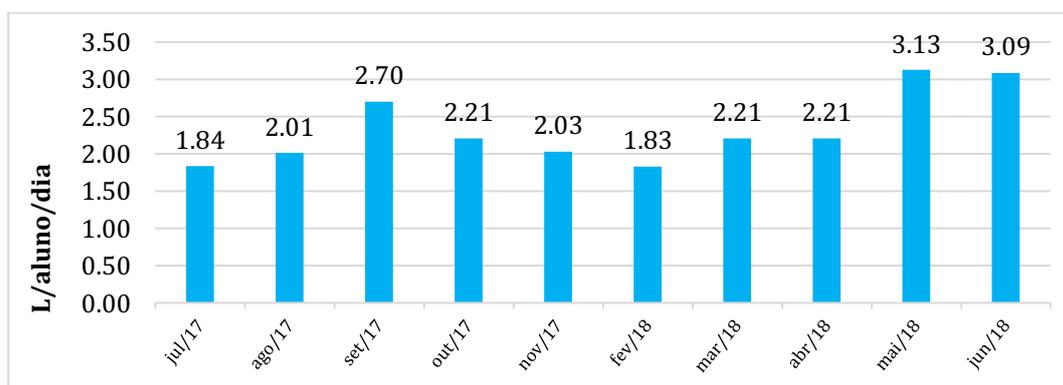


Figura 1. Índice de Consumo mensal da EEEF Cel. Joaquim Matos.

O consumo médio per capita do período é de 2,32 L/aluno/dia, sendo o maior pico de consumo registrado no mês de maio/2018, onde o indicador de consumo de água é de 3,13 L/aluno/dia, e o menor ocorreu no mês de fevereiro/2018, medindo 1,83 L/aluno/dia. Estudos realizados por Barreto e Chicci (2001), na cidade de Santo André-SP, mostrou que, para escolas do ensino fundamental (7 a 14 anos – 1ª a 8ª série), o consumo per capita médio foi de 7,6 a 11,6 L/aluno/dia. Observa-se que, para a escola em estudo o consumo apresenta valor baixo quando comparado às escolas de Santo André-SP. Estando, Cajazeiras-PB, localizada numa região semiárida, é de se esperar que a preocupação da população local com o

desperdício seja mais acentuada, e segundo a Direção da escola, o baixo consumo é fruto de um bom monitoramento por parte dos funcionários que procuram sempre verificar a questão dos desperdícios, e também a questão de vazamento nas instalações hidráulicas e hidro sanitária da escola. Observa-se na inspeção realizada na escola que, esta apresenta uma boa conservação de suas instalações hidráulicas e hidros sanitárias, fator que é determinante para se ter um baixo consumo de água.

A Figura 2 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEF Desembargador Boto.

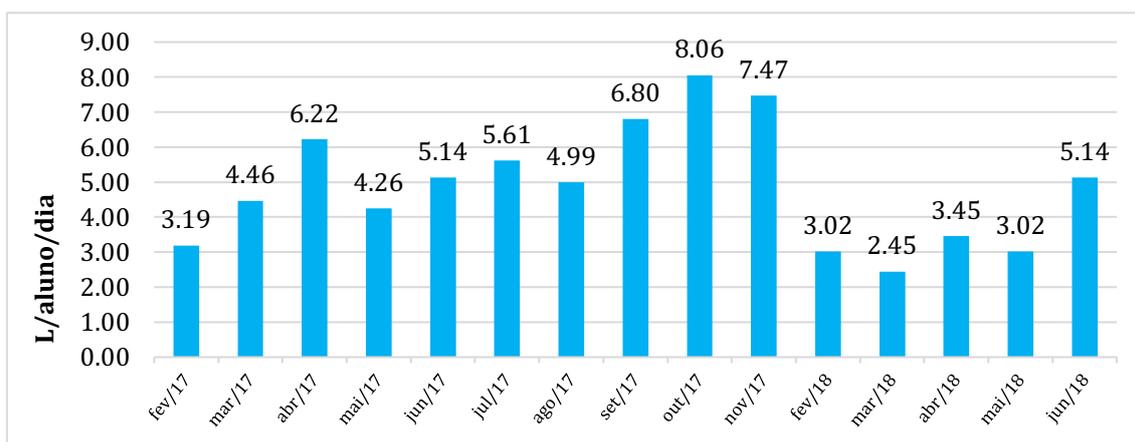


Figura 2. Índice de Consumo mensal da EEEF Desembargador Boto.

O consumo médio per capita da Escola Desembargador Boto registrado no período é de 4,88 L/aluno/dia, o menor consumo é registrado em março/2018, 2,45 L/aluno/dia e o maior consumo registrado é no mês de outubro/2018, 8,06 L/aluno/dia. Tais resultados podem ser considerados satisfatórios quando comparados com descritos nos estudos de Guimarães e Araújo (2016) que obtiveram um consumo médio em uma escola integral de 21,05 a 25,30 L/aluno/dia.

Segundo Silva (2004), essa variação no consumo de água depende principalmente das condições dos sistemas prediais, da tipologia de uso da edificação, das características dos usuários e da delimitação do sistema (conjunto de fatores externos e internos existentes em

cada edificação e que influenciam a variação do consumo); os fatores internos são aqueles em que se pode atuar, tais como a população, e os externos são os que não se tem controle, como, por exemplo, a temperatura.

Pelos dados coletados da visita técnica, observa-se que apesar da escola dispor de 8 banheiros, uma quantidade elevada quando comparada às demais escolas estudada, as instalações hidro sanitária encontram-se em bom estado de conservação, podendo ser um fator que justifica o baixo consumo quando comparado a outros estudos.

A Figura 3 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEF Dom Moisés Coelho.

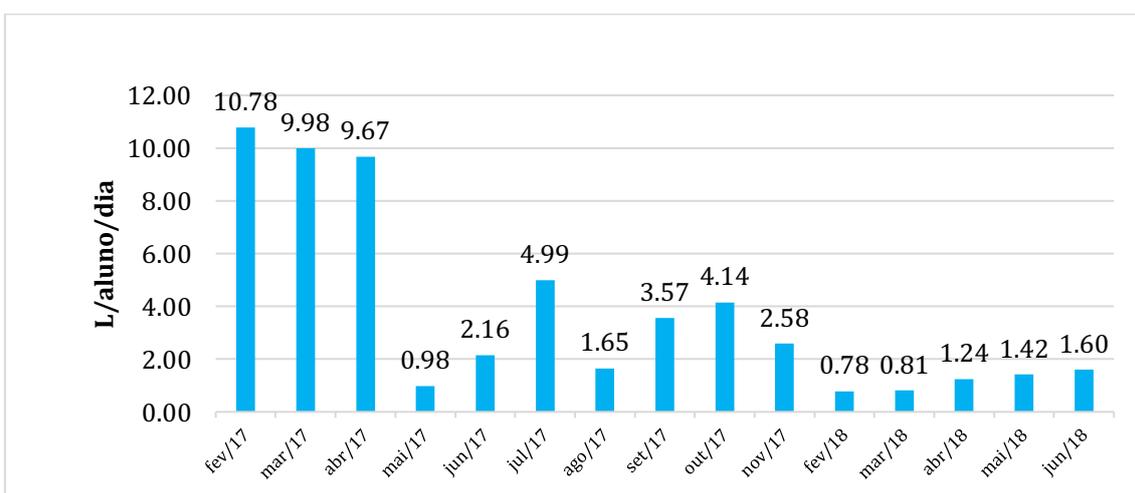


Figura 3. Índice de Consumo mensal da EEEF Dom Moisés Coelho.

Na Escola Dom Moisés Coelho, o consumo médio per capita no período é de 3,76 L/aluno/dia. Observa-se que, nos três primeiros meses, o consumo per capita foi de 10 L/aluno/dia, enquanto nos demais períodos, o consumo per capita apresenta valor médio de 2,3 L/aluno/dia. Observa-se também que,

enquanto o consumo per capita entre os meses de fevereiro a abril de 2017 é de 10 L/aluno/dia, o consumo médio nos mesmos meses em 2018 foi de apenas 1,3 L/aluno/dia. Mesmo com a variação diagnosticada, a escola possui um consumo de água adequado, como pode ser confirmado ao comparar com estudos de

Oliveira (2013), que analisou o consumo de 140 escolas no Triângulo Mineiro no Estado de Minas Gerais, verificou que 47,14% apresentaram consumo de água de 10,01 a 20,0 L/aluno/dia.

A escola possui atividade nos três turnos e ainda apresenta a maior população acadêmica entre as escolas estudadas (1.345 membros) mas consegue manter a média de consumo semelhante as demais, mantendo um padrão de

consumo na região relativamente baixo. Observa-se que houve uma variação foram dos padrões nos três primeiros meses, que pode ser justificado por vazamentos não constatados pela equipe de manutenção do estabelecimento de ensino.

A Figura 4 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEF Joaquim Victor Jurema.

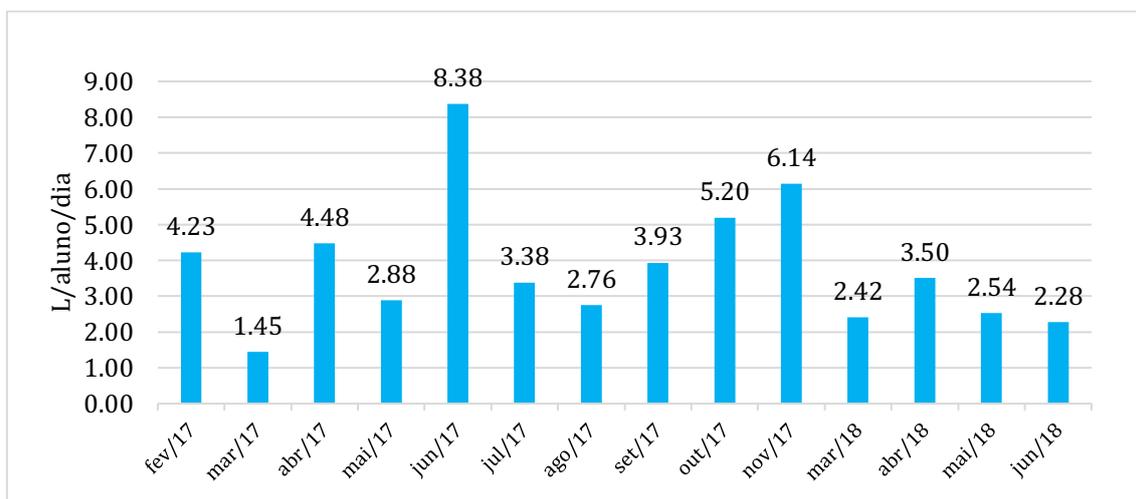


Figura 4. Índice de Consumo mensal da EEEF Joaquim Victor Jurema.

O consumo médio per capita da escola no período é de 3,83 L/aluno/dia, com menor consumo registrado em março/2018 (1,45 L/aluno/dia) e o maior registrado no mês de junho/2017 (8,38L/aluno/dia). Percebe-se um consumo linear e dentro dos padrões das demais unidades de ensino como a Manoel Mangueira, Nicéia Claudino e Cristiano Cartaxo e com variações que podem ser justificadas por pequenos vazamentos ou por consumo mais altos em meses considerados festivos para a região. Também deve ser levado em consideração que o crescimento observado entre os meses de setembro a novembro de

2017 pode ser justificado pelas temperaturas elevadas na região semiárida, onde a escola está inserida.

Independente das variações observadas, a escola apresenta um consumo médio dentro dos padrões e com economia considerável se comparados com os dados obtidos por Oliveira (2013) que conclui que o IC de consumo médio possui um padrão entre 10 a 20 litros/aluno/dia.

A Figura 5 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEF João Milanês.

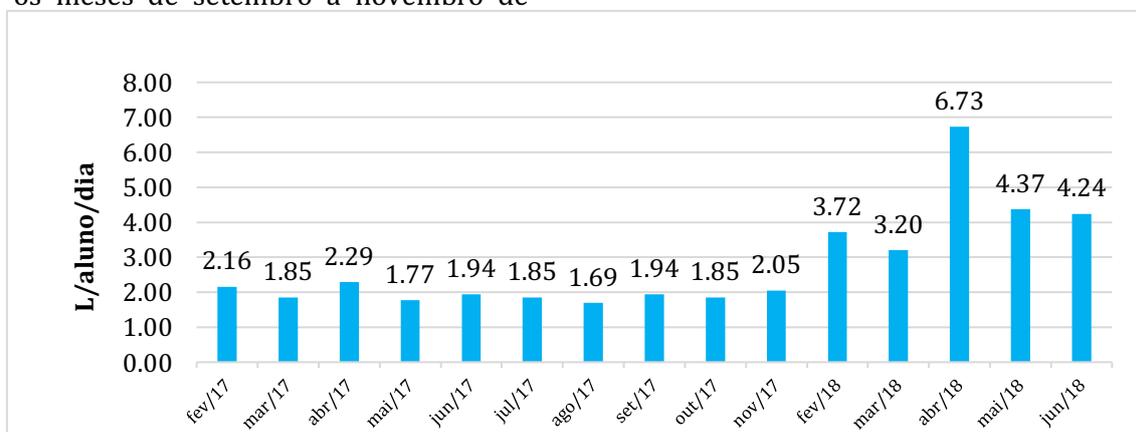


Figura 5. Índice de Consumo mensal da EEEF João Milanês.

A Escola João Milanês, apresenta consumo médio per capita de 2,78L/aluno/dia, com destaque para o ano de 2017 com valores baixos e estáveis, independente de condições adversas como a temperatura elevada nos meses finais. Em contrapartida, o primeiro semestre de 2018 mostra uma alteração no padrão de consumo, que pode ser justificada principalmente por alterações na quantidade de usuários.

É importante também destacar que o referido estabelecimento de ensino apresenta

um dos menores consumos registrados neste estudo, podendo ser atribuído população acadêmica reduzida (283 membros), oferta de alimentação apenas duas vezes ao dia, unidades sanitárias em condições ideais e em quantidade também reduzida em comparação as demais unidades de ensino.

A Figura 6 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEF Sinhazinha Ramalho.

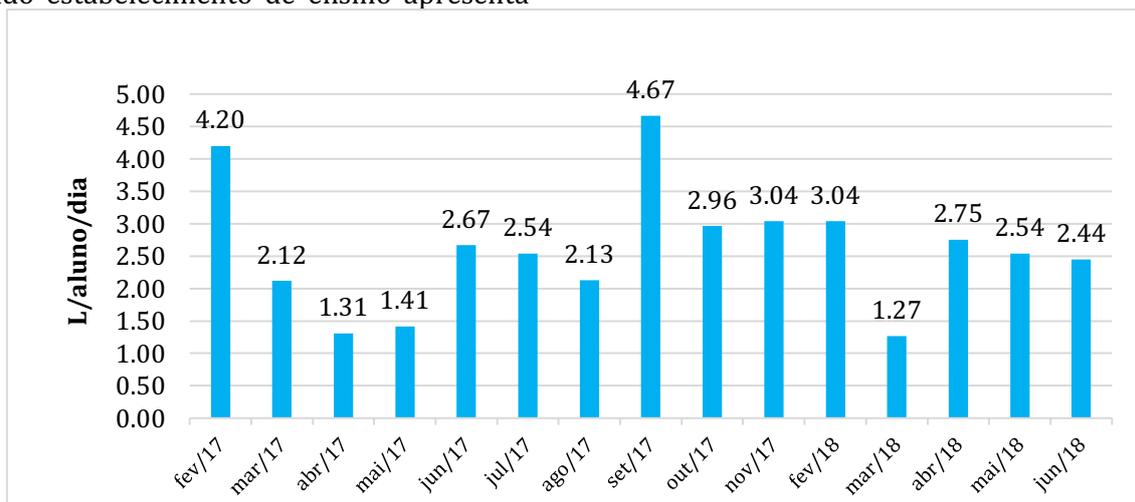


Figura 6. Índice de Consumo mensal da EEEF Sinhazinha Ramalho.

O consumo médio per capita da escola no período é de 2,61 L/aluno/dia, onde é possível observar dois picos de consumo fora da média nos meses de fevereiro de 2017 e setembro de 2018. A referida escola apresenta a menor população acadêmica (225 membros), mas com funcionamento em período integral (manhã, tarde e noite), servindo alimentação regular em todas os períodos (três merendas por dia), além disso, também apresenta uma

área construída reduzida, e durante a visita técnica pode-se observar que, as instalações hidro sanitária estavam em bom estado de conservação. Logo, este conjunto de fatores leva a escola a um dos mais baixos consumos per capita entre as instituições estudadas.

A Figura 7 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEFM Constantino Vieira.

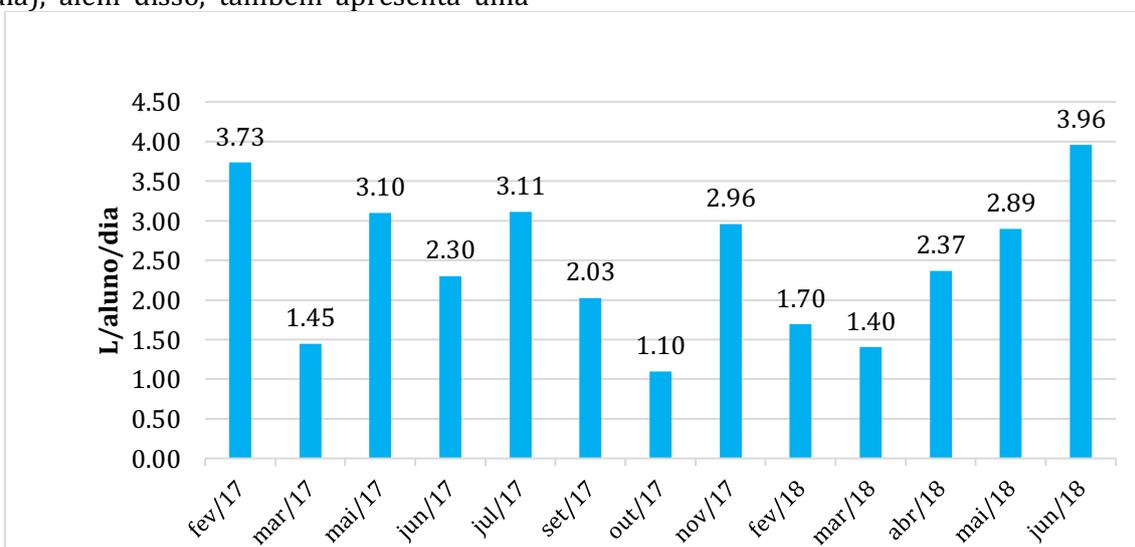


Figura 7. Índice de Consumo mensal da EEEFM Constantino Vieira.

O consumo médio per capita da instituição no período avaliado foi de 2,47 L/aluno/dia, tendo um resultado linear e de baixo consumo mesmo comportando a segunda maior população acadêmica (1086 membros), atividades nos três turnos e com alimentação servida durante todo o dia. Além disso, o estabelecimento funciona em prédio de três pavimentos, um espaço físico amplo e com oito banheiros.

Seus maiores índices de consumo são também lineares e em meses considerados

festivos ou de retorno as aulas, havendo a necessidade de maiores cuidados na limpeza das instalações em geral. É possível também constatar que a instituição mantém uma política de manutenção adequada através de vistorias periódicas para evitar possíveis vazamentos e/ou desperdícios de água no ambiente escolar.

Na Figura 8, observa-se o Índice de Consumo mensal (IC) em l/aluno/dia da escola EEEFM Manoel Mangueira Lima.

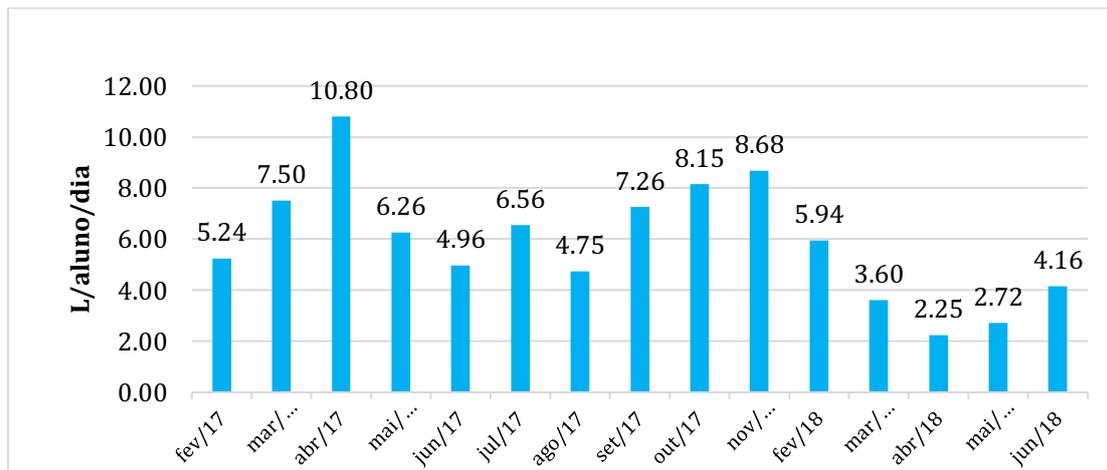


Figura 8. Índice de Consumo mensal da EEEFM Manoel Mangueira Lima.

Na Figura 8, é possível observar um consumo não linear que o consumo da escola apresenta apenas um valor de consumo maior que 10,0 L/aluno/dia registrado no mês de abril/2017, onde o consumo médio per capita registrado no período é de 5,92 L/aluno/dia. A escola apresenta um espaço físico reduzido e população acadêmica maior em quando comparada as outras escola pesquisadas (806 membros), atividade nos três turnos e serve três

merendas/dia. Apesar do consumo per capita não apresentar um valor muito acima da média, vale ressaltar um comparativo particular entre outras duas escolas semelhantes. As escolas Desembarcador Boto, Constantino Vieira, assim como a Manoel Mangueira Lima possuem atividades semelhantes.

A Figura 10 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em l/aluno/dia da escola EEEF Monte Carmelo.

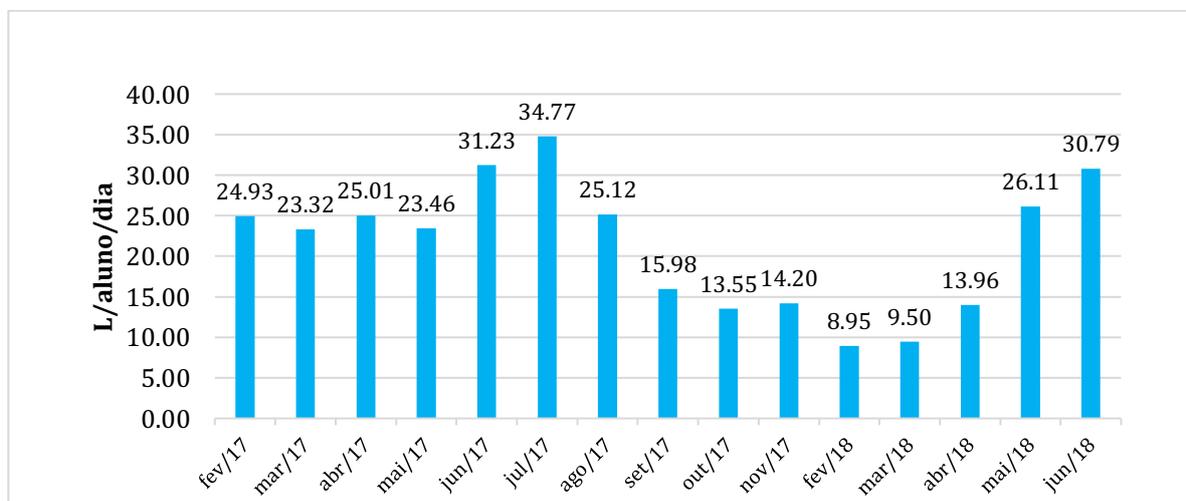


Figura 10. Índice de Consumo mensal da EEEF Monte Carmelo.

Na Figura 10, observa-se que a Escola Monte Carmelo apresenta consumo acima dos padrões observados em estudos realizados no Brasil, com valores de 34,77 L/aluno/dia registrado em julho/2017, e com consumo médio per capita de 21,39 L/aluno/dia. A instituição dispõe de apenas três banheiros e fornece apenas duas merendas/dia, além disso, a unidade educacional também funciona como residência fixa das freiras que administram o

local. Neste caso, o consumo aferido não pode ser diretamente atribuído apenas a comunidade escolar, pois também estão relacionadas as atividades cotidianas das freiras residentes.

Escolas Integrais

A Figura 11 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da escola EEEFM Cristiano Cartaxo.

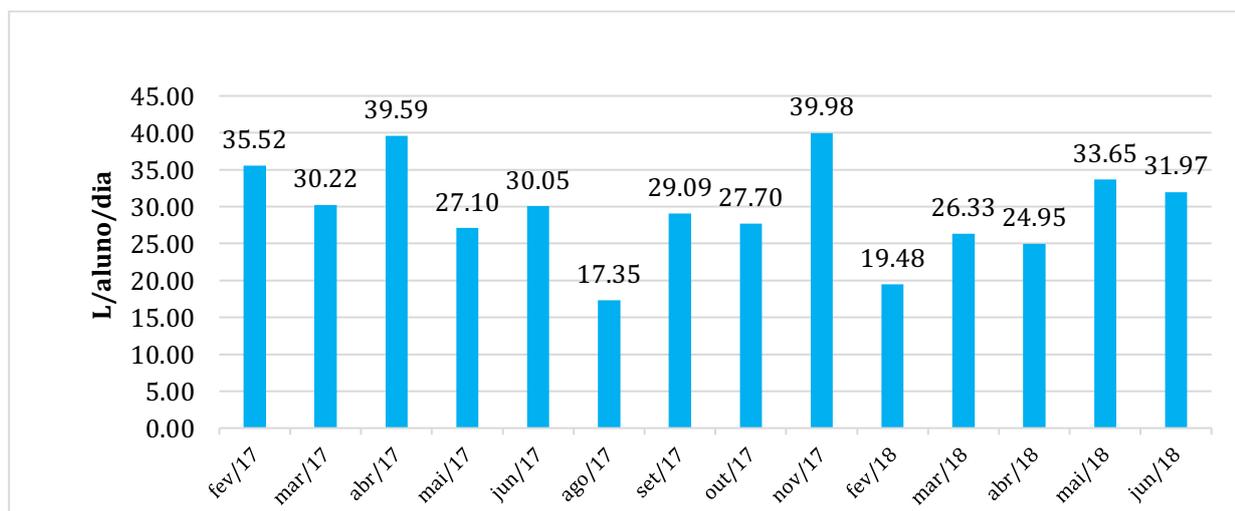


Figura 11. Índice de consumo de água da EEEFM Cristiano Cartaxo.

O consumo médio per capita da escola no período é de 29,50 L/aluno/dia. Diferentemente das demais escolas, observa-se que a Escola Cristiano Cartaxo, apesar de não possuir um elevado quantitativo de alunos, apresenta valores de consumo per capita mensal acima dos padrões estabelecidos. Com destaque para o mês de novembro/2017 com consumo de 39,58 L/aluno/dia e os demais meses acima de 20 L/aluno/dia. Segundo a direção, tal resultado pode ser atribuído ao fato de a escola ser de tempo integral, e sendo assim,

alunos tomam banho na própria instituição, bem como, atividades constantes que podem fazer uso de água para higiene. Após visita de inspeção nesta escola, encontraram-se vazamentos nas conexões hidráulicas e hidros sanitárias, bem como um vazamento considerável na cisterna que abastece a instituição.

A Figura 12 apresenta o Índice de Consumo mensal (IC) em L/aluno/dia da Escola Cidadã Integral Técnica Professora Nicéia Claudino.

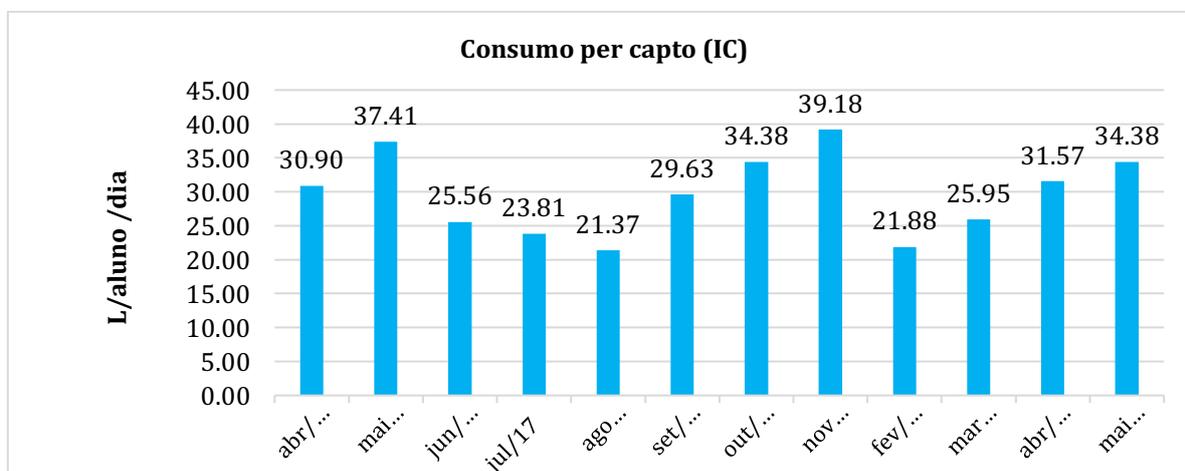


Figura 12. Índice de Consumo da Escola Cidadã Integral Técnica Professora Nicéia Claudino.

A escola destacada na Figura 11 também apresenta o consumo acima dos padrões observados anteriormente, com valores máximos de consumo por L/aluno/dia entre 35,0 e 40,0 L/aluno/dia registrado nos meses de maio/2017 e novembro/2017, e com consumo médio per capita da escola no período de 29,67 L/aluno/dia. Observa-se que, o valor de consumo per capita se mostra próximo ao da escola Cristiano Cartaxo que também funciona em período integral, sendo justificado pelo sistema de ensino adotado, possíveis vazamentos na rede hidráulica e consumo para higiene dos alunos, em relação as atividades

adotadas no estabelecimento. Além disso, observa-se que, a escola possui também práticas inadequadas como, a limpeza do pátio (com cerca de 350m²) que é lavado semanalmente utilizando o hidrante com mangueira de diâmetro de 40mm, esse procedimento consome uma grande quantidade de água.

Consumo per capita médio por escola

Na Tabela 2, estão dispostos os dados relativos ao consumo médio per capita por escola.

Tabela 2. Consumo per capita por escola

Escolas	Média de consumo per capita
Cel. Joaquim Matos	2,32
Desembargador Boto	4,88
Dom Moisés Coelho	3,76
Joaquim Victor Jurema	3,69
Mons. João Milanês	2,78
Sinhazinha Ramalho	2,61
Cristiano Cartaxo	29,50
Mons. Constantino Vieira	2,25
Prof. Manoel Mangueira	5,92
Monte Carmelo	21,39
Escola Cidadã Integral Técnica	26,61

A partir desses dados é possível evidenciar que a população acadêmica não pode ser considerada a única justificativa para o alto consumo, pois observa-se que a escola Cel. Joaquim Matos, com a segunda menor população acadêmica (259 membros) apresenta um consumo per capita de 2,32 L/aluno/dia, valor este que é próximo do consumo per capita da escola Constantino Vieira, 2,25 L/aluno/dia, sendo esta última a que apresenta a maior população acadêmica (1.086 membros), estando essa situação direcionada as ferramentas de gestão adotadas, tais como vistorias periódicas para evitar e/ou solucionar vazamentos e principalmente ao trabalho acadêmico, incentivando o uso consciente do recurso hídrico por todos que fazem a instituição.

É importante também destacar que diversos estados brasileiros não determinam um limite de consumo per capita, deixando a

responsabilidade para os gestores das instituições. No entanto, iniciativas como a do estado de São Paulo que através do Decreto Estadual nº 45.805 de 2001 (SÃO PAULO, 2001) instituiu o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável e estabeleceu que o Indicador de Consumo Máximo aceitável é de 25 litros/aluno/dia em vários segmentos, entre eles as escolas públicas. Tomando por base esse dado, a maioria das escolas encontram-se dentro dos padrões aceitáveis de consumo, havendo a necessidade de maiores cuidados nas escolas Cristiano Cartaxo e Escola Cidadã Integral Técnica, que por funcional em sistema integral, apresentou dados divergente das demais.

No gráfico da Figura 14 observa-se o resultado do cálculo da população acadêmica de cada escola, dividida pelo respectivo consumo per capita.

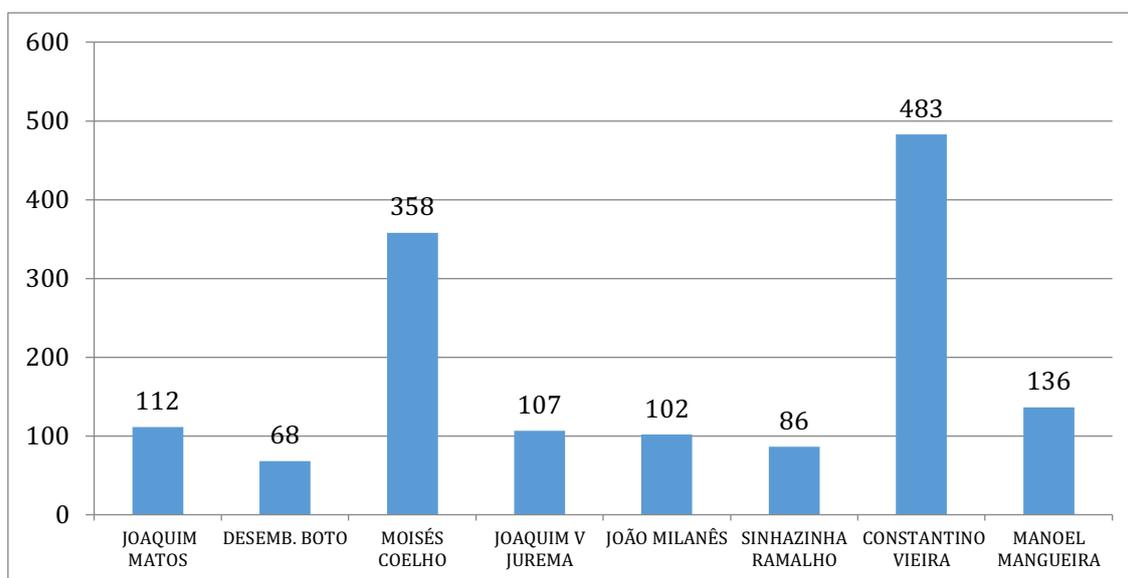


Figura 14. Grau de eficiência no controle do consumo de água.

Na Figura 14, é possível perceber que as escolas Moisés Coelho e Constantino Vieira mostram-se mais eficientes em relação ao consumo de água, mesmo sendo consideradas as instituições com os maiores índices de população acadêmica e com a maior estrutura física, logo pode-se afirmar que a manutenção da estrutura e uma boa gestão podem contribuir para o melhor funcionamento dos estabelecimentos de ensino, bem como, para o melhor uso dos recursos existentes.

Em contrapartida, a escola Desembargador Boto possui o menor índice de eficiência mesmo apresentando uma população acadêmica pequena (331 membros) e o segundo maior consumo per capita (4,88) entre as escolas regulares analisadas, logo é preciso fazer uma avaliação da estrutura física e promover capacitação para o melhor uso e uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos.

Logo, algumas práticas e/ou alternativas devem ser implementadas para que possam reduzir o consumo excessivo do recurso, como expõe Guimarães e Araújo (2016) que, o uso racional de água e a efetivação do reuso são ações efetivas que mitigam os problemas da escassez hídrica e também são necessários a implantação de projetos que dinamizem de forma eficiente a conscientização da população.

Conclusão

Através da avaliação dos indicadores de consumo de água no ambiente escolar, observou-se que nas escolas onde ocorreu manutenção regular das instalações hidráulicas e hidros sanitárias, e onde os professores juntamente com a direção adotaram práticas de

conscientização sobre o uso racional da água, apresentaram consumo de água aceitáveis, ou seja, os consumos elevados estavam diretamente relacionados à vazamentos nas instalações, falta de manutenção e desperdício, principalmente relacionado a falta de informação, ou campanhas não realizadas dentro do próprio ambiente educacional.

Além disso, as realizações de atividades de educação voltadas a conservação de água devem ser desenvolvidas para criar uma cultura de responsabilidade social e ambiental nos alunos, professores e funcionários da escola.

Referências Bibliográficas

- ANA. Agência Nacional de Águas. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Brasil). A Questão da Água no Nordeste/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: CGEE, 2012. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/agua_nordeste_v3_15032012_9533.pdf Acesso em: 05/02/2019.
- ANA. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Brasília, DF. 2013. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/cconjuntura/webSite_relatorioConjuntura/projeto/index.html. Acesso em: 05/02/2019.
- APPOLINÁRIO, F. Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo: Atlas, 2004, 300p.
- ARAÚJO, W. M. S.; CRISTINA, I.; DIAS, G. T.; SANTOS, R. M.; SILVA, H. N.; MAGALHÃES, T.; TACAoca, C. Estudo de caso sobre os níveis de impactos ambientais ocorridos no córrego Água

- Fria. Gestão Ambiental. Universidade Católica de Tocantins, 2010. Disponível em: http://www.catolica-to.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gesta_oambiental/projetos2010-2/3-periodo/Estudo_de_caso_sobre_os_niveis_de_impactos_ambientais_ocorridos_no_corrego_agua_fria.pdf. Acesso em: 05/04/2019.
- BARROS, J. C. G.; ILHA, M. O.; YWASHIMA, L.; SANTOS, F. M. Avaliação do Desperdício e da Intensidade de Utilização de Água em Edifícios Escolares Públicos. In: Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 1, Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. Anais...São Paulo, 2004.
- BATISTA, M. S. A Problemática do Abastecimento de Água na Cidade de Triunfo – PB, no Período De 2012-2013. 50f. Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal de Campina Grande. Cajazeiras, 2014.
- CABRAL, F. S.; PINHEIRO, R.F. FERREIRA, F. R. M., FEITOSA, V. A.; MESQUITA, T. L.; TEIXEIRA, T.L.M. Sustentabilidade aplicada a partir do reaproveitamento de água de condicionadores de ar. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- CHEIDA, L. E. Biologia Integrada. São Paulo: FTD, 2003. p.454-456.
- CHEUNG, P. B.; KIPERSTOK, A.; COHIM, E.; ALVES, W. C.; PHILIPPI, L. S.; ZANELLA, L.; ABEN.; GOMES, H. P.; SILVA, B. C.; PERTEL, M.; GONÇALVES, R. F. Consumo de água. In: GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso Racional de Água e Energia: conservação de água e energia em sistemas prediais de abastecimento de água. Vitória: ABES-PROSAB, 2009. 350p.
- FARESIN, A. E. Conservação de água em escolas com ênfase em aproveitamento de água de chuva: estudo de caso nas escolas da rede municipal de Erechim-RS. 185f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2008.
- FURRIELLA, R. B. Educação para o consumo sustentável. Ciclo de Palestras sobre meio ambiente: Programa conheça a educação do CIBEC/INEP-MEC/SEF/CDEA, 2001. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/ciclodopalestras.pdf>. Acesso em: 05/02/2019.
- GHISI, F. E.; BORINELLI, A. K. M. J. B. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, v.11, n.4, p.65-78, 2011.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2019. 248p.
- GONÇALVES, O.; ILHA, M.; AMORIM, S.; PEDROSO, L. Indicadores de uso racional de água para escolas e ensino fundamental e médio. Ambiente Construído, v.5, n.3, p.35-48, 2005.
- GONÇALVES, R. F. (Coord.). Uso racional de água e energia: Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro: ABES, 2009. Disponível em: https://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf. Acesso em: 10/02/2019.
- GUIMARÃES, F. B.; ARAÚJO, S. S. Diagnóstico do uso da Água em uma Escola de Tempo Integral e Considerações sobre o uso racional. Projeto de Pesquisa. (Engenharia Ambiental e Sanitária). Universidade Federal de Goiás, 2016. Disponível em: https://www.eec.ufg.br/up/140/o/DIAGN%C3%93STICO_DO_USO_DA_%C3%81GUA_EM_UM_A_ESCOLA_DE_TEMPO_INTEGRAL_E_CONSIDERA%C3%87%C3%95ES SOBRE_O_USO_RACIONAL.pdf. Acesso em: 09/04/2019.
- HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Editora UFMG, Belo Horizonte – MG, 2010. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/educacaoambiental/ciclodopalestras.pdf>. Acesso em: 17/04/2018.
- IVANOVA, P.; ALITCHKOV, D. Investigation of Water Demand in Commercial Buildings. In: CIB-W62 International Symposium on Water Supply and Drainage for Buildings, 30, 2004, Paris. Anais...Paris, França, 2004.
- LIMA, R. M. A. Gestão da água em edificações: utilização de aparelhos economizadores, aproveitamento de água pluvial reuso de água cinza. 145 f. Monografia. (Especialização em Construção Civil). Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.
- MATTAR, F. N. Pesquisa de marketing. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2001. 275p.
- MATTOS, F. H. T. A educação ambiental e o uso racional da água na 5ª série do ensino fundamental no Colégio Pedro II em Santo Ângelo-RS. 68f. Monografia (Especialização em Educação Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria. Panambi, 2009.

- MELO, N. A.; SALLA, M. R.; OLIVEIRA, F. R. G. de; FRASSON, V. M. Consumo de água e percepção dos usuários sobre o uso racional de água em escolas estaduais do triângulo mineiro. *Ciência & Engenharia*, v.23, n.2, p.01-09, 2014.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional das Águas. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/PlanejHidrologico/default.asp>>. Acesso em: julho de 2018.
- OLIVEIRA, F. R. G. de. Consumo de água e percepção dos usuários para o uso racional da água em escolas estaduais de Minas Gerais. 193f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2013.
- OLIVEIRA, L. H. Metodologia para a implantação de programa de uso racional de água em edifício. 366f. (Tese de Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.
- OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edifícios. São Paulo: EPUSP, 1999. 14 p. (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/247).
- OLIVEIRA, T. S.; ASSIS JUNIOR, R. N.; ESPÍNDOLA, R. R. Agricultura sustentabilidade e o semiárido brasileiro. Fortaleza: UFC. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. 406p.
- ONU. Organização das Nações Unidas. Relação da população e disponibilidade hídrica por continente, 2006. Disponível em: <<http://www.un.org/es/development/>>. Acesso em: 26 de jul. de 2018.
- PEDROSO, L. P. Estudo das variáveis determinantes no consumo de água em escolas: o caso das unidades municipais de Campinas, São Paulo. 247f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.
- PEREIRA, L. C.; TOCCHETTO, M. R. L.; TOCCHETTO, A. L. EMBRAPA – Meio ambiente. Multiuso da água e educação ambiental; ensaio teórico. Jaguariúna, 2006. p.1-4.
- REIGOTA, M. O que é Educação Ambiental. São Paulo: Brasiliense, 1994, 62p.
- SÃO PAULO. Decreto Nº 45.805 de 15 de maio de 2001: Institui o Programa Estadual de Uso Racional da Água Potável e dá providências correlatas. Diário Oficial do Estado de São Paulo. Poder Executivo. 16 mai. 2001. Seção I. p. 2. Disponível em: <http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20010516&Caderno=EXECUTIVO%20I&NumeroPagina=2>. Acesso em: 09/04/2019.
- SCHERER, F. A. Uso racional de água em escolas públicas: diretrizes para secretarias de educação. 256f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- SILVA, G. S. Programas permanentes de uso racional da água em Campi Universitários: o programa de uso racional da água da Universidade de São Paulo. 482f. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paul. São Paulo, 2004.
- THIOLLENT, M. Metodologia da pesquisa-ação. São Paulo: Cortez, 2011. 136p.
- TOLEDO, A. C. T. DE. Estudo de tratamento químico de urina para redução no consumo de água em descargas residenciais. 110f. Dissertação (Mestrado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo, 2013.
- TOMAZ, P. Economia de água para empresas e residências. Um estudo atualizado sobre o uso racional da água. São Paulo: Navegar Editora, 2001. 112p.
- TOMAZ, P. Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos. Navegar Editora. São Paulo, 2001. 250p.
- UNESCO. Década da Educação das Nações Unidas para um Desenvolvimento Sustentável, 2005-2014: documento final do esquema internacional de implementação. Brasília, 2005. 120p.
- VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 238p.
- YOSHIMOTO, P. M.; GONÇALVES, O. M.; SILVA, S. M. N.; OLIVEIRA, L. H. Implementação das ações de redução de consumo de água no Complexo Hospitalar – Hospital das Clínicas/SP. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 1999, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro, 1999.

Capítulo 11**ESTUDO COMPARATIVO DAS PROPRIEDADES DAS ARGAMASSAS PARA REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE FIBRAS DE COCO E FIBRAS DE POLIPROPILENO****¹Fernanda Cavalcanti Ferreira****²Yane Coutinho****³Romildo Alves Berenguer****⁴Ananda Criado de Andrade****⁵Marconi Oliveira de Almeida****⁶Nelson Cárdenas Olivier****⁷José Getúlio Gomes de Sousa**

¹Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPE, Campus Recife, fernandacavalcantif@gmail.com

²Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFPE, Campus Recife, yane_coutinho@hotmail.com

³Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Materiais, UFPE, Campus Recife, templarios_pm@hotmail.com

⁴Analista de Saneamento, EMBASA, ananda.criado@hotmail.com

⁵Professor Adjunto, UNIFEI/ Campus Itabira, marconi.almeida@unifei.edu.br

⁶Professor Associado, UNIVASF/Campus Juazeiro, nolivierc@gmail.com

⁷Professor Adjunto, UNIVASF/Campus Juazeiro, jose.getulio@univasf.edu.br

Introdução

A escolha dos materiais e sua dosagem adequada são necessários para que a argamassa produzida sirva aos seus propósitos de utilização. Desta forma, há uma busca constante na otimização dos componentes da argamassa de modo que ela atenda a novos requisitos, de acordo com a evolução da tecnologia no setor da construção (SCHANKOSKI et al., 2015).

Diante deste contexto, Silva (2006) afirma que, os diversos setores envolvidos na construção civil, construtoras, pesquisadores, projetistas, buscam soluções por meio da escolha de diferentes materiais, de execuções e aplicações adequadas para que os revestimentos apresentem bom desempenho e baixo custo. Um desses materiais, são as fibras, que vem conquistando o mercado com intuito de reforçar as matrizes cimentícias.

Os principais objetivos de se reforçar matrizes cimentícias com fibras estão ligadas ao aumento da resistência à tração, flexão e ao impacto, prevenindo ou retardando o aparecimento de fissuras (SILVA, 2006; SAVASTANO JÚNIOR, 2000).

Diversas são as opções de fibras, sendo elas vegetais ou sintéticas. Uma das possibilidades de fibra vegetal é a oriunda da casca de coco (*cocos nucifera*) verde. É um resíduo da agricultura com alto potencial de aproveitamento, todavia, com poucas ações implementadas no país. Muitas vezes, são

dispostas em aterros e vazadouros sendo esta matéria orgânica uma potencial emissora de metano, o que contribui, também, para que a vida útil desses depósitos seja diminuída. Esta fibra apresenta características peculiares que pode ser usada na formulação de compósitos de grande valor ambiental (PASSOS, 2005).

Dentre as vantagens de se utilizar fibras vegetais está o baixo custo envolvido em sua produção, além de sua abundância e disponibilidade (IZQUIERDO, 2011). Estas fibras apresentam, em contrapartida, baixa durabilidade. Contudo, conforme afirmam John e Agopyan (1993, apud BATISTA, 2011), há diversas soluções para esta questão, como proteção das fibras com polímeros, impermeabilização da matriz, redução da alcalinidade por carbonização acelerada da matriz, entre outras.

Uma das opções de fibra sintética, é a de polipropileno. De acordo com Segre et al. (1998), a fibra de polipropileno é moderadamente resistente à agentes químicos como ácidos, álcalis e sais. Essas fibras vêm sendo adicionadas com grande frequência na construção civil em argamassas e concretos.

Um aspecto importante a se considerar quando da utilização de fibras é a interface fibra-matriz, pois esta permite que haja adequada transferência dos esforços devido à aderência (IZQUIERDO, 2011). Além disso, características como quantidade, volume

relativo, comprimento, fator de forma e orientação das fibras também têm grande influência no desempenho do compósito (IZQUIERDO, 2011).

Neste contexto, o presente trabalho pretende realizar um estudo comparativo das propriedades nos estados fresco e endurecido de argamassas produzidas com fibras de coco e de polipropileno.

Material e Métodos

Neste estudo, foram utilizados cimento CP V ARI e uma cal hidratada CH I. Como agregado miúdo, foi utilizada uma areia natural lavada com dimensão máxima característica de 1,18mm e módulo de finura de 1,74, essencialmente quartzosa, proveniente do Rio São Francisco.

Duas fibras foram utilizadas: uma vegetal e outra sintética. A fibra vegetal empregada foi a fibra de coco (*coco nucifera*), adquirida no Centro de Referência para Recuperação de Áreas Degradadas da Caatinga (CRAD) no Campus Ciências Agrárias da UNIVASF. A casca do coco verde foi colocada em uma desfibradora que apresentava dois esquemas de corte. Inicialmente, a casca foi quebrada e posteriormente, enviada para o moinho. O equipamento tinha como uma das saídas fibras longas, as quais foram cortadas manualmente na dimensão de 2,5 cm. Possuíam diâmetro de $0,27 \pm 0,063$ mm, relação de aspecto (razão entre comprimento e diâmetro) de 92,59, absorção após 5 minutos de 126% e na saturação de 335%.

A fibra sintética utilizada foi a de polipropileno (PP), obtida no comércio e possuía 12mm de comprimento, 18 μ m de diâmetro e relação de aspecto de 666,67.

O trabalho foi realizado na UNIVASF, no Laboratório de Materiais e Técnicas Construtivas - LABMATEC/CCIVIL e no Laboratório de Materiais Mecânicos - LMM/CMEC.

Foram dosadas argamassas mistas de cimento, cal e areia. Definiu-se uma argamassa padrão que foi testada com e sem fibras, sendo esta dada pela proporção cimento:cal:agregado de 1:1:6 (em volume), comumente utilizada em revestimentos argamassados no Brasil.

A relação água/cimento foi ajustada de modo a se obter um espalhamento na mesa de consistência de 270 ± 10 mm para a argamassa sem fibra, de acordo com a NBR 13276 (2005). O teor de água encontrado nessa etapa foi fixado e adotado nas argamassas com fibras.

Adicionou-se fibras de coco nos teores 1,0 e 1,5% (em volume de argamassa) enquanto as fibras de polipropileno foram estudadas em três teores, 300, 600 e 900 g/m³, sendo o teor de 600 g/m³ o recomendado pelo fabricante.

Foram avaliadas propriedades nos estados fresco e endurecido das argamassas. No estado fresco, avaliou-se a trabalhabilidade visualmente, a consistência pela metodologia da NBR 13276 (2005) e retenção de água por meio da NBR 13277 (2005). No estado endurecido, foram avaliadas as resistências à tração na flexão e à compressão pela metodologia da NBR 13279 (2005). O presente estudo é uma nova abordagem de alguns resultados obtidos previamente pelos autores Ferreira et al. (2015a, 2015b).

Resultados e Discussão

Propriedades no estado fresco

Trabalhabilidade e consistência

Nas argamassas de referência, sem a adição de fibras, observa-se boa trabalhabilidade, com consistência e plasticidade adequadas. Para as argamassas com fibras, contudo, há perda da trabalhabilidade devido à aderência que estas provocam na massa.

Em relação ao espalhamento, para as argamassas com fibras de polipropileno há redução em relação à argamassa de referência, independentemente do teor utilizado. Desta forma, estas argamassas apresentam perda da trabalhabilidade.

Em relação às fibras de coco, essa propriedade é negativamente afetada com o acréscimo da fibra, uma vez que estas absorvem água, o que influencia na relação água/cimento, interferindo nas propriedades da argamassa, como consistência e plasticidade. Desta forma, a argamassa com adição de 1% de fibras apresenta maior facilidade de manuseio do que a argamassa com 1,5%.

Na Tabela 1, observa-se os valores obtidos para ensaio na mesa de consistência.

Tabela 1. Valores de consistência obtidos para os diferentes teores de fibras incorporadas

Tipo de Fibra	Teor de fibra	Consistência (mm)
Coco	0%	273,0 ± 1,4
	1%	228,1 ± 0,1
	1,5%	192,3 ± 2,8
Polipropileno	0 g/m ³	262,1 ± 1,7
	300 g/m ³	258,0 ± 1,4
	600 g/m ³	238,5 ± 0,7
	900 g/m ³	238,0 ± 5,7

Os resultados indicam que as fibras alteram as características reológicas das argamassas. Para as fibras de polipropileno essa variação de espalhamento é pequena, aproximadamente 2 cm, podendo ser desprezada em avaliações rotineiras de uma obra, como já citado por Bauer et al. (1997, apud CORTEZ, 1999). Contudo, para as fibras de coco, esta variação mostra-se significativa, aproximadamente 8 cm, quatro vezes maior do que a obtida para as fibras de polipropileno, devendo sua adição ser limitada. A variabilidade de resultados é reduzida, com desvios padrões baixos, excetuando-se os maiores teores de fibras, 1,5% para fibra de coco, e 900 g/m³ para fibra de PP, o que indica que a possibilidade de as fibras não estarem homogeneamente dispersas na matriz cimentícia, ocasionando resultados dispersos e indicando teores acima do recomendado.

À medida que se aumenta a quantidade de fibras, a argamassa apresenta menor espalhamento, como ilustrado na Figura 1. Pelisser (2002, apud SIQUEIRA, 2006) observou que, a dispersão deficiente das fibras na matriz

cimentícia ocasionava sua aglomeração em chumaços, causando o aprisionamento de parte da água da mistura e, conseqüentemente, a perda de trabalhabilidade, o que pode ter ocorrido no presente trabalho. Silva et al. (2012) afirmam que, as fibras são também agentes incorporadores de ar. Além disso, conforme Picanço (2005) e Silva et al. (2012), devido à alta capacidade de absorção de água da fibra de coco, houve aumento da viscosidade da argamassa, o que conduz a uma redução do espalhamento. Já a argamassa de fibra de polipropileno tem apenas uma diminuição sensível do espalhamento, o que pode indicar que não há boa ancoragem da fibra na matriz, diferente do que ocorre para matriz com fibra de coco. Além desse aspecto, as fibras de coco e de polipropileno foram adicionadas em teores diferentes e, possuem naturezas distintas, o que as diferenciam em alguns aspectos como rugosidade superficial, absorção, diâmetro, entre outras características. Na Figura 2, podem ser observadas algumas características destas fibras.

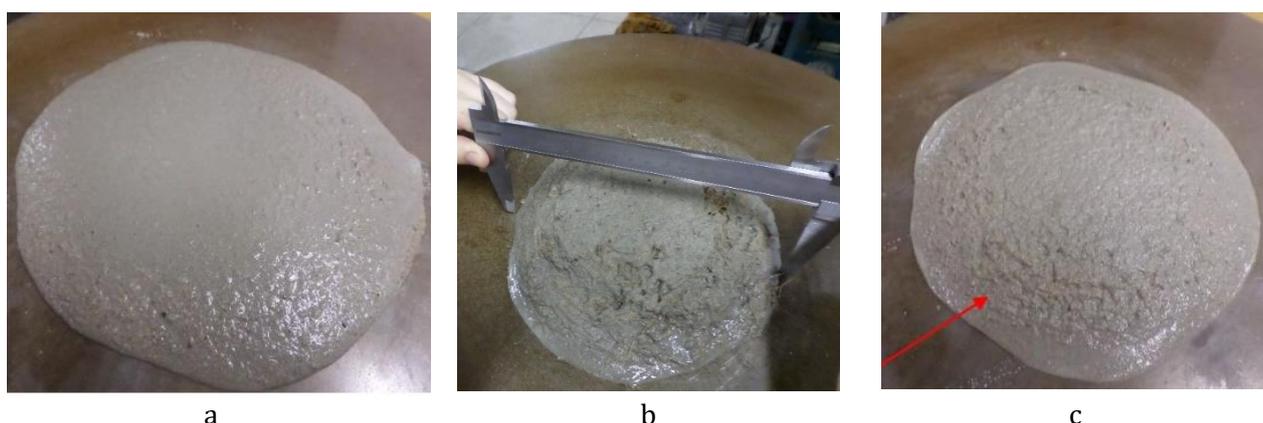


Figura 1. Espalhamento das argamassas conforme método da NBR 13276 (2005): a) argamassa sem fibra; b) argamassa com teor de 1,5% de fibra de coco; c) argamassa com 900 /m³ de fibra de polipropileno.



Figura 2. Fibras utilizadas na pesquisa. a) fibras de coco; b) fibras de polipropileno.

Retenção de água

Os resultados obtidos na análise de retenção de água estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de retenção de água obtidos para os diferentes teores de fibras incorporadas

Tipo de Fibra	Teor de fibra	Retenção de água (%)
Coco	0%	78,17
	1%	82,28
	1,5%	85,21
	0 g/m ³	99,47
Polipropileno	300 g/m ³	99,46
	600 g/m ³	99,20
	900 g/m ³	99,45

Os valores de retenção de água mostram que, a adição de fibras provoca um aumento nos valores de retenção de água da argamassa para as fibras de coco. Há um aumento de 5 e 9% para as adições de 1 e 1,5% de fibras de coco, respectivamente. Já para as fibras de polipropileno, as retenções de água mantiveram-se praticamente inalteradas em relação ao valor de referência, resultado também obtido em estudo semelhante por Cintra e Dias (2009). O cimento utilizado, CP V, também contribui na retenção de água, uma vez que, como mencionado por Nehdi et al. (1998), a presença de partículas mais finas, com maior afinidade com a água, favorece a retenção de água.

A capacidade de absorção de água pela fibra de coco é parcialmente responsável pelo

aumento da retenção proporcional à adição da fibra. Oliveira (2001) explica que, as fibras na matriz cimentícia podem causar o aumento da retenção de água devido ao efeito parede entre a matriz e a fibra, uma vez que a água fica retida pelas forças capilares que se desenvolvem entre elas. Silva (2006), por sua vez, menciona que a influência da adição de fibra na argamassa e sua capacidade de retenção de água é um tema pouco explorado, por isso não se dispõe de muitos dados.

Propriedades no estado endurecido

Resistência à tração na flexão

Nas Figuras 3 e 4, podem ser observadas graficamente as resistências à tração na flexão para os compósitos cimentícios de fibra de coco e de polipropileno, respectivamente.

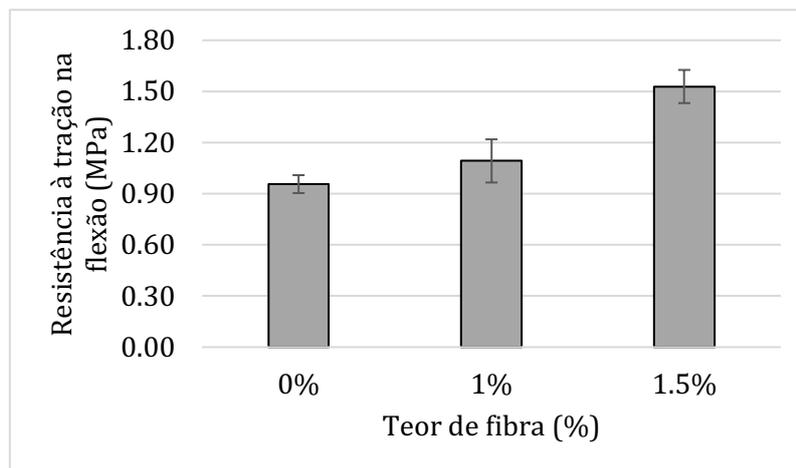


Figura 3. Relação do teor de fibra de coco versus resistência à tração na flexão de argamassas.

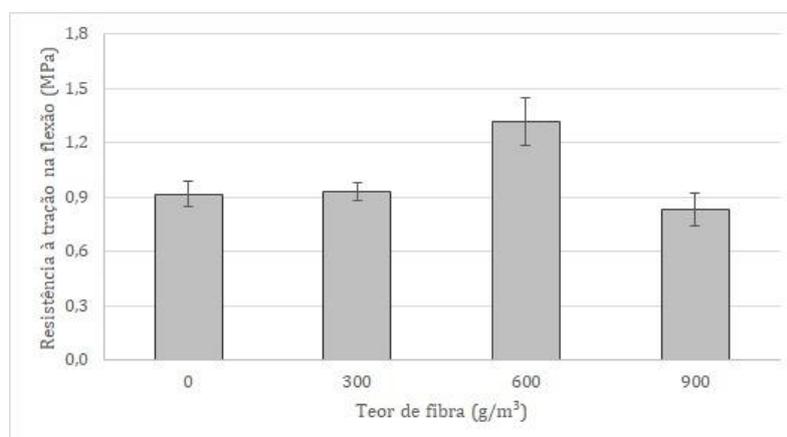


Figura 4. Resistência à tração na flexão em função do teor de fibra de polipropileno.

Nas argamassas com adição de fibras de coco, observa-se que há um aumento na resistência à tração na flexão de 13,5 e 60% para os teores de 1 e 1,5%, respectivamente. As argamassas com fibra de polipropileno, em contrapartida, apresentam tendência à redução ou constância nos valores, excetuando-se o teor de 600 g/m³. Este comportamento também foi obtido por Cintra e Dias (2009) e Silva (2006).

O comportamento do compósito resulta da combinação de diversos fatores, como a fração volumétrica, tipo, geometria, arranjo e distribuição, tratamento superficial prévio, propriedades físicas, químicas e mecânicas das fibras; a aderência entre fibra e matriz e métodos de produção do compósito (mistura, adensamento e cura) (PICANÇO, 2005).

O aumento da resistência à tração na flexão é explicado pela disposição e ancoragem das fibras na matriz cimentícia, através da maior aderência na zona de transição matriz e fibra, impedindo que haja o arrancamento antes que sua resistência à tração seja usada (SILVA & JOHN, 2003). Para isto, os autores destacam a importância da morfologia e rugosidade das fibras, assim como sua absorção e porosidade. A

eficiência das fibras depende da transposição transversal das fissuras pelas fibras (BASTOS, 1999) de modo a evitar a propagação de fissuras.

As fibras de coco apresentam formato cilíndrico, irregular e pontuações em sua superfície. Tais características conferem um auxílio na ancoragem, fixação e posicionamento da fibra nas matrizes reforçadas. Sua maior quantidade e dimensões, comprimentos de 2,5 cm, com diâmetro de $0,27 \pm 0,063$ mm, relação de aspecto de 92,59, aliadas à sua rugosidade, promovem maior absorção de energia/carga, reforçando a argamassa em relação à tração. Para as fibras de polipropileno, as quais possuem menor rugosidade, há uma menor integração matriz cimentícia-fibra, e, conseqüentemente, menor ancoragem da fibra. Desta forma, é possível que a tensão aplicada tenha sido superior à aderência entre a matriz e as fibras.

Chawla (1987 apud CAMPELLO, 2013), afirma que, quando o compósito é submetido a uma tensão surge uma fissura que se propaga perpendicular à superfície da interface. Contudo, ao encontrar fibras em seu caminho,

essa fissura tende a se desviar e para prosseguir necessita que mais energia seja fornecida levando o compósito a suportar uma maior carga aplicada. Desta forma, quanto maior a quantidade de fibras presentes na matriz cimentícia, mais a trinca irá sofrer desvio e maior a quantidade de energia para a sua propagação. Consequentemente, há um aumento da capacidade portante do compósito (argamassa com fibra).

Silva et al. (2012) apontam que, uma das grandes vantagens de se reforçar matrizes cimentícias com fibras é a grande capacidade do material absorver energia/carga mesmo após o rompimento da matriz. Ao se analisar o comportamento do compósito com fibras de coco pós-fissuração (Figura 5), verifica-se que, este apresenta um aumento de ductilidade, o

que reafirma a grande vantagem da adição de fibras: o compósito fibroso de matriz cimentícia conduz a um aumento da capacidade de deformação no estado pós-fissurado (SILVA et al., 2012). Contudo, neste estudo, para o compósito com fibras de PP, este comportamento pós-fissuração da matriz não pôde ser visto em todos os traços, como pode ser visualizado na Figura 6, devido à distribuição das fibras na matriz. Tal comportamento pode ser visto em um corpo de prova da argamassa com teor de fibra de 300 g/m³: a argamassa continua a absorver energia inferior à tensão de pico após a fissuração da matriz. Entretanto, esta característica irá depender de diversos fatores, entre eles, da aderência da fibra na matriz.

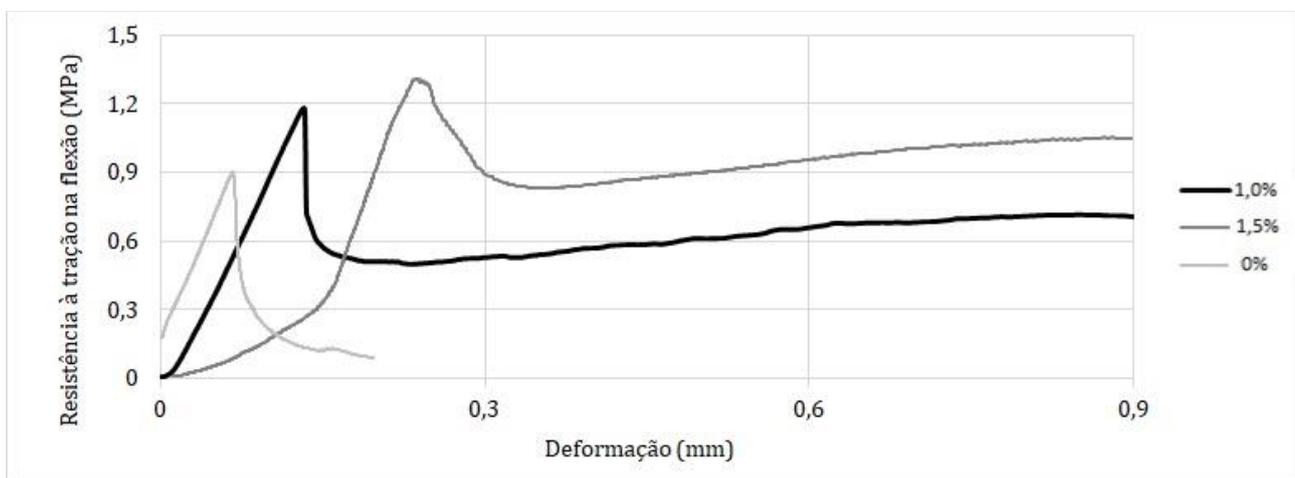


Figura 5. Comparação entre comportamento de argamassas com e sem fibras no ensaio de resistência à tração na flexão para 3 corpos de prova com diferentes teores de fibras.

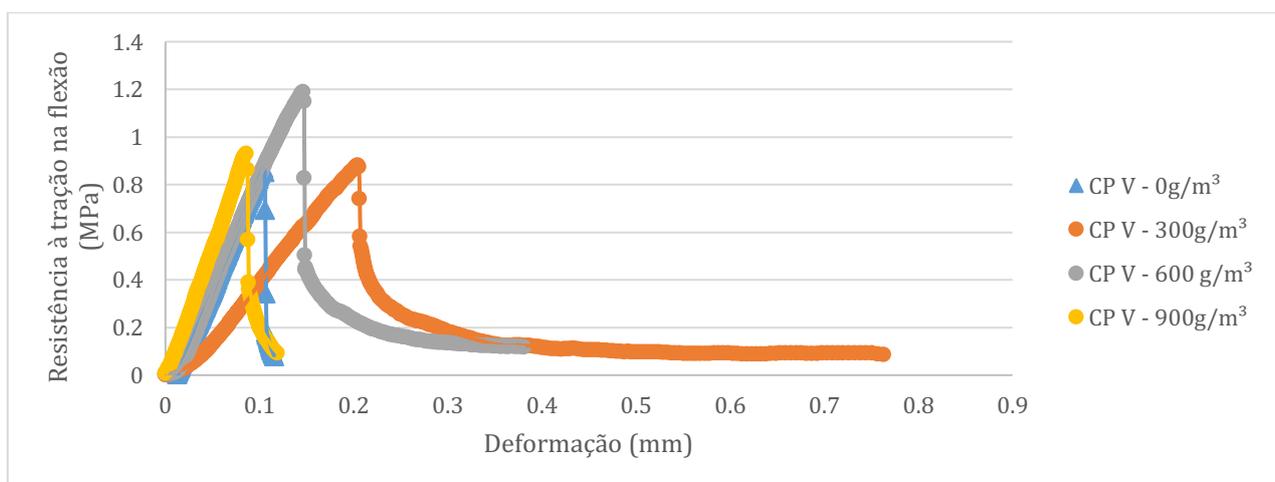


Figura 6. Resistência à tração na flexão versus deformação para 4 corpos de prova com fibras de polipropileno.

Resistência à compressão

Os resultados obtidos dos ensaios de resistência à compressão das argamassas são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de resistência à compressão obtidos para os diferentes teores de fibras incorporadas

Tipo de Fibra	Resistência à compressão (MPa)	
	Teor de fibra	
Coco	0%	2,33 ± 0,35
	1%	3,58 ± 0,82
	1,5%	4,00 ± 0,84
Polipropileno	0 g/m ³	2,54 ± 0,31
	300 g/m ³	2,89 ± 0,31
	600 g/m ³	2,92 ± 0,46
	900 g/m ³	2,95 ± 0,23

As argamassas com fibras de coco apresentam um aumento na resistência à compressão em relação àquelas sem fibras. Há um aumento de 54 e 72% para adições de 1 e 1,5% de fibra, respectivamente. Para as fibras de PP, contudo, não se observa um aumento expressivo na resistência à compressão, sendo observado um ganho máximo de 16%.

Diversos autores que estudaram a adição de várias fibras como nylon, coco e sisal em matrizes cimentícias, identificaram que, elas produzem uma redução da resistência a compressão (SILVA et al., 2012; CORTEZ, 2008). No entanto, os resultados obtidos no presente estudo demonstram dependência do tipo de fibra e do teor utilizado.

Em relação às fibras de coco, um comportamento similar também foi descrito

por Escariz (2008). O autor associou esse comportamento ao fato de a fibra absorver parte da água de amassamento, o que, conseqüentemente reduz a quantidade de água disponível que seria perdida para o meio durante a secagem, causando retração. Assim, obtém-se uma matriz mais compacta.

As matrizes reforçadas com fibras absorvem mais energia. Esse fato é observado na prática, após o rompimento do corpo de prova no ensaio de compressão, as suas partes permanecem unidas, tanto para as fibras de coco quanto para as de polipropileno (Figura 7), conferindo certa capacidade de carregamento pós-fissuração, o que não acontece com as argamassas sem adição de fibras.

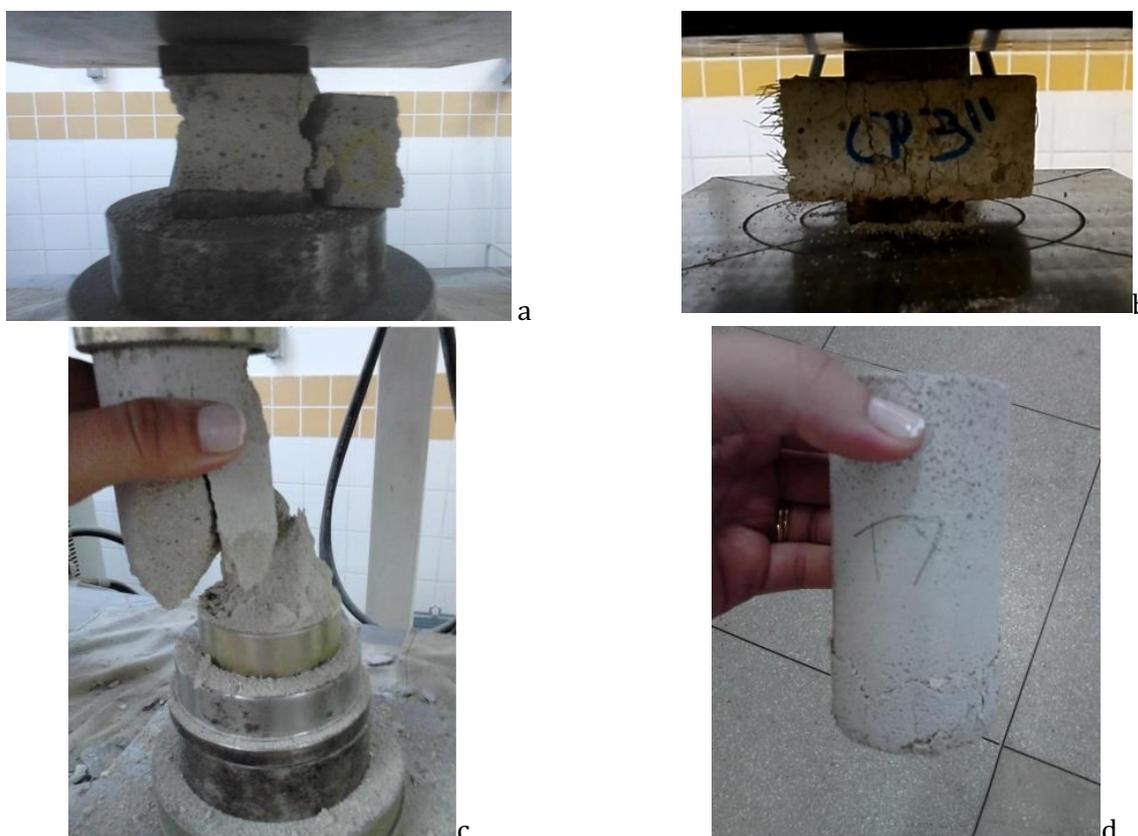


Figura 7. Estado pós-fissuração de um corpo de prova após ensaio de resistência à compressão: a) e c) sem adição de fibra; b) com 1% de fibra de coco; d) com 900 g/m³.

De acordo com Taylor (1994 apud RODRIGUES & MONTARDO, 2002), o desempenho depende do teor de fibra, do módulo de elasticidade da fibra, da aderência e da compatibilidade da fibra e da matriz, da resistência, da deformabilidade e do comprimento da fibra. Desta forma, no presente trabalho observa-se que, tais características são mais favoráveis para a fibra de coco quando comparadas à fibra de polipropileno.

Conclusão

Por meio dos ensaios realizados, pode-se concluir que:

As características das argamassas no estado fresco foram influenciadas pelas variações nas proporções de fibra adicionada, interferindo na trabalhabilidade e reduzindo a consistência. Houve interferência devido à absorção de água pelas fibras, rugosidade superficial além de sua distribuição na matriz cimentícia.

O compósito com utilização de fibra de coco teve maior retenção de água em relação à argamassa de referência, devido à absorção de água pelas fibras; já a argamassa com fibras de polipropileno, não houve modificação significativa na retenção de água. Este resultado se deve à natureza de cada fibra.

A adição de fibras em argamassas permitiu um aumento de resistência à tração na flexão para as fibras de coco, em consequência da disposição e da aderência da fibra na matriz, levando, assim, à boa ductilidade no estado pós-fissuração da matriz. Contudo, para as fibras de polipropileno observou-se um aumento pouco expressivo desta característica, embora após a ruptura, para ambas as fibras, as partes dos corpos de prova ensaiados mantenham-se unidas;

As argamassas com adição de fibras de coco apresentaram um aumento de resistência à compressão, uma vez que, houve redução da quantidade de água disponível que seria perdida para o meio durante a secagem, causando retração, obtendo-se assim, uma matriz mais compacta. Já para a argamassa com fibras de polipropileno, não houve alteração significativa.

A diferença de resultados para as duas fibras utilizadas se deve a vários fatores mas, principalmente, ao tamanho e natureza da fibra, o que proporcionou maior ancoragem com a matriz cimentícia.

Agradecimentos

À UNIVASF pela disponibilização dos equipamentos necessários, os técnicos e auxiliares dos laboratórios pela assistência dada na realização dos experimentos, e ao CNPq pelos investimentos feitos.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13279: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da resistência à tração na flexão e à compressão. Rio de Janeiro, 2005. 9p. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3685>. Acesso em: 13.09.15.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13276: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005. 3p. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 13.09.15.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13277: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Determinação da retenção de água. Rio de Janeiro, 1995. 3p. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=3676>. Acesso em: 13.09.15.
- BASTOS, P. S. S. Análise experimental de dormentes de concreto protendido reforçados com fibras de aço. 256f. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.
- BATISTA, S. M. de M. Estudo da durabilidade dos compósitos cimentícios com fibras vegetais - revisão literária. 53f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal Rural do Semiárido. Mossoró, 2011.
- CAMPELLO, E. F. Comportamento mecânico de argamassas reforçadas por fibras sintéticas e metálicas. 168f. Tese (Doutorado). Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2013.
- CINTRA, A. M.; DIAS, J. F. Estudo preliminar de fibra de polipropileno obtida de copos descartáveis para uso em argamassas. In: Encontro Interno, 9 e Seminário de Iniciação Científica, 13, 2009, Uberlândia. Anais... Uberlândia, 2009.
- CORTEZ, I. M. M. Contribuição ao estudo dos sistemas de revestimento à base de argamassa com incorporação de fibras sintéticas. 245f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília. Brasília, 1999.

- ESCARIZ, R. C. Desempenho à compressão de compósitos reforçados por fibras de coco. 51f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, 2008.
- FERREIRA, F. C.; SOUSA, J. G. G.; ALMEIDA, M. O. ; CARDENAS, N. O. ; ANDRADE, A. C. . Contribuição ao estudo das propriedades das argamassas para revestimento com a adição de fibras extraídas da casca do coco. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 57, 2015, Bonito. Anais...Bonito, 2015a.
- FERREIRA, F. C.; SOUSA, J. G. G.; ALMEIDA, M. O.; CARDENAS, N. O.; ANDRADE, A. C. Influência do teor de fibras de polipropileno nas propriedades das argamassas nos estados fresco e endurecido. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 57, 2015, Bonito. Anais...Bonito, 2015b.
- IZQUIERDO, I. S. Uso de fibra natural de sisal em blocos de concreto para alvenaria estrutural. 146f. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.
- NEHDI, M.; MINDESS, S.; AITCIN, P. C. Rheology of high-performance concrete: effect of ultrafine particles. *Cement and Concrete Research*, v.28, n.5, p.687-697, 1998.
- OLIVEIRA, M. L. L. Influência da adição de fibras de polipropileno em argamassas. 153f. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001.
- PASSOS, P. R. de A. Destinação sustentável de cascas de coco (*cocos nucifera*) verde: obtenção de telhas e chapas de partículas. 186f. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.
- PICANÇO, M. S. Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá. 101f. Dissertação (Mestrado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.
- RODRIGUES, P. P. F.; MONTARDO, J. P. A Influência da adição de fibras de polipropileno nas propriedades dos concretos para pisos e pavimentos. In: Congresso Brasileiro do Concreto, 44, 2002, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 2002.
- SALES, A. C. S. Retração, fluência e fratura em compósitos cimentícios reforçados com polpa de bambu, 273f. Tese (Doutorado). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.
- SAVASTANO JÚNIOR, H. Materiais à base de cimento reforçados com fibra vegetal: Reciclagem de resíduos para a construção de baixo custo. 152f. Tese (Livre Docência). Departamento de Engenharia Civil. Escola Politécnica de São Paulo. São Paulo, 2000.
- SEGRE, N.; TONELLA, E.; JOEKES, I. Evaluation of the stability of polypropylene fibers in environments aggressive to cement-based materials. *Cement and Concrete Research*, v.28, n.1, p.75-81, 1998.
- SCHANKOSKI, R. A.; PRUDÊNCIO JR., L. R.; PILAR, R. Influência do tipo de argamassa e suas propriedades do estado fresco nas propriedades mecânicas de alvenarias estruturais de blocos de concreto para edifícios altos. *Matéria*, v.20, n.4, p.1008-1023, 2015.
- SILVA, A. C.; JOHN, V. M. Compósitos reforçados com fibras de celulose (CRFC): aspectos relativos à durabilidade. *Boletim Técnico. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo*, 2003. 14p. Disponível em: http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/BT_00342.pdf. Acesso em: 04.05.19.
- SILVA, E.; MARQUES, M.; FORNARI JUNIOR, C. Aplicação de fibra de coco em matrizes cimentícias. *Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.8, n.8, p.1555-1561, 2012.
- SILVA, R. P. Argamassas com adição de fibras de polipropileno - estudo do comportamento reológico e mecânico. 199f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006.
- SIQUEIRA, J. E. L. Utilização de fibras naturais e sintéticas em argamassas de revestimento de alvenaria: estudo comparativo de desempenho. 217f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.

Capítulo 12**KAHOOT: UMA FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO E ENSINO-APRENDIZAGEM NO ENSINO DE COMPUTAÇÃO BÁSICA**

Edivane Coutinho Maciel¹
Francisco Ronaldo Silveira Bento²
Jean Carlos de Carvalho Costa³
Josy Silva do Nascimento⁴
Renato Mendes dos Santos⁵

^{1,2,3,4}Graduação em Licenciatura em Computação na Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Campus Capitão Poço, edivanecoutinho@gmail.com; ronaldosilveira142@gmail.com; jeancc.costa@gmail.com; josysilva1305@gmail.com

⁵Doutorando em Desenvolvimento e Perturbações da Linguagem, Universidade Fernando Pessoa – Porto-Portugal, drmenandes22@gmail.com

Introdução

Com o uso dos computadores e os diversos softwares disponíveis, os professores têm ao seu alcance muitos subsídios para dar uma boa aula, e assim melhorar seu método de ensino. Os *softwares* livres são ótimas opções para os profissionais da educação, visto que podem ser baixados gratuitamente pela internet e utilizados sem o auxílio de outros meios, somente através de um computador, *smartphone* ou *tablet*, podendo estes serem usados para melhorar sua metodologia de ensino, favorecendo no processo de aprendizagem dos alunos (SILVA, 2018).

Segundo Viccari e Giraffa (1996), softwares educacionais são programas que visam atender necessidades e possui, ou deve possuir objetivos pedagógicos, e concluem que, todo o software pode ser considerado educacional, desde que sua utilização esteja inserida num contexto e numa situação de ensino-aprendizagem, onde existe uma metodologia que oriente todo o processo.

Diante disso, observa-se que os recursos tecnológicos e digitais podem ser utilizados para diversas finalidades, servindo como ferramenta pedagógica para os profissionais da educação, podendo estes auxiliar em suas disciplinas, nas atividades avaliativas dentro de sala, bem como para ensinar a própria computação no contexto escolar, já que esta ainda não foi inserida nos currículos de todas as escolas públicas brasileiras. Dessa forma, Toledo (2015, p.26) ressalta que:

[...] o uso de recursos tecnológicos (computador, recursos multimídias, softwares educativos), que auxiliam tanto o professor quanto o aluno durante o processo de aprendizagem, proporcionando condições, ao

professor, para ministrar aulas de forma mais criativa, acompanhando as transformações e mudanças que ocorrem quando o aluno passa a exercer sua independência na procura e seleção de informações e na resolução de problemas, tornando-se assim o ator principal na construção do seu conhecimento.

Mediante as facilidades que as ferramentas tecnológicas e digitais oferecem, vê-se a importância de inserir esses recursos para o contexto educacional, de forma que possibilite o processo de ensino aprendizagem, como também novas práticas educativas, que possam tornar o ensino mais dinâmico, lúdico e interativo (AMARAL & SALVI, 2008).

Nessa perspectiva, as tecnologias utilizadas para fins educacionais, poderá tornar-se indispensável tanto nas práticas do professor, quanto no ensino e aprendizagem dos alunos, tornando este processo a ser construído de maneira inovadora e dinâmica, visto que esses recursos podem ser utilizados em diversas situações, tanto dentro do contexto escolar e para outras finalidades. O jogo educacional é fundamental para ser trabalhado nas escolas, ajudando no desenvolvimento intelectual, fugindo das aulas tradicionais, buscando através da diversão do jogo incentivar a continuidade do processo de ensino aprendizagem (JUNIOR et al., 2017).

No entanto, vê-se a importância de as tecnologias serem utilizadas como recurso pedagógico de ensino e avaliação nos ambientes educacionais. Pois, estas, dão suporte para o professor inserir no seu planejamento de ensino conteúdos atuais, que estão presentes no dia-a-dia dos alunos, podendo aplicá-los em sala de aula através de jogos lúdicos que despertam a

curiosidade e chamam atenção para os assuntos abordados.

Portanto, objetiva-se por este trabalho ensinar conteúdo da área de licenciatura em computação para os discentes do Plano Nacional de Formação de Professores (PARFOR), da Universidade Federal da Amazônia (UFRA), *Campus* Capitão Poço, trabalhando com a ferramenta computacional chamada *Kahoot!*, oportunizando o desenvolvimento de oficina, de forma que também possibilitasse avaliar os conhecimentos da área da computação por meio da ferramenta, tais como a introdução à computação; rede de computadores; lógica de programação e arquitetura de computadores, utilizando como recurso pedagógico uma sequência de questionários fechados, através do *Quiz*, existente na plataforma, auxiliando no processo de ensino-aprendizagem e na construção do conhecimento.

Material e Métodos

O software utilizado foi a plataforma *Kahoot!*, este consiste em um recurso tecnológico baseado em jogos de perguntas e respostas, podendo ser utilizado como tecnologia educacional nas escolas. A utilização do *Kahoot* possibilita ao professor elaborar perguntas de múltipla escolha por meio de um navegador web e promove aos alunos interatividades tecnológicas onde estes darão respostas em seu próprio aparelho (computador, *smartphone* ou *tablet*). O acesso às perguntas acontece a partir do código PIN, gerado no ato da criação da pergunta (ou sequência de perguntas) pelo professor, após a criação de um usuário pessoal na plataforma.

O *Kahoot!* possui a opção de contador regressivo, foi estipulado um prazo de 20 segundos, este tempo pode até ser maior, sendo decidido no momento da criação de cada pergunta, para que os alunos respondessem a cada questão. Posteriormente, foi analisado os resultados no que tange aos acertos, erros e ou abstinência dos participantes levando em consideração o tempo utilizado para responder as questões propostas.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado uma pesquisa bibliográfica referente a estudos aplicados com a utilização do *Kahoot!* e sobre suas funcionalidades. Este estudo teve como público-alvo os discentes do curso de Licenciatura em Computação, da turma do PARFOR, da Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, *Campus* Capitão Poço. As

oficinas educativas foram realizadas durante os meses de janeiro a fevereiro de 2019. As atividades ocorreram da seguinte forma: no mês de janeiro foi realizado o levantamento bibliográfico dos conteúdos que abordam o tema e em seguida iniciou-se a elaboração da oficina com a definição das perguntas e respostas, bem como aplicação de imagens ilustrativas nas perguntas, para facilitar o entendimento, posteriormente a essas ações foi executada a aplicação do mesmo para a turma do 7º semestre do PARFOR, que puderam estar em contato com a ferramenta, jogando e sendo instruídos a criar seu próprio material utilizando o *software*. Em fevereiro foram feitas as análises dos dados coletados e produção tabulação dos dados.

A oficina ocorreu com apresentação da teoria e prática utilizando o *software*, trabalhando conteúdos de ensino básico relacionados a introdução à computação, por meio da ferramenta digital, como recurso pedagógico.

Através do jogo criado na ferramenta, foi possível trabalhar os assuntos da temática de Introdução à Computação, em que a proposta foi voltada para além de avaliar, também ensinar e testar o que esses alunos já tinham de conhecimentos prévios sobre os conteúdos apresentados.

A oficina foi realizada em um espaço fechado, onde os alunos participaram fazendo questionamentos e tiraram dúvidas, deixando em aberto o espaço para discussões e debates para que todos entendessem a dinâmica do jogo e posteriormente, pudessem aplicá-lo em suas respectivas salas de aula. Posteriormente, convidamos para realizar uma análise avaliativa da ferramenta, observando se houve aprendizado e se o *software* despertou o interesse deles para utilizar em alguma de suas aulas, dando espaço para observações e críticas, levando em consideração tudo que ocorreu no período da oficina.

Para produção da oficina Café Digital utilizou-se o software *Kahoot!*. O mesmo foi utilizado através dos computadores do laboratório da instituição, tendo estes conexão com internet banda larga para acessar o jogo. Os recursos utilizados no momento da oficina, foram: datashow, notebook e smartphones e para apresentação e projeção dos slides, foi feito o uso de computadores *desktop* (computadores de mesa), internet para o acesso à ferramenta *Kahoot!*, quadro branco e um pincel atômico para quadro branco.

Dessa forma, o trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), *campus* Capitão Poço - PA, no laboratório de informática da instituição, onde utilizamos o *software* “Kahoot!” para a realização da oficina com a temática Café Digital, que teve como proposta apresentar conteúdos de introdução à computação utilizando o referido *software*.

O projeto desenvolvido pelos discentes do curso de Licenciatura em Computação foi a produção final para a disciplina de Prática Pedagógica II para compor parte da avaliação semestral.

Através deste trabalho visou-se analisar a compreensão acadêmica dos participantes matriculados no curso do PARFOR em relação aos conteúdos de Computação Básica, os quais foram exigidos conhecimentos prévios de: introdução à computação, rede de computadores, lógica de programação e arquitetura de computadores. Tais conteúdos foram cobrados por meio da oficina em estudo. Para tanto, os acadêmicos envolvidos receberam orientações do *Kahoot!* no que tange as suas funcionalidades e potencialidades no fazer pedagógico quanto ao método de avaliação no qual os mesmos usaram como recurso didático na dinamização de classe.

Ao aplicar-se a metodologia aos docentes, procurou-se orientá-los como usar a ferramenta, em seguida, cada discente fez a busca no recurso de pesquisa da *Google* pelo *software Kahoot!*, ao navegarem no link, os alunos fizeram todo o procedimento necessário, inserindo e-mail, nome e entre outros dados. Deu-se início ao jogo, inserindo a quantidade de questões que o professor/usuário usará, as questões são de múltiplas escolhas, em que somente uma alternativa, é apontada como a correta. Após aplicação da oficina, coletou-se os dados através da opção do *Kahoot!*, mostrando o número de alunos que responderam ou não. Analisaram-se os dados com número de alunos que responderam cada questão, avaliando o seu nível de conhecimento em cada conteúdo que foi estudado durante a graduação.

Resultados e Discussão

A utilização do *software Kahoot!*, é uma estratégia pedagogicamente diferenciada, utilizada para aplicar conteúdo específicos do curso de Licenciatura em Computação, para avaliar os conhecimentos dos alunos do curso em relação a formação que os mesmos estão recebendo e também mostrar a ferramenta *Kahoot!* como uma forma deles aprofundarem os conhecimentos sobre a plataforma e executarem novas práticas dentro da sala de aula.

Conforme Sande (2018, p.179) A ferramenta *Kahoot* foi aplicada como instrumento avaliativo dentro da disciplina Microbiologia Industrial e mostrou-se muito efetiva como substituto da prova tradicional, na percepção dos estudantes. Ou seja, o *Kahoot!* oferece vários modos de utilização, no *Quiz* (questionário) são criadas as questões com alternativas para os jogadores, na opção *Jumble* (desordem) os jogadores devem adicionar as respostas na ordem correta e o *Survey* (pesquisa) é o espaço onde são colocadas questões para serem votadas, como forma de enquete. Todas essas funcionalidades que o *Kahoot!* dispõe são respondidas pelo computador, smartphone ou tablet. Vale ressaltar que o jogo é totalmente online, por tanto todos os jogadores devem estar conectados à internet.

A plataforma *Kahoot!* é uma ferramenta significativa para o processo de ensino-aprendizagem na composição gamificado, a qual desperta interesses dos acadêmicos em participar das dinâmicas pedagógicas respondendo às perguntas relacionadas aos conteúdo da Computação Básica, sendo estes pertinentes ao curso de formação docente em Licenciatura Plena em Computação.

Na oficina em questão, trabalhou-se a função *Quiz*, com a intenção de mostrar a potencialidade do *software* na utilização de práticas pedagógicas dentro das salas de aula. As Figuras de 1 a 5 demonstram como é criado a conta na plataforma *Kahoot!*.

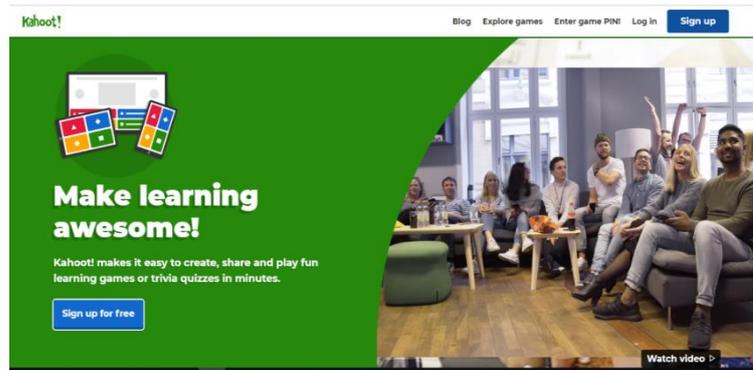


Figura 1. Tela principal do Kahoot!.

Na Figura 2 observa-se como o usuário escolhe a funcionalidade que deseja, sendo ilustrado como o professor se cadastra.



Figura 2. Escolha do tipo de uso.

Na Figura 3 observa-se a parte onde é escolhido a forma de acesso na plataforma.

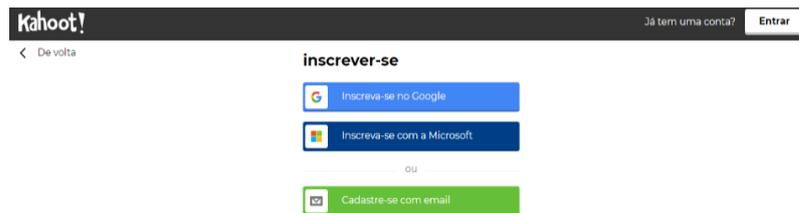


Figura 3. Escolha do tipo de acesso.

Após, para iniciar a criação de perguntas e respostas, o docente deve clicar em "Create".

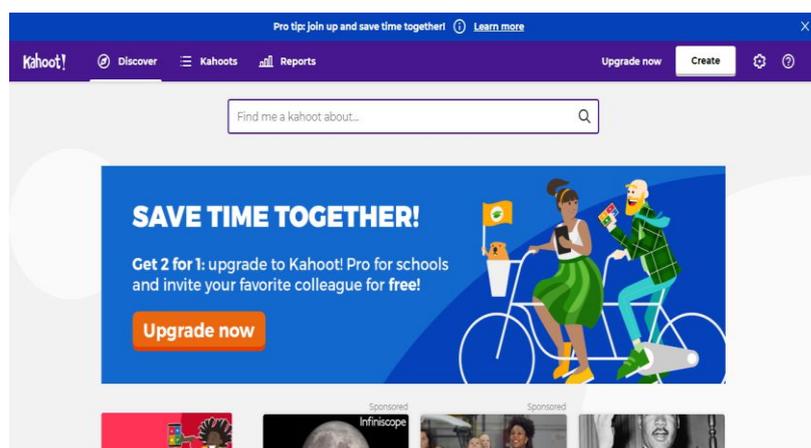


Figura 4. Funções do Kahoot!.

Em seguida, deve-se selecionar a opção “Quiz”, para iniciar a criação do questionário (Figura 5). Depois da criação, é só socializar o

código PIN gerado para os jogadores, aguardar que todos entrem no jogo e começar o aprendizado.

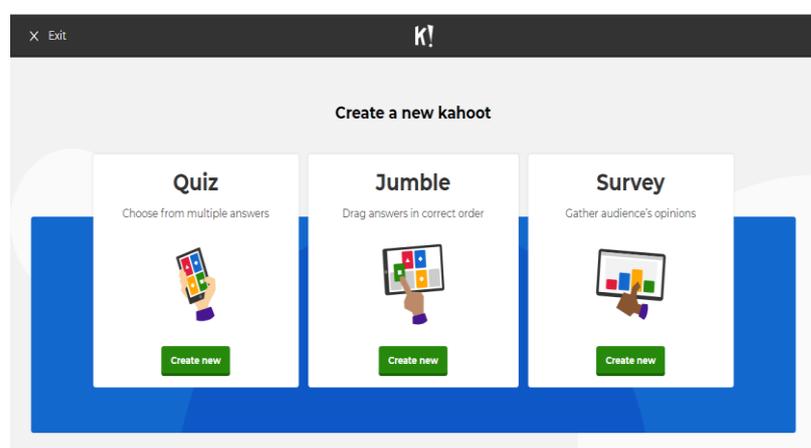


Figura 5. Escolha do tipo de questionário.

Silva et al. (2018) destacam que, o *Kahoot!* é uma ferramenta que pode ser utilizada na sala de aula como forma de tornar a aprendizagem mais interativa, em que é uma plataforma que possibilita o envolvimento dos estudantes, por ser um meio que desperta a curiosidade do aluno, pelo fato, de proporcionar métodos inovadores para a construção no processo de ensino. Dessa forma pode-se perceber que o *Kahoot!* é uma forma de trabalhar a Gamificação na sala de aula, através das variadas formas que o mesmo possibilita, para desenvolver qualquer atividade ou avaliação através de jogos, que podem ser criados na plataforma.

Dessa forma é perceptível o quão importante é o uso de tecnologias na sala de aula, como maneira de facilitar o ensino-aprendizagem, tornando esse processo inovador e dinâmico. Costa e Oliveira (2015), ressaltam que:

[...] a utilização de recursos educacionais abertos representa um passo amplo na maneira de aproveitar as novas tecnologias da informação e comunicação, tendo um impacto significativo na sociedade. O desafio é associar os meios de comunicação ao processo educativo e refletir sobre as distintas linguagens e seus modos de informar o mundo para que suas potencialidades sejam usadas de forma crítica e consciente.

Durante o desenvolvimento da oficina, o principal objetivo é, através da ferramenta, trabalhar assuntos voltados para a área de formação dos alunos e, através do *Kahoot!*, avaliar o nível de conhecimento dos discentes com relação aos assuntos abordados. Dessa forma, o jogo exigiu dos alunos, tanto o conhecimento relacionado à temática, quanto a rapidez ao responder as questões propostas. Ou seja, é possível avaliar os alunos, pelos acertos e pela agilidade de cada participante em dar a resposta correta, usando a capacidade de

raciocínio lógico, possibilitando que aquele participante fosse nomeado em primeiro, segundo ou terceiro lugar, dependendo da pontuação que este acumulava durante o jogo, e com isso gera uma certa disputa entre eles, cada um tentando obter o primeiro lugar no *ranking* do jogo, o que desperta, por parte deles, o desejo de participar das atividades, e sem que eles percebessem, o assunto está sendo repassado, e o aprendizado está acontecendo de uma forma atrativa e divertida.

Roselice (2018) afirma que, o *Kahoot* empolga, anima e torna a aula superdivertida! E o melhor: pode ser jogado pelo celular! A ferramenta *Kahoot!* proporciona aos alunos uma nova maneira divertida de aprender tanto pelo celular quanto por o computador, e dessa maneira os alunos vão tendo novas oportunidades de exercitar coisas novas.

Contudo, Cavalcante et al. (2018, p.9) relatam que, pode-se afirmar que o primeiro contato dos estudantes com a ferramenta foi

envolvente, em razão da participação ativa deles tanto durante a aplicação do *quiz* quanto durante a avaliação sobre essa plataforma.

A lógica do jogo consiste em quem responder corretamente mais rápido, recebe uma pontuação maior do que aqueles que responderem também corretamente (CALVACANTE et al., 2018), porém demoram mais tempo para dar sua resposta e, logicamente, aqueles que responderem errado ou não responderem (abstinência) não ganham pontuação nenhuma. No final, o jogador que tiver com a maior pontuação será o grande vencedor.

Quanto a Figura 6, é possível notar que a maioria dos alunos possuem domínio dos princípios básicos da programação, porém nem todos conseguem dar a resposta correta para a pergunta. Este conhecimento é indispensável para um docente na formação do curso de Licenciatura em Computação, por ser um conteúdo básico na formação.

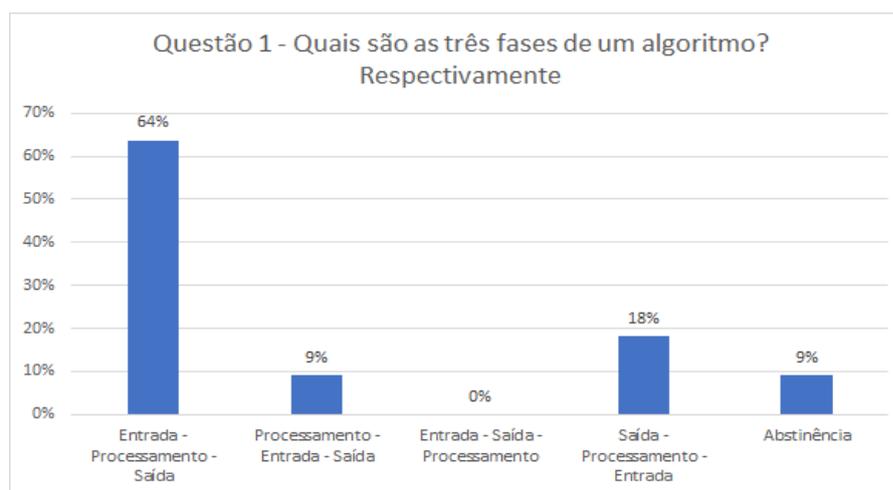


Figura 6. Questão sobre algoritmos.

Na Figura 7 observa-se que chama atenção porque, percebe-se com os dados do gráfico que, grande parte dos alunos deixam de responder (abstinência) por estar em dúvida de qual a resposta correta, e não notam que o tempo se esgota, ou simplesmente por não

responder. Esses dados são muito interessantes, pois uma boa parte dos participantes prefere não escolher nenhuma alternativa, mesmo que por um “chute”, pudessem estar respondendo à questão corretamente.

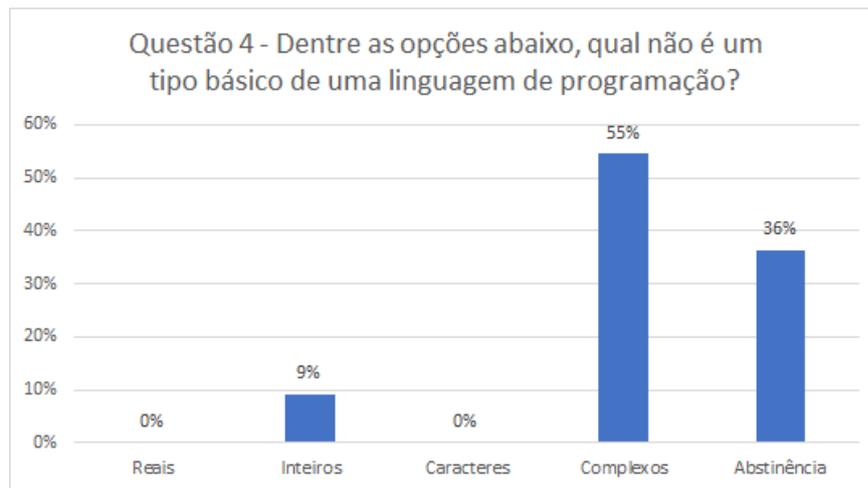


Figura 7. Questão sobre linguagem de programação.

Na Figura 8 nota-se com os resultados obtidos que deixa os jogadores bastante confusos quanto às respostas, talvez por estarem familiarizados com a sigla CPU (que em

inglês significa “*Central Processing Unit*”), quando traduzido para o português, gera alguns erros, porém a maioria consegue responder corretamente (Figura 8).

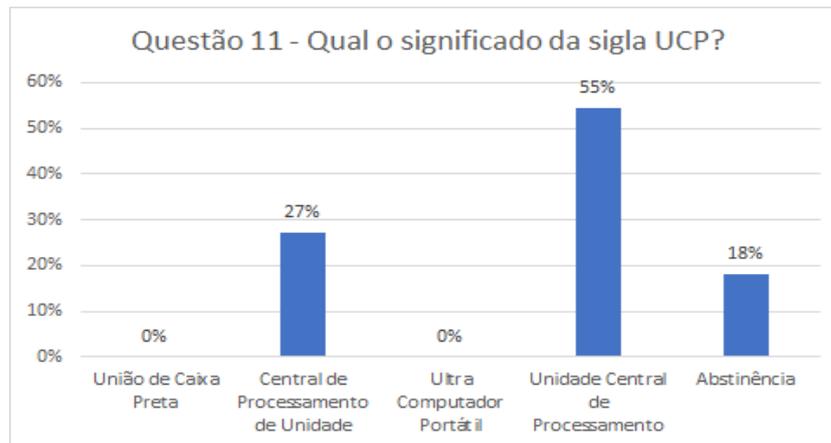


Figura 8. Questão sobre sigla CPU.

Na Figura 9, respondida corretamente pela maioria, com apenas uma resposta incorreta, sendo a que menos trouxe dificuldade, visto que é uma das primeiras

informações que o aluno do curso de Computação obtém na disciplina de introdução à computação.

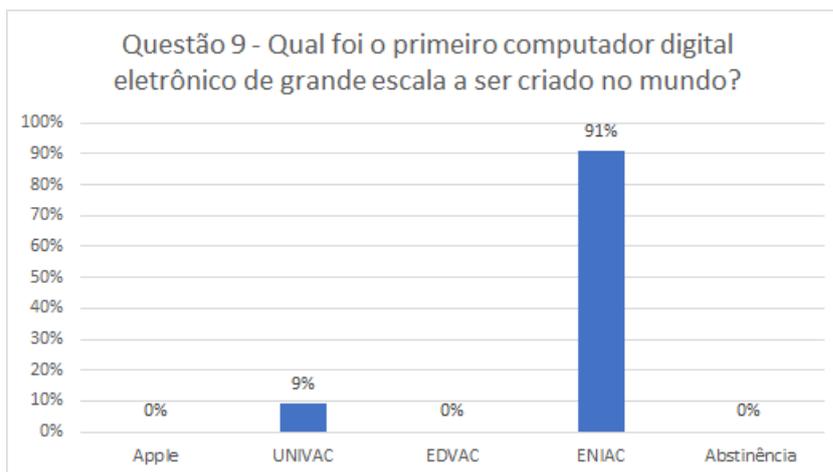


Figura 9. Questão sobre recursos eletrônicos.

Conceitos básicos de computação ainda geram muitas dúvidas nos discentes. As funções dos dispositivos, mesmo aqueles que estão bastante presentes em seu cotidiano diário, no trabalho ou vida social, especialmente às impressoras multifuncionais e monitor *touch*

screen, ou celular com *touch screen*, que são dispositivos de entrada e saída, geraram respostas adversas dos alunos, como alguns que responderam teclado e mouse, como destaca a Figura 10.

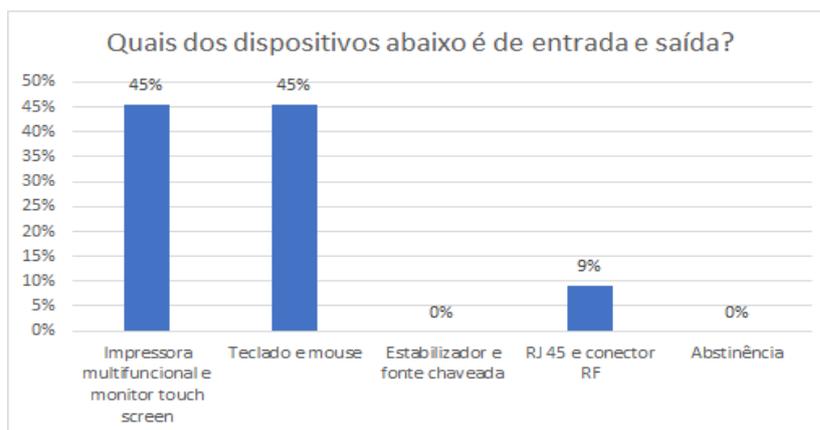


Figura 10. Questão sobre periféricos.

Ao apresentar, na prática, como funciona a ferramenta, os resultados são motivadores, visto que é um jogo lúdico e intuitivo, que prende a atenção do aluno no assunto abordado, ajudando no desenvolvimento de competências educacionais, de raciocínio lógico e do trabalho em equipe, gerando além de uma competição saudável, o aprendizado de forma divertida, oportunizando ainda ao professor avaliar o rendimento de seus alunos de uma maneira dinâmica, utilizando um método totalmente inovador. Dessa forma, para fundamentar a experiência vivenciada em sala de aula com o uso do *Kahoot!*, observa-se que a pesquisa de Costa e Oliveira (2015), que também tiveram uma experiência em sala de aula com o uso do *Kahoot!*, os autores destacam que:

Com o *Kahoot!* os alunos tiveram a oportunidade de aprender enquanto se divertia. Os alunos se sentiram encorajadas a se destacaram porque eles estão jogando, e não simplesmente marcando um quiz no caderno. Os jogos da plataforma garantiram 100% de envolvimento, transformando a sala de aula em um gameshow; combinando jogos, facilidade de utilização e tecnologia móvel, criando uma experiência social encantadora que deixou todos dominado e absorvido no assunto (COSTA & OLIVEIRA, 2015, p.16).

A partir dos pressupostos apresentados, nota-se que há certo interesse dos alunos ao participarem das atividades na plataforma, isso torna o processo de construção de ensino-aprendizagem atraente e bastante inovador, podendo obter bons resultados.

Na aplicação do trabalho, percebe-se que a ferramenta para ser utilizada precisa ter uma internet veloz, para que tenha êxito na aplicação do jogo. Durante a aplicação das 10 questões para os 11 alunos presentes na aula, havendo momentos em que a conexão com a internet caiu algumas vezes no computador do administrador, que estava conectado à internet da instituição, impossibilitando os alunos visualizarem as alternativas da questão que estava sendo exposta.

A prática pedagógica com ferramenta *Kahoot!* é bastante produtiva e eficiente no decorrer da oficina, como método de avaliação a ser utilizado em sala de aula. Pois os discentes do PARFOR demonstram interesse ao usarem. E conforme Andrade e Rezende (2018) destacam que “O Kahoot como jogo digital proporciona momentos de aprendizagem colaborativa, na qual, professores e alunos podem criar, trocar e valorizar os conhecimentos prévios e desenvolvidos durante o jogo.” Desse modo, compreende-se que a utilização do *Kahoot!* inserido dentro ou fora da sala de aula, torna atrativo e dinâmico tanto para os professores, quanto aos alunos que juntos podem desenvolver seus conhecimentos (ANDRADE & REZENDE, 2018).

Contudo, Milhomen et al. (2018) ressaltam que o *Kahoot!* é de suma importância e deve ser inserida na metodologia do professor, por ser uma ferramenta tecnológica que auxilia o docente a descobrir as dificuldades de seus alunos referente a conteúdos trabalhados.

E dessa forma, podemos destacar que o *Kahoot!* é uma ótima ferramenta em que os docentes podem utilizar na sala de aula para diversas atividades, podendo auxiliar na prática educativa e na construção de novos conhecimentos dos alunos.

Conclusão

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou compreender que a inserção das tecnologias digitais na sociedade atual, em especial na escola de Educação Básica, quanto na instituição de ensino superior, garante aos usuários flexibilizações no ato didático e pedagógico. Pois, acredita-se que as tecnologias são de suma importância no contexto educacional, as quais proporcionam ao processo de ensino e aprendizado maior dinamização na produção do conhecimento discente e auxilia os discentes no processo de construção e promoção do conhecimento. Partindo de tais pressupostos, fomenta-se que a

incorporação das tecnologias no processo de formação visa contribuir para uma melhor qualidade de ensino e aprendizagem.

A prática pedagógica utilizada pelo *Kahoot!* promoveu a consolidação intencional desta produção garantindo a participação efetiva dos acadêmicos nos quesitos: atenção; interação; produtividade; pro atividade; dinamismo; domínio do conteúdo; agilidade na resolução dos questionamentos; processamento da informação; clareza dos conteúdos; competitividade acadêmica; cautela informacional; praticidade; responsabilidade; desenvolvimento tecnológico, entre outros.

Em relação ao acesso à internet, observou-se que é de suma importância para a realização da prática pedagógica usando o *Kahoot!*, pois, sem o acesso a este recurso, com a velocidade de dados adequados para operacionalizar a plataforma *Kahoot!*, se tornaria impossível os acadêmicos, participarem desta prática pedagógica. Essa condição causou instabilidades em alguns momentos, durante a aplicação desta atividade no laboratório de informática. Contudo, mesmo diante das oscilações de conectividades com a internet, foi possível a continuidade das ações pedagógicas após o acesso da internet normalizada.

Frente às possibilidades e dinamismos que os recursos tecnológicos nos permitem na realização de atividades que necessitam dos mesmos, ainda assim, há necessidade da compreensão, além de cautela, quanto ao planejamento que exija a utilização dos recursos tecnológicos, pois eles podem nos surpreender positivamente ou negativamente quanto ao acesso e utilização. Entretanto, a ferramenta *Kahoot!* pode ser aplicada com intencionalidades diversas, desde saber opiniões de outras pessoas, por votação, agrupamento de alternativas, dando possibilidade de escolha para o usuário usufruir da plataforma quanto ao uso em questões interdisciplinares dependendo dos seus interesses.

Partindo dos pressupostos mencionados quanto ao uso de recursos tecnológicos nas práticas pedagógicas em escolas de Educação Básica, quanto nas Unidades de Ensino Superior, foi possível notar a importância da inserção desta ferramenta com a aplicação do método. Pois, de alguma forma sabe-se que há o contato do ser humano com recursos tecnológicos. Ou seja, acredita-se que o acesso e utilização desses recursos garantem a

participação dos envolvidos nas ações. E para o professor, que busca praticidade e pro atividade na produção do conhecimento dos acadêmicos, considera-se que o *Kahoot!* é uma ferramenta de grande significância para aplicar no ensino das disciplinas, de escolas da Educação Básica, e até mesmo no Ensino Superior, tendo como referências o uso desta em vários trabalhos científicos. No mais, fomenta-se que, além da utilização do *Kahoot!*, e dependendo dos interesses, o profissional pode apropriar-se de diversas práticas tecnológicas como: jogos, ferramentas tecnológicas entre outros e aplicar na prática docente. E assim, o ensino e aprendizagem nos remeterá a compreensão de que há novas concepções na aquisição do conhecimento na qual denominamos a partir desta experiência de aprendizagem tecnológica significativa.

Referências

- AMARAL, P. C. R.; SALVI, R. F. Ludicidade e informática educativa aplicadas ao ensino da Geografia: conceitos e práticas. 2008. Disponível em: <http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/92-4.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2019.
- ANDRADE, C. D. F.; REZENDE, A. L. A. As potencialidades do uso do Kahoot nas práticas pedagógicas no processo de alfabetização. Universidade Federal da Bahia. In: Congresso Nacional de Educação, 5, 2018, Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2018. p.1-11.
- CAVALCANTE, A. A.; SALES, G. L.; SILVA, J. B. Tecnologias digitais no ensino de Física: um relato de experiência utilizando o *Kahoot* como ferramenta de avaliação gamificada. *Research, Society and Development*, v.7, n.11, p.01-17, 2018.
- CORREIA, M.; SANTOS, R. A aprendizagem baseada em jogos online: uma experiência de uso do Kahoot na formação de professores. In: Simpósio Internacional de Informática Educativa, 19, Encontro do Centro Interdisciplinar de Estudos Educacionais, 8, Encontro Internacional, 3, 2017, Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2017. p.252-257.
- COSTA G. S.; OLIVEIRA, S. M. B. C. Kahoot: a aplicabilidade de uma ferramenta aberta em sala de língua inglesa, como língua estrangeira, num contexto inclusivo. In: Simpósio de hipertexto e Tecnologias na Educação, 6, 2015, Recife. Anais... Recife, 2015.
- JUNIOR, F. W. F. S.; SALVADOR, E. S.; BARROS, J. B.; LACERDA, F. L. C.; SOUSA, A. N. Uso do Kahoot como método de ensino-aprendizagem para estudantes de ensino médio. In: Encontro de Iniciação à Docência da UEPB, 6, 2017, Campina Grande. Anais... Campina Grande, 2017.
- MILHOMEN, L. F.; OLIVEIRA, J. V. A.; LIMA, F. P. Uso do Kahoot no ensino de química: Uma Nova Ferramenta na Educação Básica. In: Jornada de Iniciação Científica e Extensão, X, 2018, Palmas. Anais... Palmas, 2018.
- SANDE, D. Uso do Kahoot como ferramenta de avaliação e ensino-aprendizagem no ensino de Microbiologia Industrial. *Revista Holos*, v.34, n.1, p.170-179, 2018.
- SILVA, D. V. S. O papel das tecnologias da informação e comunicação na educação a distância: um estudo sobre as tendências para Castanhal/PA. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação). Universidade Federal do Pará. Castanhal, 2018.
- SILVA, J. B.; ANDRADE, M. H.; OLIVEIRA, R. R.; SALES, G. L.; ALVES, F. R. V. Tecnologias digitais e metodologias ativas na escola: o contributo do Kahoot para gamificar a sala de aula. *Revista Thema*, v.15, n.2, p.780-791, 2018.
- TOLEDO, B. S. O uso de softwares como ferramenta de ensino aprendizagem na educação do ensino médio/técnico no Instituto Federal de Minas Gerais. 115f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento). Faculdade de Ciências Empresariais. Belo Horizonte, 2015.
- VARGAS, D.; AHLERT, E. M. O processo de aprendizagem e avaliação através de quiz. Universidade do Vale do Taquari – Univates. 2017, p.1-19. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2038/1/2017DaianadeVargas.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2019.
- VICCARI, R. M.; GIRAFFA, L. M. M. Sistemas tutores inteligentes: abordagem tradicional x abordagem de agentes. In: Simpósio Brasileiro de Inteligência Artificial, 13, 1996, Curitiba. Anais...Curitiba, 1996.

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.

João Miguel de Moraes Neto: Possui mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1995) e Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal da Paraíba (2003). Atualmente é professor titular da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Sensoriamento Remoto, atuando principalmente nos seguintes temas: degradação ambiental, geoprocessamento, desertificação, desastres naturais.

Juarez Paz Pedroza: Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1988), Mestrado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal da Paraíba (1991) na Área de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas e Doutorado em Recursos Naturais pela Universidade Federal de Campina Grande (2002) na Área de Recursos Hídricos. Foi Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Agrícola durante 12 anos, além de Coordenador Administrativo da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola. Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal de Campina Grande. Tem experiência na Área de Engenharia Agrícola, com ênfase em Engenharia de Água e Solo, Armazenamento de Produtos Agrícolas.



® Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação

