

Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



Caderno de Ciência, Pesquisa e Inovação v.1, n.3, 2018

Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação
v.1, n.3, 2018

C122 Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação
v.1, n.3, 2018/ Organizadores: Francisco et al.

— Campina Grande: EPGRAF, 2018.
140 f.: il. color.

ISBN: 978-85-60307-43-2

1. Engenharias. 2. Desenvolvimento Tecnológico. 3. Ideias Inovadoras. 4. Difusão. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Sá, Talita Freitas Filgueira de. III. Braga Júnior, Joel Martins. 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 da Imagem da Capa

Freepick.com

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Djail Santos (CCA-UEPB)
Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)
Eduardo Rodrigues Viana de Lima (CCEN-UEPB)
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 (CCTA-UFCG)
Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)
Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)
Paulo Roberto Megna Francisco (CCT-UEPB)
Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)
Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
Talita Freitas Filgueira de Sá
Joel Martins Braga Júnior
(Organizadores)

Caderno de Pesquisa, Ciência e Inovação
v.1, n.3, 2018



Realização

[®] **Portal Tecnológico
de Divulgação Científica**
Eventos, Pesquisas e Inovação



Apoio



SUMÁRIO

| | |
|--|-----|
| <i>APRESENTAÇÃO</i> | 6 |
| <i>Seção Engenharia Civil</i> | 7 |
| <i>Capítulo 1</i> | 8 |
| <i>ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE UMA ECO RESIDÊNCIA EDIFICADA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO</i> . | 8 |
| <i>Capítulo 2</i> | 23 |
| <i>ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, IDH E MORTALIDADE INFANTIL NO ESTADO DO PARÁ</i> | 23 |
| <i>Capítulo 3</i> | 31 |
| <i>INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO, NA MASSA CERÂMICA, DO RESÍDUO GERADO POR PRODUTOS DA CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLOS</i> | 31 |
| <i>Seção Agronomia</i> | 39 |
| <i>Capítulo 4</i> | 40 |
| <i>AVALIAÇÃO CLIMATOLÓGICA DAS OCORRÊNCIAS DE PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS NO ESTADO DE ALAGOAS</i> | 40 |
| <i>Capítulo 5</i> | 51 |
| <i>ESTUDO DAS DEMANDAS DE ÁGUA E ENERGIA PARA FRUTÍFERAS IRRIGADAS POR DOIS SISTEMAS PRESSURIZADOS</i> | 51 |
| <i>Capítulo 6</i> | 59 |
| <i>ANÁLISE DA CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE E EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA</i> | 59 |
| <i>Seção Geociências</i> | 65 |
| <i>Capítulo 7</i> | 66 |
| <i>IMAGENS DO PROJETO GLOBAL FOREST CHANGE UTILIZADAS NA ANÁLISE DO DESMATAMENTO DA PROVÍNCIA DE BOLOGNA - ITÁLIA</i> | 66 |
| <i>Capítulo 8</i> | 77 |
| <i>INFLUÊNCIA DAS CONSTRUÇÕES IRREGULARES EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) EM TRECHO DO RIO PIRARARA, CACOAL-RO/BRASIL</i> | 77 |
| <i>Capítulo 9</i> | 88 |
| <i>APLICAÇÃO DE SIG NA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE CACHOEIRA DOS ALVES, SEMIÁRIDO BRASILEIRO</i> | 88 |
| <i>Capítulo 10</i> | 99 |
| <i>PRODUÇÃO E RENDA DO COMPONENTE ARBÓREO CUMARU (Dipteryx spp.) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO OESTE DO PARÁ</i> | 99 |
| <i>Capítulo 11</i> | 110 |
| <i>ANÁLISE ESPACIAL DE PLANTAS DE QUIXABEIRA [Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult. T.D. Penn.) EM BOA VISTA-PB</i> | 110 |
| <i>Capítulo 12</i> | 121 |
| <i>APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE TEMPORAL DO FENÔMENO DE DESERTIFICAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO</i> | 121 |
| <i>Capítulo 13</i> | 129 |
| <i>USO DE SIG NO DIAGNÓSTICO DA OCUPAÇÃO IRREGULAR EM TRECHO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO PIRARARA, CACOAL-RO</i> | 129 |

APRESENTAÇÃO

Somos todos moradores do mundo, e nossa casa é apenas um par de sapatos, visto que hoje percebemos os impactos de um uso e gestão inadequados dos recursos naturais e das consequências desastrosas disto. As frequentes pesquisas e debates sobre a aplicabilidade de tecnologias que dão apoio a uma melhor qualidade na ambiência ainda são insuficientes; sabendo-se que além do valor do equilíbrio que advêm da natureza, esta também é amparada pela Constituição Federal de 1988, tratando o Meio Ambiente em seu aspecto natural, cultural e artificial.

Os embates de problemas e propostas de soluções neste livro, tratados em vários lugares do Brasil e exterior, são resultados de muitas pesquisas através das seções: Engenharia Civil, Agronomia e Geociências. Nestas seções, as inovações estão relacionadas a temas climatológicos, saneamento, irrigação, bacias hidrográficas, água, desmatamento, cobertura vegetal, áreas de preservação permanente (APP), sistemas agroflorestais, caatinga e a análise espacial e de campo dos dados; spoiler? Não, apenas uma motivação para que você, enquanto leitor, aproveite com sabedoria cada capítulo.

Nos capítulos que seguem, a aplicabilidade de técnicas de Geoprocessamento dar-se-ão como ferramenta de apoio as ciências e contribuem na compreensão do espaço geográfico e como este pode interferir direta ou indiretamente. Fica difícil compreender uma bacia hidrográfica sem ter embasamento técnico na topografia do terreno, que dar margem ao percurso dos lençóis freáticos, bem como o uso e cobertura da área de estudo; assim como entender a relação de enchentes e APP, avaliando-se o tamanho da interferência antrópica; bem como as características inerentes ao meio ambiente da caatinga e sua capacidade resiliente.

É essencial cada passo para reorganizar a nossa casa, de modo equilibrado entre sociedade e os recursos naturais, para que as futuras gerações possam usar seu par de sapatos, e caminhar pela casa podendo desfrutar na totalidade o que ela puder dispor.

Cacoal, dezembro de 2018

Dr. Joel Martins Braga Júnior
Prof. em Agronomia, IFRO-Campus Cacoal

Dra. Talita Freitas Filgueira de Sá
Profa. em Geoprocessamento e Topografia, FSP-Rolim de Moura

Engenharia Civil



ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DE UMA ECO RESIDÊNCIA EDIFICADA NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Paula Isabella de Oliveira Rocha¹
Vicente de Paula Teixeira Rocha²
Vera Solange de Oliveira Farias³

¹Acadêmica em Engenharia Civil, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande, paulaiorocha@gmail.com

²Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG/CTRN/Campus Campina Grande, vicente.rocha@ufcg.edu.br

³Professora Associada IV, UFCG/CES/UAFM/Campus Cuité, vera.solange6@gmail.com

Introdução

O Brasil é um país de dimensões continentais com particularidades culturais, climáticas, disponibilidade de recursos naturais, dentre outros. Neste sentido, é relevante a busca de uma identificação das características regionais, inserindo a necessidade de buscar um modelo de edificação apropriado para cada região bio-climática (ROCHA, 2016). As ideias arquitetônicas executadas com sucesso em determinada região com características climáticas, econômicas, sociais e culturais típicas, não devem ser simplesmente inseridas em outras regiões com características diferentes. Por sua vez, as adversidades de conforto ambiental, causadas por variáveis climáticas, podem ser superadas pela conformidade desta arquitetura regionalizada, recorrendo a sistemas adequados de ventilação e iluminação natural (CUNHA, 2013).

Um ambiente que possa ser caracterizado como confortável termicamente e devidamente apropriado para o descanso ou com atividade que gere menor consumo de energia do trabalhador, é instrumento de saúde para o indivíduo, assim como melhora o desenvolvimento de atividades (ROCHA, 2016). Nogueira et al. (2005) defendem que o conforto ambiental, relacionado à arquitetura e ao ambiente construído, é composto por conforto térmico, visual, acústico e ergonômico. O conforto térmico é responsável por grande parcela do conforto ambiental. O desconforto térmico é, em geral, uma das maiores reclamações dentre os fatores que compõem o conforto ambiental.

Para Souza (2012), o conforto térmico é afetado pela umidade, temperatura e movimento do ar, vestimenta, nível de atividade (quantidade de trabalho físico realizado), temperatura média radiante (temperatura média das paredes, solo, janelas, etc.) e outros fatores. Por outro lado, Chrismann et al. (2015) declaram que, a sensação de conforto térmico depende de fatores humanos e de fatores ambientais, tornando-se um critério individual e subjetivo. Assim, um ambiente confortável para um utilizador poderá não o sê-lo para outro, fato que exige grande versatilidade por parte das soluções.

De acordo com Santos e Andrade (2008), o conforto térmico pode ser observado de duas maneiras, do ponto de vista pessoal, considerando-se o conforto do indivíduo em determinados ambientes, e da linha climato-ambiental, que propõe o estabelecimento de um estado térmico, analisando-se as variáveis ambientais. É neste contexto que diversos autores propuseram índices para estudar mais profundamente a quantificação do conforto térmico. Para se estabelecer critérios de classificação dos ambientes, foram desenvolvidos diversos índices de conforto térmico com o objetivo de englobar, em um único parâmetro, o efeito conjunto dos elementos meteorológicos e do ambiente construído sobre o homem. Como exemplos de índices térmicos elaborados para o homem, podem ser citados o Índice de Temperatura de Bulbo Úmido e do Globo (WBGT), o Índice de Temperatura e Umidade (THI), e o Índice de Desconforto (DI) (OLIVEIRA, 2006; MONTEIRO & ALUCCI, 2007; NOGUEIRA et al., 2012).

O Índice de Desconforto (DI) é de fácil utilização, sobretudo pela simplicidade na obtenção de dados, sendo necessária apenas a temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, obtidos com dois termômetros simples. Para que a totalidade da população não apresente desconforto, DI deve ser inferior a 70°C. Para que a minoria da população apresente desconforto térmico, o DI deve se encontrar na faixa de 70 a 75°C. No caso da maioria das pessoas se sentir desconfortável termicamente o DI varia de 75 a 79°C. No caso de insatisfação generalizada, DI o valor de DI deve ser superior a 79°C. Por outro lado, o THI é um índice muito usado em razão de requerer dados meteorológicos facilmente disponibilizados nas estações meteorológicas e em bancos de dados. A agregação de variáveis como

umidade relativa do ar e a temperatura do ar, favorece uma profícua análise de conforto térmico (ROCHA, 2016).

O desconforto térmico, quer seja por frio ou por calor, tem a capacidade de influenciar no desempenho de atividades e grau de satisfação dos usuários de determinado ambiente, podendo levar até a condições extremas, afetar a saúde e levar à morte. Do ponto de vista fisiológico, a sensação de conforto térmico se daria, portanto, quando o corpo perdesse ou ganhasse calor sem ativar os mecanismos termorreguladores, ou seja, em um ambiente de neutralidade térmica (LYRA, 2007).

As condições térmicas dos ambientes laborais não dependem só do clima, mas também do calor introduzido pelas atividades desenvolvidas e pelos equipamentos envolvidos nos processos, tal como pelas características construtivas do ambiente e sua capacidade de manter condições internas adequadas no que se refere ao conforto térmico das pessoas (RUAS, 1999).

Quanto aos índices subjetivos, tem-se que o índice Voto Médio Estimado (PMV) que é utilizado com o propósito de caracterizar o ambiente, adotando como referencial técnico o voto de sensação térmica do usuário. Este índice deve ser complementado pelos dados fornecidos por outro índice, o PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas). Segundo Lamberts et al. (2014), o Voto Médio Estimado (PMV) é um índice que prevê um valor médio de sensação térmica de um grande grupo de pessoas, segundo a escala de 7 pontos, estratificando por aqueles que sentem desconforto por temperatura elevada ou baixa. O PPD é um índice fortemente relacionado com o PMV e institui uma previsão quantitativa da porcentagem de pessoas insatisfeitas termicamente com o ambiente, que o entendem “muito frio” ou “muito quente”. Como aponta Vieira (2008), quando o PMV é igual a zero significa que a combinação entre atividade, vestimenta e parâmetros ambientais promove, na média, uma sensação térmica neutra. Para $0 < PMV < 1$ ou $-1 < PMV < 0$, os usuários sentem o recinto como ligeiramente quente ou ligeiramente frio, respectivamente. No caso de PMV na faixa de 1 a 2, os ocupantes do ambiente sentem desconforto classificando o ambiente na categoria quente. Para o PMV que varia de -2 a -1, os ocupantes do espaço sentem desconforto por frio. A escala de sensação térmica que apresenta uma linha graduada variando de -3 até -2 e de 2 até +3 permite uma avaliação termo ambiental classificado como muito frio ou muito quente, respectivamente. Devido à variação biológica entre as pessoas, é impossível que todos os ocupantes de um ambiente se sintam termicamente confortáveis ao mesmo tempo. O PPD (Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas) estabelece a quantidade estimada de pessoas insatisfeitas dentro de um ambiente (LAMBERTS et al., 2014). Pinto (2014) afirma que, para o melhor valor de PMV (zero), tem-se um mínimo de 5% de pessoas insatisfeitas pelo PPD com a sensação térmica. O aumento do PPD varia de acordo com uma curva representativa para cada valor correspondente de PMV.

Para avaliar o desempenho térmico do invólucro de uma edificação são utilizados parâmetros associados à inércia térmica, além da inversão térmica e amplitude. Segundo Frota e Shiffer (2009), à inércia térmica estão associados dois fenômenos de grande significado para o desempenho térmico de uma habitação, o amortecimento e o atraso da onda de calor, devido ao aquecimento ou ao resfriamento dos materiais. A inércia térmica depende das características térmicas da envolvente e dos componentes construtivos. O amortecimento, é a propriedade do invólucro de diminuir a amplitude das variações térmicas (PAPST, 1999). Assim sendo, o amortecimento corresponde à diferença da média da temperatura máxima da face externa da alvenaria e a média da temperatura máxima da face interna da parede. Por sua vez, a amplitude térmica da temperatura superficial externa é a diferença entre média da máxima e a média da mínima. A NBR 15220/2005 aponta que, atraso térmico é tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente construtivo submetido a um regime periódico de transmissão de calor.

Este trabalho objetiva avaliar o conforto térmico em residência localizada em região semiárida no município de Cabaceiras-PB, bem como caracterizar dois ambientes, sala e quarto, para três rotinas de manipulação das aberturas de ventilação no período do verão brasileiro.

Material e Métodos

A casa foi construída na Ribeira, distrito pertencente à Cabaceiras, cidade do estado da Paraíba, com as coordenadas geográficas de 7°24'29" de Latitude Sul e 36°21'59" de Longitude Oeste. O distrito referenciado, localizado a 14 km da sede de Cabaceiras, foi acessado por meio de estrada vicinal. Por sua vez, o terreno onde a casa foi edificada foi cedido pela Prefeitura Municipal da cidade.

O município de Cabaceiras, situa-se a 184 km da capital João Pessoa e 69 km da cidade de Campina Grande, e está localizada na Mesorregião da Borborema e na Microrregião do Cariri Oriental e, segundo o IBGE (2018), a cidade possui uma população de 5.503 habitantes e uma área de 452,92 km².

O clima predominante na região, de acordo com BRASIL (2005), é do tipo tropical chuvoso. Conforme o Atlas Geográfico da Paraíba e a classificação Köppen, o clima de Cabaceiras é do tipo AS, que se caracteriza por ser seco (precipitação anual inferior a 500mm), evapotranspiração potencial anual superior à precipitação anual e por não existir cursos de água permanentes. De acordo com Medeiros et al. (2012), a média da temperatura máxima em Cabaceiras ocorre em dezembro e é da ordem de 32,6°C. Por outro lado, o valor da temperatura mínima anual é de 17,8°C, ocorrendo no mês de agosto, enquanto a temperatura média anual é de 24,0°C. As flutuações mensais oscilam entre 22,1 a 25,3°C, enquanto as amplitudes térmicas mensais flutuam entre 9,3 a 12,4°C com uma taxa anual de 10,8°C. Ainda, segundo os autores, o quadrimestre mais chuvoso são os meses de março a junho, com uma precipitação na ordem de 60% do total anual e o quadrimestre menos chuvoso ocorre de setembro a dezembro.

Cabaceiras está implantada no semiárido paraibano e a sua localização pode ser observada na Figura 1.

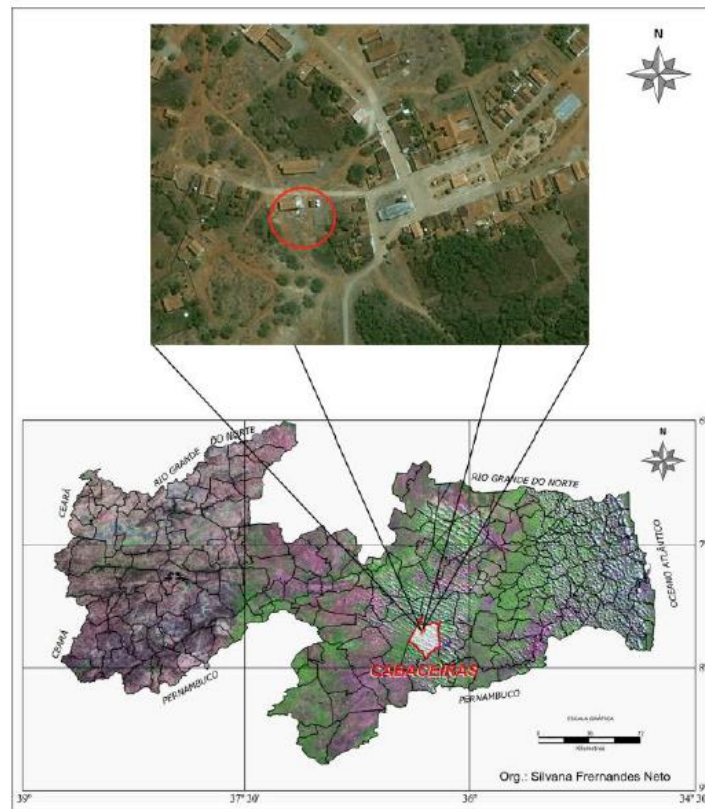


Figura 1. Localização do município de Cabaceiras-PB. Fonte: Rocha et al. (2015)

O município encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, região do Alto Paraíba. Os principais cursos d'água são: os rios Taperoá, Paraíba e Boa Vista, além dos riachos: do Pombo, Gangorra, Pocinho, Algodois, Junco e Macambira. O principal corpo de acumulação de água, na região, é o Açude Público Epitácio Pessoa ou do Boqueirão, com capacidade aproximada de 450.424.550 m³ (BRASIL, 2005).

A contextualização da Eco Residência Rural, objeto deste estudo, fez parte de uma ampla conjuntura envolvendo estudo da complexidade das variáveis de uma bacia hidrográfica, tendo por base o trabalho de pesquisa de Baracuh (2001). Assim, no ano de 2005, um grupo de pesquisadores da UFCG executaram o projeto MISOPA-Manejo Integrado em micro bacias no Sertão Paraibano, no qual estava inserido a construção de uma casa que tinha como objetivo principal propor um modelo de desempenho térmico satisfatório a ser reproduzido no Semiárido paraibano, que servisse de espaço de testes e vitrine para as técnicas e/ou materiais construtivos alternativos (CUNHA, 2013). No projeto foram utilizados indicativos de arquitetura sustentável, alicerçados no tripé da sustentabilidade que Persson (2009) cita como ecologicamente correto, economicamente viável e socialmente justo. A primeira unidade do modelo proposto foi edificada na Região de São José do Sabugi-PB, sendo o trabalho foi apresentado por Ferreira et al. (2007). Posteriormente, Cunha (2013) realizou pesquisa visando analisar o conforto térmico de outra unidade habitacional construída nos mesmos padrões, na cidade de Campina Grande.

Tomando por base essa experiência positiva, uma equipe de professores e alunos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG, promoveu ajustes no projeto original da habitação rural, sendo construída mais uma unidade no distrito da Ribeira, em Cabaceiras-PB. Segundo Rocha et al. (2017), um dos relevantes objetivos da edificação é tornar disponível, para a sociedade, um modelo idealizado conforme padrão de desempenho térmico satisfatório e com um bom gerenciamento dos recursos naturais da região, sobretudo o hídrico.

A casa possui uma arquitetura bem atípica, com um pé direito variável, sendo no mínimo de 2,70 m. Apresenta janelas maiores que aquelas costumeiramente construídas na região, o que consiste em fatores proporcionadores de maior conforto ambiental, boa climatização, melhor iluminação natural, bem como melhor comportamento termo-acústico-lumínico. A cobertura tem uma tipologia assemelhada a uma asa delta, no sentido oposto ao caimento do terreno. Este formato da cobertura facilita o recolhimento de água para a cisterna, sem tubulação atravessando a fachada ou lateral da habitação. Foram inseridas no projeto e na execução da Eco Residência, bandeiras móveis sobre as esquadrias de madeira da casa. As bandeiras móveis, com altura de 30 cm, foram confeccionadas em madeira e vidro. Todos os ambientes da habitação são dotados de ventilação natural, por meio de portas e bandeiras sobre as esquadrias ou janelas. O envoltório vertical da Eco Residência é formado pelos componentes físicos, alvenaria, janelas e porta, que separam os ambientes internos das variáveis climáticas externas. Este envoltório tem a capacidade de exercer a função similar à de um filtro, regulando a transferência de energia térmica. A alvenaria de vedação foi confeccionada em tijolo solo-cimento, tipo aparente (sem revestimento, exceto parte de áreas molhadas do banheiro e da cozinha), com furos verticais, sendo observadas regras essenciais como alinhamento, nivelamento, prumo e esquadro.

A estrutura da residência possui característica, em planta baixa, de formato quadrangular, medindo 7,50 x 7,50 m, tipo térreo e dotado de ambiente mezanino, na área dos fundos, sobre um dos quartos. A habitação consta de dois quartos, sala, cozinha, banheiro, área externa coberta e mezanino, contemplando uma área de construção de 69,60 m², sendo 56,85 m² no térreo e 12,75 m² no mezanino.

Na Figura 2 observa-se a planta baixa da Eco Residência.

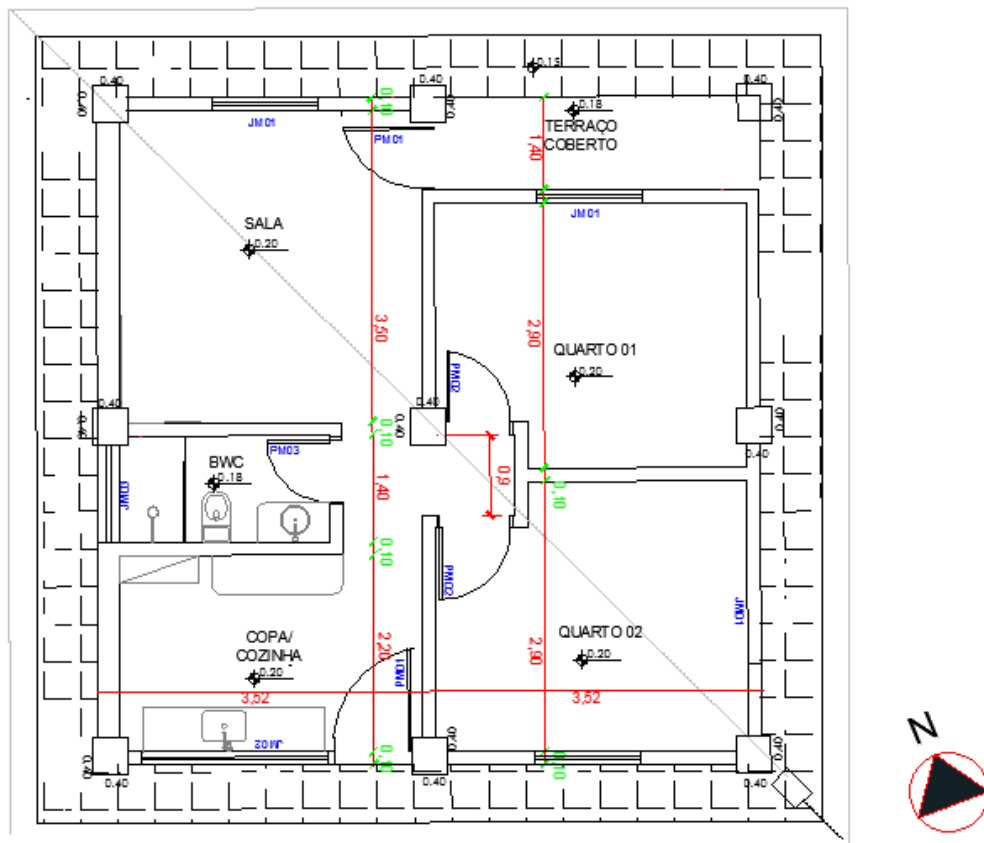


Figura 2. Planta baixa do pavimento térreo da Eco Residência. Fonte: Rocha et al. (2015).

As fachadas da Eco residência rural em estudo, são apresentadas na Figuras 3. Na Figura 3a está apresentada a vista frontal e na Figura 3b, pode-se observar a vista em perspectiva.



(a)



(b)

Figura 3. Imagens da Eco Residência. (a) vista frontal; (b) vista em perspectiva - vista de posterior e lateral. Fonte: Rocha et al. (2016).

Os ensaios ocorreram nos sete dias consecutivos da semana, ao longo do período de 7 (sete) semanas, período compreendido entre 11 de janeiro a 27 de fevereiro do ano de 2016, período do verão brasileiro, meses em que se observa grande adversidade térmica. Para a execução da coleta de dados foi confeccionada uma estação móvel, composta de uma estrutura de ferro e instalada no centro de cada ambiente em estudo. Esta Estação foi associada a uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, denominada arduíno, que funcionou como datalogger, ao qual foram conectados os sensores para obtenção de temperatura e de umidade, de temperatura de globo negro, bem como o de velocidade do vento. O arduíno foi construído com uma placa baseada no micro controlador ATmega 2560 e de fácil programação. Associado a ele, foram instalados sensores de temperatura e umidade, DTH22, bem como os globos negros, que contaram, no seu interior, com um sensor de temperatura denominado LM35. O Sensor de temperatura, recomendado para medir a temperatura de superfície ou superficial da alvenaria é DS18B20.

A primeira etapa da análise do conforto térmico, foi obtido e armazenado os dados da temperatura do ar, umidade relativa do ar, temperatura de globo e velocidade do ar. Os dados obtidos foram armazenados em cada um dos cartões tipo SD de 8G, sendo acessados e transferidos semanalmente para um notebook.

A coleta de dados ocorreu no horário das 7 às 18 h e o sistema de obtenção e armazenamento de dados foi programado para obter as informações dessas variáveis climáticas no intervalo de 30 min. A Estação Meteorológica desenvolvida é apresentada na Figura 4.



Figura 4. Estação meteorológica composto de arduino tipo Mega e sensores para obtenção e dados de temperatura, umidade e velocidade do vento.

Neste trabalho foi utilizado a composição de três tratamentos que correspondem a diferentes tipos de abertura para as trocas térmicas nos ambientes a serem estudados. As rotinas de tratamento utilizadas são apresentadas na Tabela 1. Durante o horário noturno todos os elementos vazados ficaram fechados.

Tabela 1. Tratamento de rotina de abertura de ventilação

| | Descrição | | Período Horário intervenção: 07 às 18 h |
|---|-------------------------------|-------------------------------|--|
| | Abertos | Fechados | |
| 1 | Bandeiras, Núcleo das janelas | | Dias 14, 21, 28 /janeiro e 04, 11, 18, 25/fevereiro/2016 |
| 2 | Bandeiras | Núcleo das janelas | Dias 12, 20, 27/janeiro e 03, 10, 17, 24/fevereiro/2016 |
| 3 | --- | Núcleo das janelas, Bandeiras | Dias 15, 16, 17; 23, 24, 29, 30, 31/jan. 05, 06, 07, 12, 13, 14, 26, 27, 28/fev. |

Os ambientes da habitação são dotados de ventilação natural por meio de portas, bandeiras sobre as esquadrias, janelas ou elementos vazados (cobogó). Os dois ambientes selecionados para o estudo, quarto com laje e sala, têm abertura por meio de janela em fachadas diferentes. O quarto com laje possui abertura direta com janela de madeira na fachada sul, com uma ventilação do tipo por admissão. Por sua vez, a sala tem abertura de janela de madeira na fachada norte. Observa-se o propósito de reforçar a ventilação da sala através das aberturas internas que interliga o quarto com laje e a sala, bem como a interligação da cozinha com a sala. A abertura de interligação entre o quarto com laje e a sala ocorreu por meio de esquadria tipo porta de madeira dotada de bandeira móvel situada na parte superior da porta, podendo essa bandeira ser aberta como uma espécie de duto de ventilação. Acrescenta-se que, a sala estudada também é dotada de ventilação cruzada, no sentido vertical de cima para baixo, ocorrendo através de sua ligação com o mezanino.

Os principais aspectos definidores na seleção destes ambientes, para este estudo, foram a importância como ambiente de permanência prolongada; abertura para captação e circulação de ar funcionando como ventilação com circulação por admissão ou exaustão; característica volumétrica, considerando a área e o pé-direito; característica de piso, parede e teto e a sua localização dentro da Eco Residência, observando a orientação solar com faces voltadas para as direções leste, oeste, norte ou sul.

De posse dos dados obtidos pelo datalogger as informações foram aplicadas nas equações dos índices térmicos DI, THI e WBGT e cujas variáveis são relacionadas na Tabela 2.

Tabela 2. Índices e variáveis correspondentes

| Índice | Desenvolvido/Utilizado por | Equações |
|--|----------------------------|---|
| Desconforto (DI) | Thom (1959) | $DI = 0,72 (t_{bu} + t_{bs}) + 40,6 (°C)$ |
| Temperatura e Umidade (THI) | Giles et al. (1990) | $THI = T_{ar} - 0,55 (1 - 0,01 UR) \cdot (T_{ar} - 14,5)$ |
| Temperatura de Bulbo Úmido e de Globo (WBGT) | Yaglou e Minardi (1957) | $WBGT = 0,7 t_{bu} + 0,3 t_{gn} (°C)$ |

Visto que o ambiente analisado não se encontrava habitado, para cálculo do Índice PMV e PPD foi utilizada uma simulação, que varia com o horário, conforme observa-se na Tabela 3.

Tabela 3. Valores das atividades e vestimentas e simulação para o cálculo do PMV/PPD

| Horário | Atividade ($W \cdot m^{-2}$) | Vestimenta (clo) |
|---------|----------------------------------|--|
| 0 às 6 | Deitado (46) | Camisa comprida, cuecão e calça grossa (0,716) |
| 6 às 22 | Em pé, atividade doméstica (116) | Cueca, camiseta, calça fina (0,40) |
| 22 às 0 | Deitado (46) | Camisa comprida, cuecão e calça grossa (0,716) |

Conforme Lyra (2007), o Voto Médio Estimado (PMV) permite avaliar o conforto térmico de um recinto fechado, prevendo a sensação térmica para qualquer combinação entre o nível de atividade de uma pessoa ($W \cdot m^{-2}$), a vestimenta (Clo) e quatro variáveis climáticas: temperatura do ar ($°C$), temperatura de globo ($°C$), velocidade do ar ($m \cdot s^{-1}$) e umidade relativa do ar (%).

De posse das variáveis climáticas de temperatura ($°C$), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s), como também considerando parâmetros individuais como vestimenta (clo) e atividade desempenhada ($W \cdot m^{-2}$), os índices foram calculados a partir do software Analysis BIO 1.5, desenvolvido pelo LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em edificações da Universidade Federal de Santa Catarina– UFSC, a partir da inserção dos dados.

Para análise do desempenho térmico da alvenaria externa foram estudados a temperatura superficial interna e externa da alvenaria do lado oeste da residência, parâmetros associados à inércia térmica como o amortecimento e atraso térmico, além da inversão térmica e amplitude. Foi procedida uma avaliação detalhada do comportamento das temperaturas superficiais das alvenarias externas (t_{s_ext} e t_{s_int}). Deve-se destacar que a sala em estudo é formada por quatro vãos de alvenaria, dois internos e dois externos. Dos vãos externos consta um, voltado para a orientação solar norte e o outro é voltado para o oeste. Os sensores de temperatura foram instalados na alvenaria voltada para a face oeste.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos por este trabalho para o Índice de Temperatura de Bulbo Úmido e de Globo são apresentados nos gráficos da Figura 5.

Analisando os resultados, observa-se que, as curvas de WBGT para os espaços avaliados, se enquadram no intervalo que indica que tais ambientes são adequados à execução de atividades pesadas e com trabalho contínuo sem grandes prejuízos à produtividade e à saúde do trabalhador, uma vez que, os dados obtidos para os índices não ultrapassam o valor de $25°C$ nos dois ambientes estudados. Baseado neste índice, e considerando que, o estudo destina-se ao uso residencial, na qual das 7 às 19 h devem predominar o trabalho doméstico e as atividades sedentárias, cujas taxas metabólicas estimadas variam em $116 W \cdot m^{-2}$ (trabalho doméstico, em pé), é possível presumir que, os ambientes térmicos da casa são caracterizados como toleráveis.

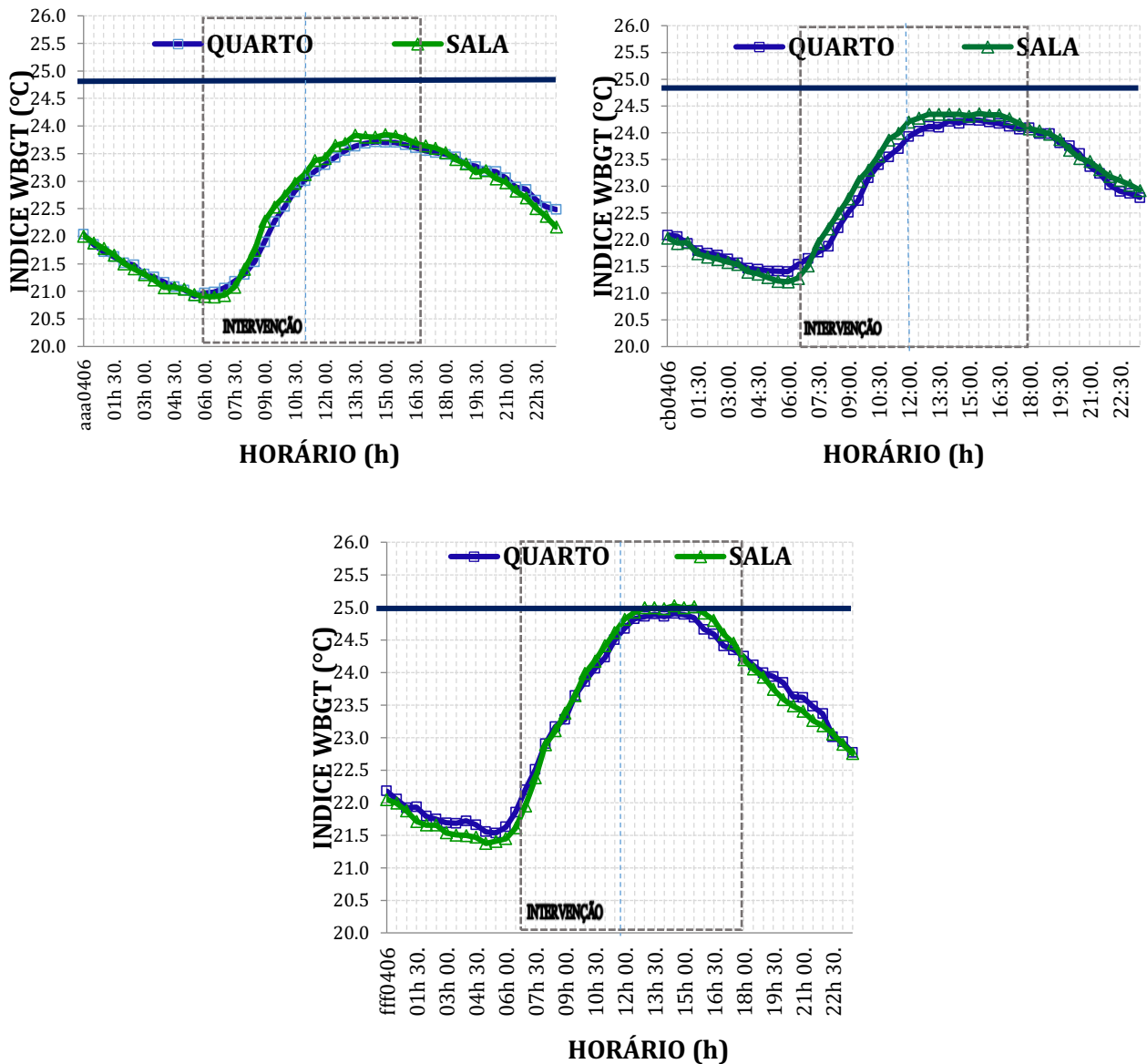


Figura 5. Curvas do Índice WBGT por hora para os ambientes quarto e sala: (a) bandeira e janela abertas; (b) janela fechada e bandeira aberta; (c) janela e bandeira fechadas.

Em experimento realizado em uma unidade habitacional com tipologia semelhante à usada neste trabalho, Cunha (2013) registrou WBGT mínimo de 19,7°C e máximo de 22,5 °C, concluindo que, ao se considerar os padrões de ventilação estabelecidos, os ambientes avaliados são toleráveis à realização de atividades com taxa metabólica acima de 200 W.m⁻², em regime intermitente de trabalho, sem prejuízos à saúde e à produtividade humana. Assim, uma comparação detalhada entre as duas pesquisas aponta para adequabilidade do modelo habitacional tanto para o período de inverno como na estação de verão, considerando que as pesquisas foram executadas em cidades distintas, mas em região semiárida.

As curvas do Índice de desconforto para os três ambientes são apresentadas na Figura 6.

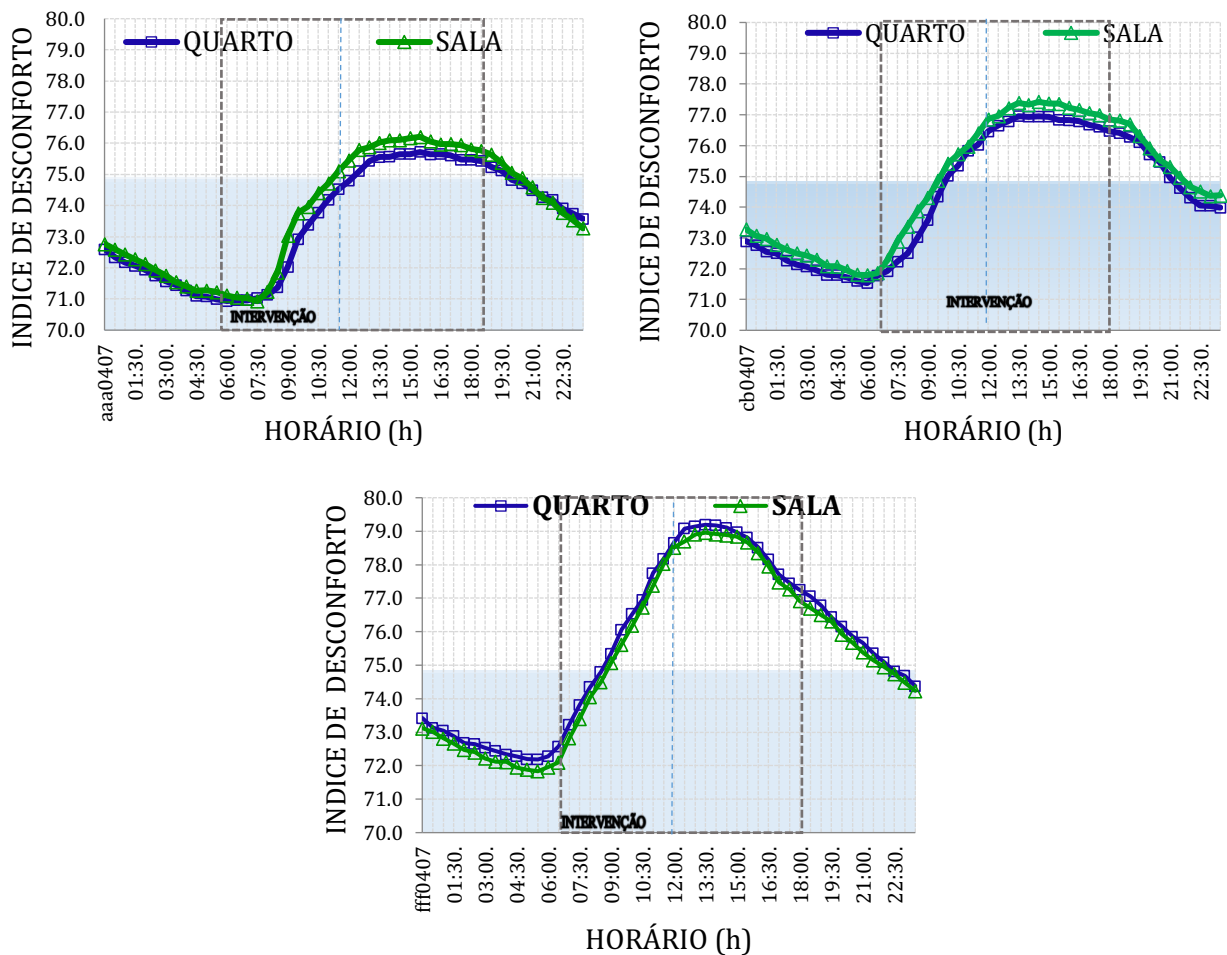


Figura 6. Curvas do Índice de desconforto para os ambientes quarto, sala e mezanino: (a) bandeira e janela abertas; (b) da janela fechada e bandeira aberta; (c) janela e bandeira fechadas.

Observa-se pela Figura 6 que, o DI não atingiu a faixa de desconforto generalizado. Durante o tratamento Bandeira e Janela abertos, a casa apresenta comportamento térmico favorável com valor de DI variando entre 71 e 76,5°C, para a sala. Observa-se que o índice indicou que os ambientes foram caracterizados como de “satisfação para a maioria” em todo o turno da manhã e para todos os ambientes. Para o turno da tarde observou-se “satisfação para a minoria”. Observa-se o comportamento das médias horárias considerando do período de intervenção das 7 às 18 h para os mais diferentes tipos de tratamentos. A área destacada na cor azul, é classificada como Zona em que, a maioria das pessoas estão satisfeitas termicamente.

Para este índice, Cunha (2013), encontrou o Índice de Desconforto (DI) variando entre 69,9 e 73,8°C, concluindo que, os ambientes avaliados foram considerados confortáveis pela maioria dos usuários durante todo o período de intervenção, independente do tratamento utilizado.

Considerando o estudo de avaliação pelo Índice de Temperatura e Umidade (THI), tem-se uma escala simétrica composta por uma faixa central que se trata da “faixa confortável”, oscilando entre 22 e 25°C. Na proporção em que os valores do índice reduzem, a caracterização do desconforto proveniente pelo frio se acentua. Desta forma, o ambiente se encontra na classe “ligeiramente frio”, “frio moderado”, “frio” e “muito frio”, uma vez localizado, respectivamente, nas faixas constituídas no limite de 22 a 19°C, 19 a 16°C, 16 a 13°C, e menor que 13°C (FANGER, 1972).

Com os valores acima da faixa central, constatou-se um desconforto em razão da situação quente. Neste caso, o ambiente pode ser considerado ligeiramente quente, quente moderado, quente ou muito quente, se estiver nas faixas definidas, respectivamente, entre 25 a 28°C, 28 a 31°C, 31 a 34°C e maior que 34°C.

Na Figura 7 observa-se a variação do Índice de Temperatura e Umidade (THI) obtida por este trabalho.

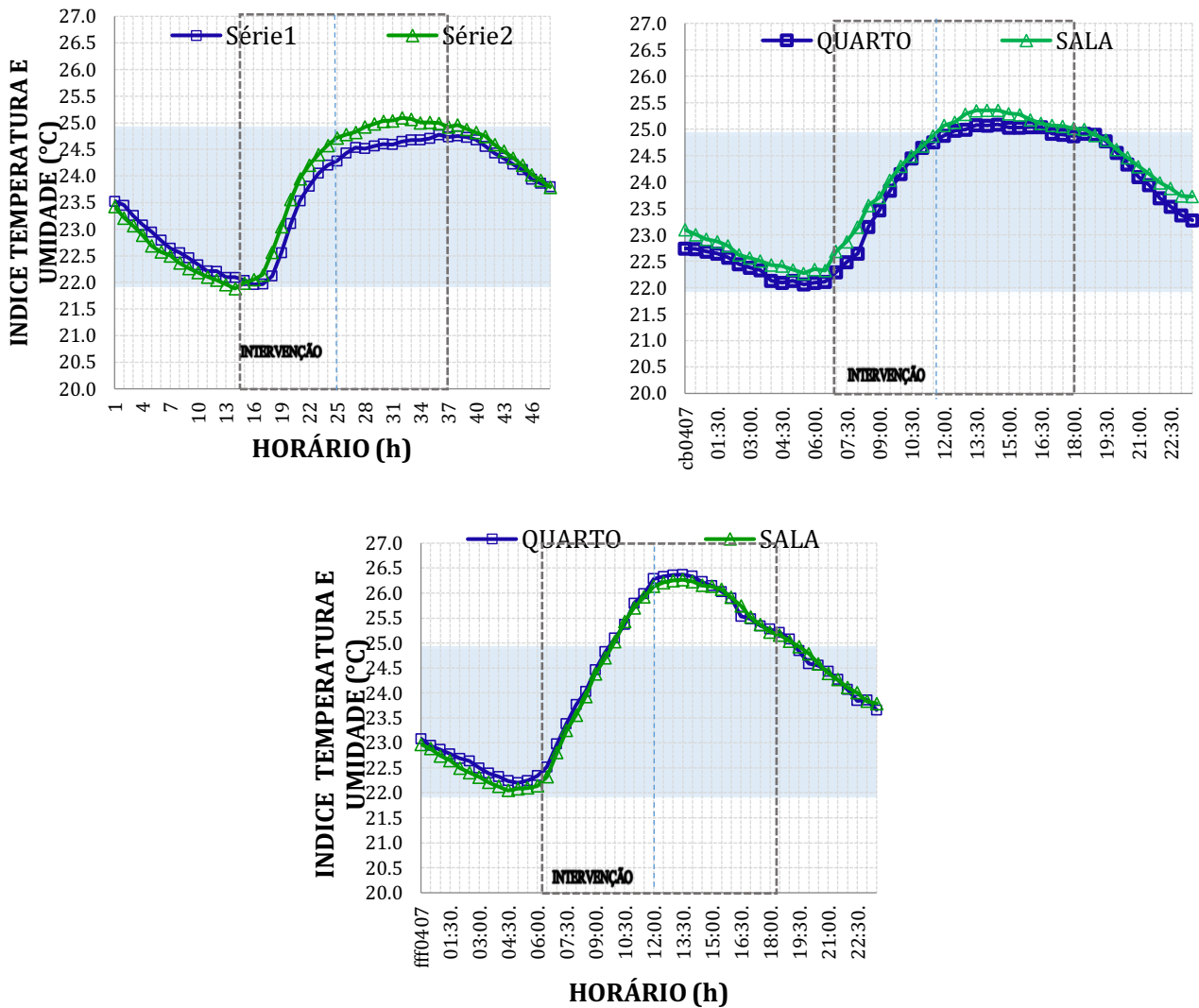


Figura 7. Curvas de THI do quarto, sala e mezanino para (a) bandeira e janela abertas; (b) bandeira aberta e janela fechada; (c) para bandeira e janela fechadas.

Observa-se o comportamento das médias horárias, considerando-se o período de intervenção das 7 às 18 h para os três diferentes tipos de tratamentos. Para o tratamento Bandeira e Janela fechadas, verifica-se que, as curvas do THI para a sala apresentam os maiores índices para este tratamento atingindo o valor máximo de 26,35°C, por volta das 13:30 h. As áreas que se encontram destacadas na cor azul, são classificadas como zona em que, as pessoas estão satisfeitas termicamente e engloba a faixa confortável.

A pesquisa realizada por Cunha (2013), para avaliação do conforto térmico de habitação construída em Campina Grande, e cuja tipologia é assemelhada à habitação estudada no presente trabalho, o autor observou que, segundo o THI, a sala e o mezanino são caracterizados como desconfortáveis por frio, quando da realização de atividades consideradas leves por pessoas vestidas com roupas normais de trabalho.

As curvas de PMV e PPD, para todos os tratamentos, na simulação descrita, são apresentadas na Figura 8. O trecho destacado, consta de zona em que, as pessoas se sentem em situação termicamente satisfeitas.

Pelos resultados dos gráficos de PMV da simulação (Figura 8), observa-se que, demonstram coerência quando comparados com a distribuição de temperatura ao longo do dia para os ambientes analisados.

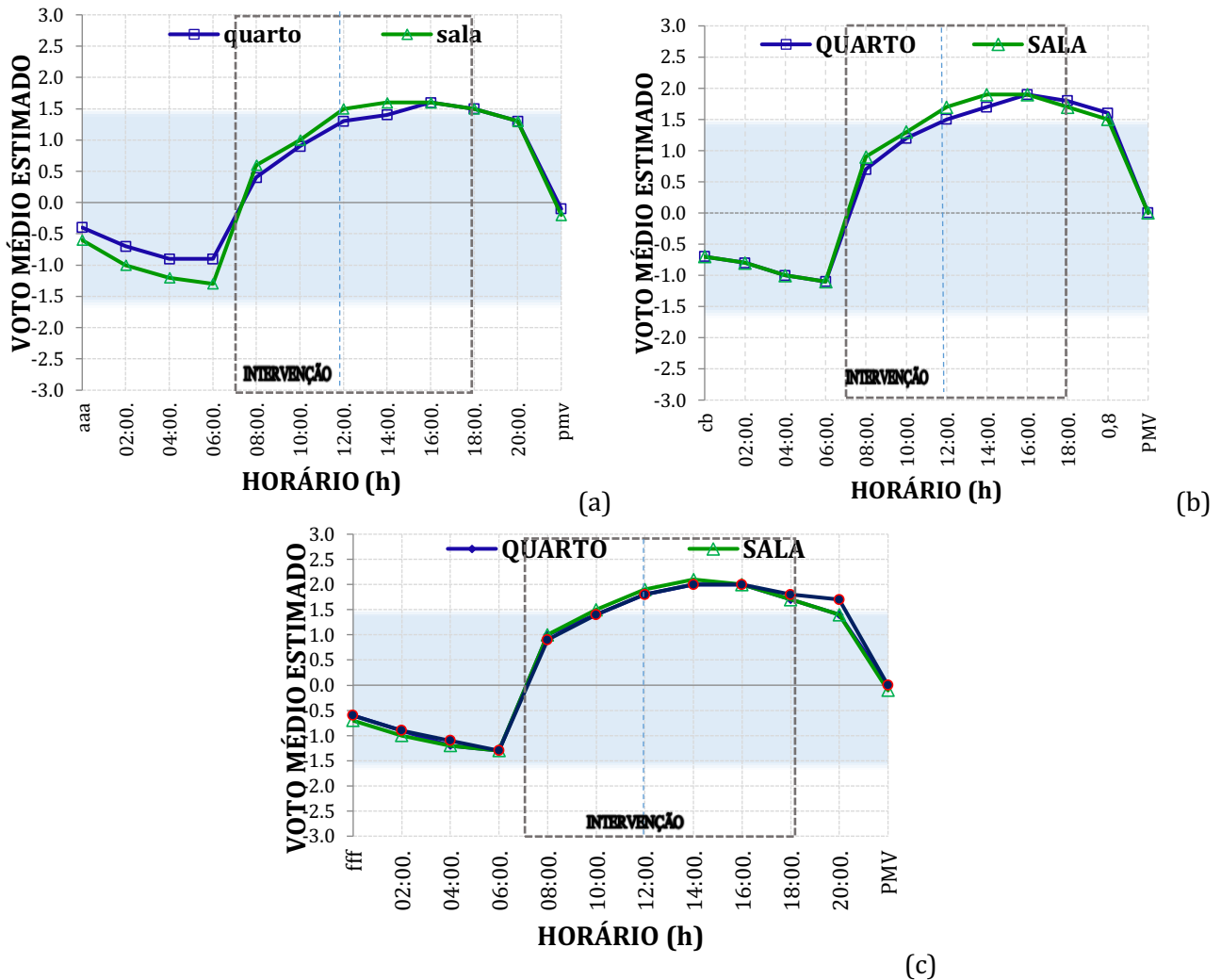


Figura 8. Curvas de PMV do quarto e sala para (a) bandeira e janela abertas; (b) bandeira aberta e janela fechada; (c) bandeira e janela fechadas.

Os maiores valores para os dois índices, que classificam os recintos com algum grau de desconforto por temperatura elevada, ocorrem no período vespertino, precisamente no intervalo compreendido entre 14 e 16 h. Estes resultados coincidem com as temperaturas máximas dos ambientes estudados, que acontecem nesse mesmo período. Da mesma forma, o maior desconforto pelo frio acontece pela manhã, entre as 4 e 6 h, horário da temperatura mínima registrada nos recintos. O mínimo para o PMV observado, oscilou na faixa entre -1,0 e -1,3, enquanto o PPD correspondente, ficou na ordem de 22 a 35%.

A situação mais desfavorável envolvendo os dois ambientes, foi quando todas as aberturas de ventilação estavam fechadas. No período vespertino, mais precisamente às 14 h, a sala pode ser considerada como o ambiente mais quente, chegando a apresentar um PMV máximo de 2,1 e PPD correspondente de 82,9%. Em seguida o quarto, ambos com PMV máximo de 2 e PPD 80,6%.

Em relação ao período matutino, constata-se um maior conforto térmico, visto que, na maioria dos casos, os ambientes não ultrapassam a zona ligeiramente quente antes das 10 h. Neste período, os maiores valores para o índice encontrados para a sala e para o quarto foram observados nos tratamentos que incluem o fechamento da janela. Por outro lado, os melhores resultados para o quarto e a sala podem ser observados quando as janelas estavam abertas.

Deve-se destacar que Cunha (2013) realizou pesquisa semelhante em unidade habitacional com a mesma tipologia e concluiu que, de maneira geral, a caracterização dos ambientes estudados em função de PMV e PPD no período de inverno, entre 8:00 h e 17:00 h, permite afirmar que, pessoas sentadas e relaxadas ($M=1\text{met}$) quando expostas à maior ventilação (janelas e bandeiras abertas), percebem o ambiente térmico da sala como ligeiramente frio, e do mezanino como neutro, podendo sentir leve desconforto por calor nos horários entre 10:00 h e 14:00 h.

As curvas geradas para ts_{ext} e ts_{int} , para o ambiente da sala, no seu invólucro voltadas para o Oeste, são apresentadas na Figura 9.

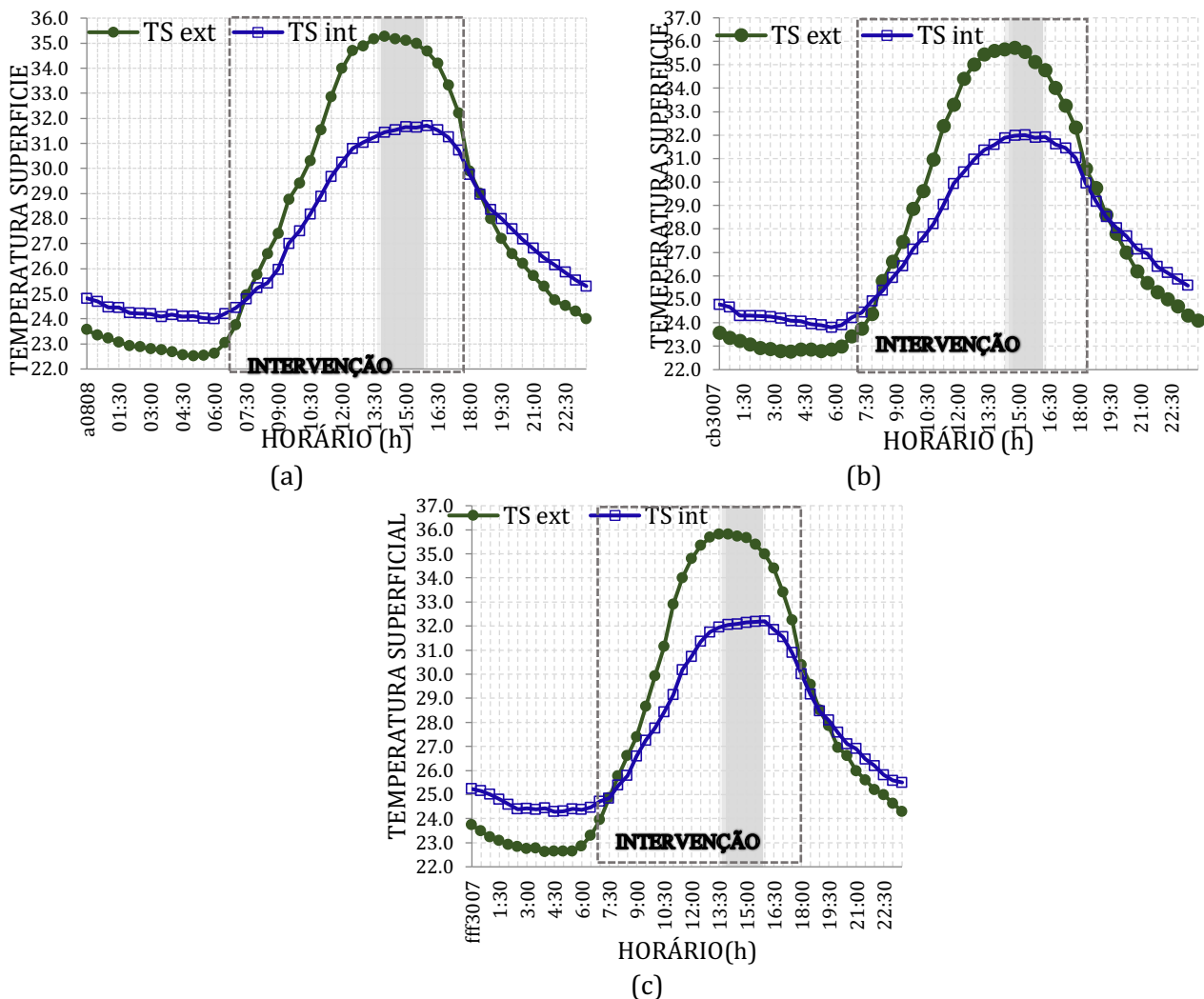


Figura 9. Gráfico da temperatura superficial parede Oeste: (a) janela e bandeira abertas; (b) janela fechada e bandeira aberta; (c) janela e bandeira fechadas.

Analisando o tratamento que gera a situação mais adversa, ou seja, janela e bandeira fechadas, observa-se que, a temperatura da superfície externa da Eco Residência começou a elevar-se após o nascer do sol, atingindo o máximo às 13 h e decrescendo acentuadamente depois. A alvenaria externa voltada para o oeste, registrou a temperatura superficial externa no valor máximo de 36°C. Ocorreu que, a incidência do sol sobre os envoltórios externos das edificações representa, em maior ou menor escala, um ganho de energia térmica, diretamente relacionada com a intensidade da radiação solar incidente e das características térmicas dos materiais. Observa-se, também, a transferência de energia por convecção externa transportada pelo ar e irradiação refletida pelo solo.

O atraso térmico observado nos gráficos concernentes à temperatura superficial da parede Oeste, apontam para um retardo de 2h30 min. Observa-se que, apesar das temperaturas externa e interna, em determinado momento ter apresentado uma diferença específica, o fluxo de energia térmica, decorrente dessa diferença de temperatura, só se expressou mais tarde, caracterizando o fenômeno denominado atraso térmico. À luz da termodinâmica compreende-se que esse tempo de atraso é tanto maior quanto menor for a difusividade térmica do material que constitui a parede (LAMBERTS, 2014).

O atraso na onda de calor faz com que a energia térmica incida no ambiente interno a partir do final da tarde, fazendo com que a temperatura superficial interna se torne maior que a externa e invertendo, conseqüentemente, o sentido do fluxo de calor (LAMBERTS, 2007).

O amortecimento, diferença da média temperatura máxima da face externa da alvenaria e a média da temperatura da máxima da face interna da parede, foi de 3,72°C. Neste caso, salienta-se a importância da utilização de componentes construtivos com elevada inércia térmica, o que permite

umentar a diferença das temperaturas máximas da face externa em relação à face interna da envoltória. Assim, os picos de temperatura verificados externamente são menos transmitidos para a face interna da alvenaria, o que é particularmente relevante em clima quente e seco, em que a temperatura alcança valor muito alto, no decorrer do dia e baixo durante a noite.

A amplitude térmica da temperatura superficial externa, considerando a média máxima ocorrida entre as 13 h, e a média mínima ocorrida entre as 3h30min, consta de 13,4°C.

Os horários nos quais se verifica a inversão apresentam algumas diferenças, sendo que a temperatura superficial externa superou a interna por volta das 7 h. Por outro lado, a média da temperatura superficial interna ultrapassa a média da temperatura superficial externa em horários que variam das 18 às 19 h, aproximadamente.

O desempenho térmico da alvenaria oeste da Eco Residência rural, guarda um estreito alinhamento com os mecanismos de transferência de energia térmica. Os mecanismos de transferência (convecção, condução, radiação, irradiação refletida, bem como a emissão) atuaram no balanço energético do envoltório da habitação.

Ocorreram fortes alterações no comportamento das temperaturas superficiais das alvenarias externas (t_{s_ext}). Tais alterações são explicadas em razão da incidência direta dos raios solares, da radiação refletida pelos elementos do entorno (neste caso, pelo terreno) e pela convecção da temperatura do ar exterior. Em virtude disto, é de grande relevância as características de absorvidade e o grau de sombreamento de sua face externa.

Para minimizar o problema da alta temperatura superficial externa, observa-se que se deve inserir elementos que possam proteger as alvenarias externas da habitação. Sugeriu aspectos como grandes beirais, brisas verticais e horizontais, arborização, dentre outros, para reduzir a incidência direta do sol, diminuindo a transferência de energia térmica por radiação.

A amplitude térmica da temperatura superficial externa reforça o fato de que a incidência solar é uma das mais relevantes matrizes de energia térmica e sua incidência sobre o invólucro externo da habitação provoca ganho de energia. Durante o turno da manhã e da tarde e em razão dessa radiação solar, tal como em razão da convecção externa e da emissão dos elementos no entorno, a temperatura superficial na face externa da envoltória é mais elevada que a interna. Por outro lado, no turno da noite ocorre redução da temperatura do ar externo e da face externa da parede, em razão da ausência da incidência da radiação solar.

O estudo aponta para o fato de que, a residência oferece conforto ambiental na maior parte do dia apresentando ligeiro desconforto devido à temperatura quente, em parte do turno vespertino e atesta a contribuição da ventilação natural para o conforto térmico interno. Para minimizar o problema de desconforto térmico no turno da tarde, sugere-se a plantação de árvores na área circundante à habitação.

Os dados coletados e analisados neste trabalho podem contribuir na discussão sobre a problemática da qualidade ambiental das moradias construídas no Brasil, bem numa análise mais aprofundadas para a necessidade da regionalização das tipologias das edificações rurais.

Conclusão

Por este trabalho pôde-se concluir que, de acordo com os Índices relacionados apenas com as variáveis climáticas, para o WBGT, todos os ambientes foram classificados como toleráveis à realização de atividades pesadas e em trabalho contínuo, sem grandes prejuízos à saúde e à produtividade humana.

Para o Índice de Desconforto (DI), concluiu-se que, o ambiente sala é caracterizado como termicamente confortável durante o turno matutino. No entanto, deve-se adotar medidas para melhorar o conforto da habitação no turno da tarde, e que em nenhuma situação ocorreu classificação de ambiente com desconforto generalizado.

Os ambientes da sala e quarto com laje foram caracterizados, segundo DI, como termicamente confortáveis durante o turno matutino. No entanto, concluiu-se a necessidade de adotar medidas para melhorar o conforto da habitação no turno da tarde.

Quanto ao Índice de Temperatura e Umidade (THI), a sala pôde ser classificada como confortável termicamente ao longo de todo o dia.

Considerando os índices de conforto térmico que associam variáveis climáticas com parâmetros individuais, o procedimento baseado em uma avaliação fundamentada pelos índices PMV e PPD caracterizou os ambientes estudados no período de verão e no horário vespertino, permitindo afirmar que, as pessoas percebam o ambiente térmico da sala e do quarto com laje como “ligeiramente quente”,

mesmo quando expostas a maior ventilação (janelas e bandeiras abertas). Por outro lado, no horário matutino, antes das 7 h, os ambientes foram classificados termicamente como “ligeiramente frios”, mesmo quando todas as janelas e bandeiras encontravam-se fechadas. Os resultados mostraram que o conforto ótimo é atingido em torno de 8 h, para todos os ambientes estudados.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.220. Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- BARACUHY, J. G. de V. Manejo integrado de microbacias no semiárido nordestino: estudo de um caso. Campina Grande. 221f. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba. 2001.
- BRASIL. CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Projeto cadastro de Fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Cabaceiras, Estado da Paraíba. Org. MASCARENHAS, J. DE C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JUNIOR, L. C. DE; MORAIS, F. DE; MENDES, V. ALMEIDA; FORTUNATO DE MIRANDA, J. L. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- CHRISTMANN, S. S.; BITELEBRON, A. F. F.; NOGUEIRA, B. T. M. V. Estudo da ventilação natural em uma edificação residencial. *Revista Gestão e Desenvolvimento em Contexto*, v.3, n.1, p.13-24, 2015.
- FERREIRA, A. C.; TRAVASSOS, K. D.; MEDEIROS, J. X. DE; LIMA, V. L. A. DE; RACHED, S. A.; BARACUHY, J. G. V.; CASTRO, S. F. Eco Residência com sustentabilidade no sertão paraibano. *Revista Educação Agrícola Superior*. v.22, n.1, p.23-32, 2007.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. Manual do conforto térmico. 8.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2009. 243p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html>>. Acesso em 05 out 2018.
- LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. DE P.; GOULART, S.; VECCHI, R. Conforto e stress térmico. Apostila da disciplina ECV 4200: Conforto Ambiental. Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2014. 139p.
- LAMBERTS R. Desempenho Térmico de Edificações. 5ª Ed. Florianópolis. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. 182p.
- LYRA, D. S. F. M. Aplicabilidade de índices de conforto térmico: um estudo de caso em Salvador – BA. 132f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia. 2007.
- MEDEIROS, R. M.; BRITO, J. I. B.; BORGES, C. K. Análise hidroclimático do município de Cabaceiras, PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.5, p.1174-1190, 2012.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos. *Revista Ambiente Construído*, v.7, n.3, p.43-58, 2007.
- NOGUEIRA, M. C. DE J. A.; DURANTE, L. C.; NOGUEIRA, J. DE S. Conforto térmico na escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso. *Revista Eletrônica Mestrado Educação Ambiental*, v.14, p.37-49, 2005.
- NOGUEIRA, C. E. C.; SIQUEIRA, J. A. C.; SOUZA, N. M. DE; NIEDZIALKOSKI, R. K.; PRADO, N. V. Avaliação do conforto térmico nas residências convencional e inovadora do “Projeto CASA”, UNIOESTE, Campus de Cascavel. *Revista Acta Scientiarum Technology*, v.34, n.1, p.3-7, 2012.
- OLIVEIRA, L. M. F. de; YANAGI JUNIOR, T.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L. G. de; SILVA, M. P. da. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. *Revista Engenharia Agrícola*, v.26, n.3, p.1-11, 2006.
- PAPST, A. L. Uso de inércia térmica no clima subtropical estudo de caso em Florianópolis – SC. 165f. Mestrado (Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.
- PEREIRA, R. R.; SOUZA, A. O. O discurso da estiagem como fator limitante ao crescimento econômico: um estudo de caso da cidade de Cabaceiras – PB. *Revista Geonorte, Edição Especial 3*, v.7, n.1, p.503-519, 2013.
- PERSSON, J. G. Análise comparativa dos planos de DRS, Desenvolvimento Regional Sustentável- na cadeia de leite da regional do BB em Passo Fundo-RS. Porto Alegre. 41f. Especialização. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2009.
- PINTO, V. L. R. Reabilitação integrada de um edifício visando a melhoria da qualidade do ambiente interior. 148f. Dissertação (Mestrado). Universidade do Minho. Portugal, 2014.
- ROCHA, V. DE P. T.; BARACUHY, J. G. DE V.; FURTADO, D. A.; FRANCISCO, P. R. M. Eco Residência Rural. In: BARACUHY, J. G. DE V.; FURTADO, D. A.; FRANCISCO, P. R. M. Unidade de Tecnologias Integradas para Conservação de Recursos Hídricos. Campina Grande: EPGRAF 2015. Cap.11, p.103-107.

- ROCHA, V. P. T. Análise do conforto térmico de eco residência edificada no semiárido paraibano. 168f. Dissertação (Mestrado) Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande. 2016.
- ROCHA, V. P. T.; FARIAS, E. E. V.; ROCHA, P. I. O.; FARIAS, V. S. O. Residência rural ecológica edificada no Semiárido brasileiro utilizando tijolo solo-cimento. Revista Espacios, v.38, n.17, p.16-23, 2017.
- RUAS, A. C. Conforto térmico nos ambientes de trabalho. Editora FUNDACENTRO. 1999. 79p.
- SANTOS, R. L.; ANDRADE, H. O. Avaliação quantitativa do conforto térmico de uma cidade em área de transição climática: Feira de Santana-Bahia, Brasil. Revista Geografia Norte Grande, v.1, n.40, p.77-84, 2008.
- SOUZA, A. DE; FERNANDES, W. A.; PAVÃO, H. G.; LASTORIA, G.; ALBREZ, E. DO A. Potenciais impactos da variabilidade climática sobre a morbidade respiratória em crianças, lactentes e adultos. Jornal Brasileiro de Pneumologia, v.38, n.6, p.708-715, 2012.
- VIEIRA, C. C. Conforto térmico e iluminação natural no edifício administrativo da escola de Engenharia de São Carlos. 187f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE ESGOTAMENTO SANITÁRIO, IDH E MORTALIDADE INFANTIL NO ESTADO DO PARÁ

Davi Farias da Silva¹
Gustavo Gutemberg Gonçalves da Costa²
Maria do Socorro Bezerra Lopes³
David Franco Lopes⁴
Márcia Valéria Porto de Oliveira Cunha⁵

¹Engenheiro Ambiental pela UFRA, Técnico em Saneamento pelo IFPA, davifarias.rug@gmail.com

²Engenheiro Sanitarista e Ambiental pela UNAMA, Técnico em Saneamento pelo IFPA, gutemberggustavo@hotmail.com

³Mestre em Engenharia Química pela UFPA, Especialista em Eng. Ambiental pela UEPA, soclopes@gmail.com

⁴Mestre em Engenharia Química pela UFPA, david_lopes@bol.com.br

⁵Doutora em Geologia e Geoquímica pela UFPA, mv_cunha@yahoo.com.br

Introdução

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define como saneamento do meio o controle de todos os fatores do meio físico do homem que exercem ou podem exercer efeito deletério sobre o seu bem-estar físico, mental e social (PHILIPPI JR., 1988 apud PHILIPPI JR. & MALHEIROS, 2005). Várias são as atividades que compõe o saneamento do meio, todavia, a lei 11.445 de 2007, ou Política Nacional do Saneamento Básico, definiu quatro destes serviços como básicos para a população, sendo estes: (a) abastecimento de água potável; (b) esgotamento sanitário; (c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e (d) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização das respectivas redes urbanas.

Para Teixeira e Guilhermino (2006) apud Rodrigues et al. (2017), estes serviços promovem o avanço da qualidade de vida e trazem um reflexo positivo na saúde pública, como a diminuição da mortalidade infantil e a redução de doenças. Desta forma, percebe-se que a promoção da saúde pública vai além dos conhecimentos do campo da medicina, mas necessita de outros campos do conhecimento, como a engenharia, biologia, sociologia, direito, entre outros (PHILIPPI JR., 1988 apud PHILIPPI JR. & MALHEIROS, 2005).

Por promover a saúde e a prevenção de doenças, os investimentos nos serviços de saneamento auxiliam na diminuição dos gastos públicos com a saúde, além de ter impacto sobre a capacidade produtiva de cada indivíduo e o desenvolvimento da região (LEAL, 2012 apud SILVA & ESPERIDIÃO, 2017).

A lei 11.445/2007 possui como um de seus princípios a universalização do acesso dessas infraestruturas, como descrito no art. 2º. Todavia, nota-se que mesmo após mais de uma década do lançamento desta lei, nem todas as localidades do território nacional contemplam com o saneamento básico. Embora não esteja universalizada, o atendimento dos serviços de abastecimento de água pode ser considerado abrangente. O mesmo não se observa na coleta de esgoto, que ainda se encontra em uma situação bastante deficiente, tanto no que diz a respeito à sua coleta como ao seu tratamento (FERREIRA & GARCIA, 2017).

Um dos principais fatores limitantes à universalização dos serviços do saneamento básico está no alto investimento financeiro necessário para ampliar estes serviços a toda população. Para o período de 2014 a 2033, estimou-se que o custo para universalizar o acesso aos quatro serviços do saneamento básico (água, esgoto, resíduos e drenagem) é de R\$ 503 bilhões, enquanto o valor para universalizar apenas os serviços de água e esgoto dentro deste período de 20 anos é de R\$ 303 bilhões (TRATA BRASIL, 2018).

Outra dificuldade encontrada nos serviços do saneamento básico, conforme Aragão (2017), é o crescimento populacional desordenado que dificulta a realização de um serviço que historicamente é deficiente. Segundo palavras do autor, este é um dos principais problemas de grande parte das capitais brasileiras:

O planejamento urbano ineficiente, aliado a um crescimento desordenado contribuem para que as provisões de serviços primordiais como os sistemas de abastecimento e

esgotamento sanitário caminham lentamente. A busca por mais espaço e moradia levou a população a residir em áreas de precária urbanização e expandindo em forma horizontal, espalhando a cidade para o meio da floresta o que gera dificuldade em levar serviços essenciais como o saneamento a população mais afastada. A ampliação desordenada do espaço urbano promove a busca pela moradia em áreas insalubres, como nas beiras de igarapés, em áreas de deslizamentos, de inundações, entre outros que ponham em risco à saúde humana e a vida.

Turolla (2014) apud Silva e Espiridião (2017), afirmam que:

O déficit em saneamento atinge em maior grau as regiões menos desenvolvidas, atrasando-as em seu processo de desenvolvimento. Os maiores índices de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequado, bem como os maiores índices de mortalidade infantil, estão localizados nas regiões em que há menor Índice de Desenvolvimento Humano, ou seja, aquelas regiões em que há menor nível de escolaridade, renda e acesso aos serviços de saúde.

Quanto aos dados estatísticos, segundo o Instituto Trata Brasil (2018), apenas 83,3% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, enquanto apenas 51,92% da população tem acesso a rede de esgoto. A Região Norte é aquela que apresenta menor atendimento: apenas 55,37% da população possuem abastecimento de água, porém a estatística mais alarmante encontra-se na coleta de esgoto, onde apenas 10,45% usufruem deste serviço.

Este trabalho tem por objetivo analisar a relação entre o esgotamento sanitário adequado com o índice de desenvolvimento humano e a mortalidade infantil e sua influência no Estado do Pará.

Material e Métodos

A área de estudo é o Estado do Pará e inserido na Região Norte do território nacional. Em 2010, o Estado continha 143 municípios passando posteriormente para 144 no ano de 2013 com a emancipação do município Mojuí dos Campos. Desta forma, este é o único município cujos dados não constam em nenhuma das variáveis apresentadas no presente trabalho.

O estudo trata de uma pesquisa exploratória de caráter quali-quantitativo, realizado por meio de análise de dados do esgotamento sanitário, índice de desenvolvimento humano e mortalidade infantil, segundo informações do Censo Demográfico realizado em 2010 e foi obtido na plataforma IBGE-Cidades (IBGE, 2018) proveniente do Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizada no ano de 2010. Elaborou-se mapas de distribuição espacial dos dados para cada variável estudada como de esgotamento sanitário, do IDH e da mortalidade infantil. A elaboração dos mapas se deu utilizando o software de geoprocessamento ArcGIS, versão 10.5, no Laboratório de Geoprocessamento (LABGEO) da Universidade Federal Rural da Amazônia.

Para analisar a relação entre o esgotamento sanitário adequado com o índice de desenvolvimento humano e a mortalidade infantil e sua influência definiu-se:

1. Esgotamento sanitário adequado (ESA): é a percentagem da população que dispõe de um sistema de esgoto sanitário em seu domicílio adequado para o tratamento dos efluentes gerados, não sendo, necessariamente, um sistema de coleta e tratamento convencional utilizado pelas companhias de esgoto sanitário (FREITAS, BRILHANTE & ALMEIDA, 2001);
2. Índice de desenvolvimento humano (IDH): é um indicador comparativo, calculado a partir de dados de expectativa ao nascer, educação e produto interno bruto per capita (PNUD, 2012 apud DAWALIBI et al, 2014).
3. Mortalidade infantil (MI): é um indicador de qualidade de vida e de desenvolvimento. Representa quantas crianças com até um ano de idade não irão sobreviver a cada mil crianças vivas (SILVA & ESPIRIDIÃO, 2017).

Em seguida, foram tabulados e classificados o IDH dos municípios paraenses utilizando a metodologia de Crispim et al. (2016), de acordo com a faixa de valores apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do IDH

| Classificação | IDH |
|---------------|---------------|
| Muito Baixo | 0 a 0,499 |
| Baixo | 0,500 a 0,599 |
| Médio | 0,600 a 0,699 |
| Alto | 0,700 a 0,799 |
| Muito Alto | 0,800 a 1,0 |

Fonte: Adaptado de Crispim et al. (2016).

Após, utilizando planilha eletrônica, foi correlacionado o esgotamento sanitário e IDH, e; esgotamento sanitário e mortalidade infantil. Para isto, foram elaborados gráficos de dispersão da correlação linear entre as duas variáveis.

Buscando saber como o esgotamento sanitário implicava na mortalidade infantil, seus dados foram colocados como a variável independente (eixo das abscissas), enquanto a MI foi escolhida para ser a variável dependente (eixo das ordenadas). Esta análise possibilitou ver se os valores baixos de ESA resultavam em valores altos de MI, bem como valores altos de ESA influenciavam menores índices de MI. Da mesma forma, procurando saber como o esgotamento sanitário implicava na mortalidade infantil, seus dados foram colocados como a variável independente (eixo das abscissas), enquanto a MI foi escolhida para ser a variável dependente (eixo das ordenadas), possibilitando ver se os valores baixos de ESA resultavam em valores altos de MI, bem como valores altos de %ESA influenciavam menores índices de MI.

Resultados e Discussão

Comparação dos Dados Secundários

Em relação ao esgotamento sanitário adequado, observa-se que os valores para o Estado do Pará se mostram críticos. O mapa da Figura 1 demonstra em qual faixa percentual de atendimento do serviço cada município paraense encontrava-se em 2010.

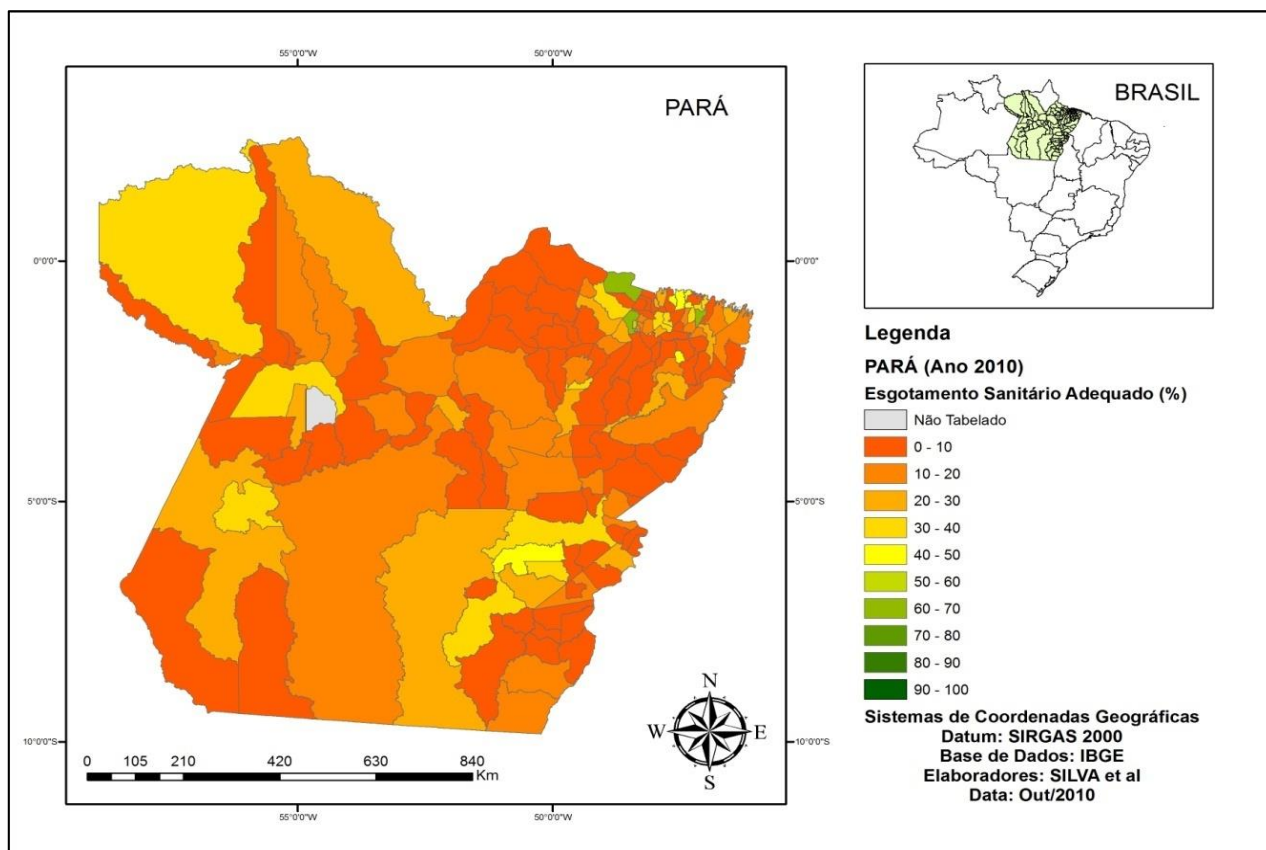


Figura 1. Percentual de população atendida com esgotamento sanitário adequado em cada município, segundo dados do censo de 2010. Fonte: Adaptado de IBGE Cidades (2018).

A média dos 143 municípios paraenses foi de aproximadamente 14,84% de Esgotamento Sanitário Adequado, do qual 76 possuem valores menores ou iguais a 10%; 42 municípios constam com um percentual entre 10 e 25%; 22 municípios entre 25 e 50% e; apenas quatro municípios possuem esgotamento sanitário adequado abrangendo mais da metade da população, sendo o maior valor para a capital paraense, Belém, com o valor de 67,9%. Enquanto isto, o município de Palestina do Pará apresenta maior criticidade, com valor de apenas 0,3%. A Tabela 2 observa-se as dez cidades com os melhores percentuais de esgotamento sanitário adequado, bem como as dez que apresentaram as piores.

Tabela 2. As 10 melhores e as 10 piores percentuais de esgotamento sanitário do Estado do Pará

| Melhores | | | Piores | | |
|----------|------------------|---------|---------|----------------------|---------|
| Posição | Municípios | ESA (%) | Posição | Municípios | ESA (%) |
| 1º | Belém | 67,9 | 134º | Floresta do Araguaia | 1,4 |
| 2º | Soure | 64,6 | 135º | Novo Progresso | 1,4 |
| 3º | Capanema | 63,7 | 136º | Placas | 1,4 |
| 4º | Ananindeua | 55,1 | 137º | Trairão | 1,4 |
| 5º | Magalhães Barata | 48,6 | 138º | Curuá | 1,1 |
| 6º | Salinópolis | 47,8 | 139º | Pau D'Arco | 1,1 |
| 7º | Parauapebas | 45,7 | 140º | Garrafão do Norte | 1 |
| 8º | Santarém Novo | 43,2 | 141º | Tracuateua | 0,8 |
| 9º | Maracanã | 41,5 | 142º | Terra Alta | 0,7 |
| 10º | Mãe do Rio | 41,1 | 143º | Palestina do Pará | 0,3 |

Fonte: Adaptado de IBGE Cidades (2018).

Com relação ao IDH, obtido por este trabalho, observa-se os valores distribuídos de acordo como Figura 2.

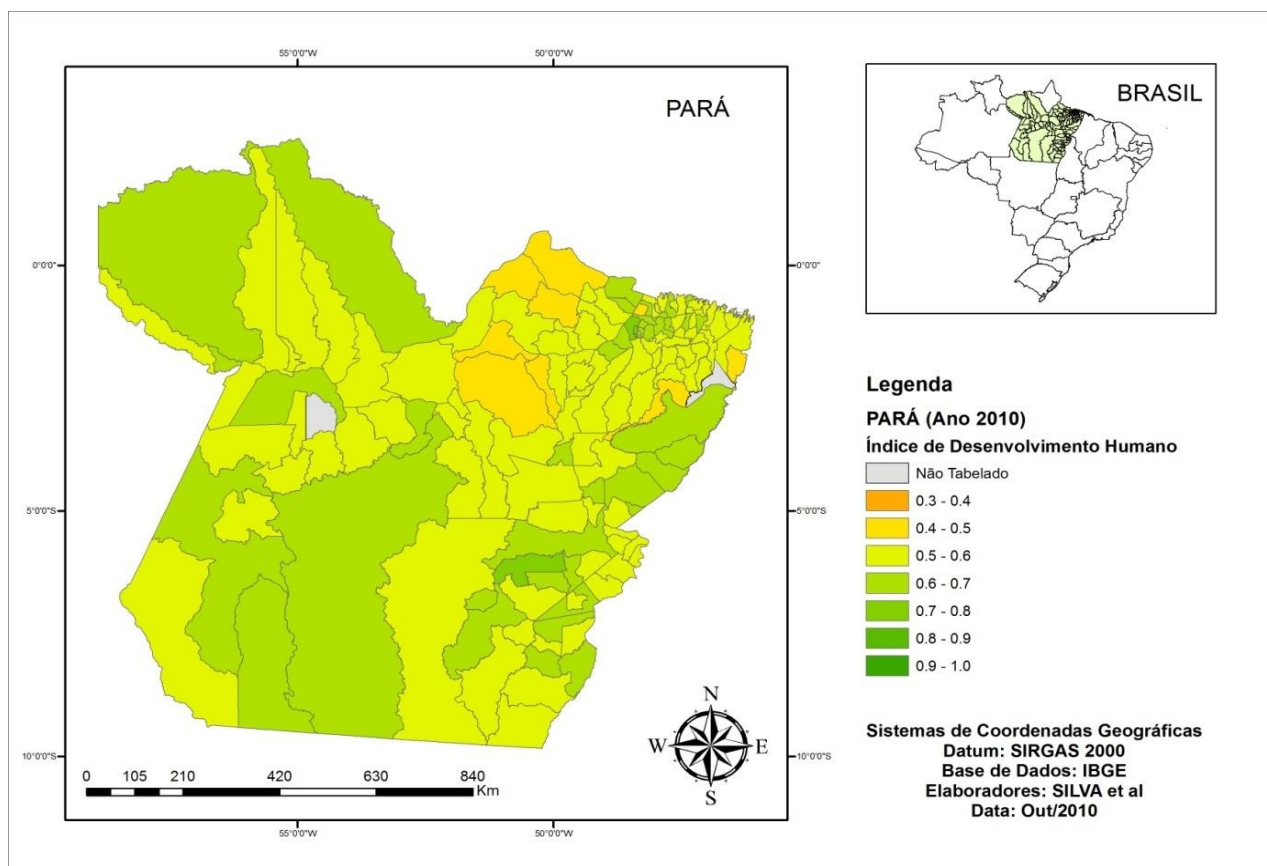


Figura 2. Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios do Estado do Pará, ano 2010.

Fonte: Adaptado de BGE Cidades (2018).

A média dos valores de IDH é de aproximadamente 0,58 para os municípios paraenses. Vale ressaltar que o IBGE não apresentou o IDH da cidade de Nova Esperança do Piriá. Desta forma, apenas os dados de 142 municípios foram apresentados. A (Tabela 3) ilustra os dez municípios com os melhores IDHs, bem como os dez piores.

Tabela 3. Classificação do IDH do Estado do Pará

| Melhores | | | Piores | | |
|----------|-------------------|-------|---------|--------------------|-------|
| Posição | Municípios | IDH | Posição | Municípios | IDH |
| 1º | Belém | 0,746 | 133º | Currálinho | 0,502 |
| 2º | Ananindeua | 0,718 | 134º | Afuá | 0,489 |
| 3º | Parauapebas | 0,715 | 135º | Anajás | 0,484 |
| 4º | Santarém | 0,691 | 136º | Ipixuna do Pará | 0,484 |
| 5º | Marituba | 0,676 | 137º | Portel | 0,483 |
| 6º | Canaã dos Carajás | 0,673 | 138º | Cachoeira do Piriá | 0,473 |
| 7º | Castanhal | 0,673 | 139º | Bagre | 0,471 |
| 8º | Novo Progresso | 0,673 | 140º | Chaves | 0,453 |
| 9º | Redenção | 0,672 | 141º | Colares | 0,418 |
| 10º | Marabá | 0,668 | 142º | Melgaço | 0,418 |

Fonte: Adaptado de IBGE Cidades (2018).

A capital paraense foi que apresenta o maior IDH, com o valor de 0,746, enquanto Melgaço foi que apresentou o menor índice de apenas 0,418. Comparando-se com resultados de acordo com as Tabelas 2 e 3, observa-se que apenas 3 dos 10 municípios com melhor percentual de esgotamento sanitário aparecem na lista das dez cidades com melhores IDHs: Belém, Ananindeua e Parauapebas (Figura 3).

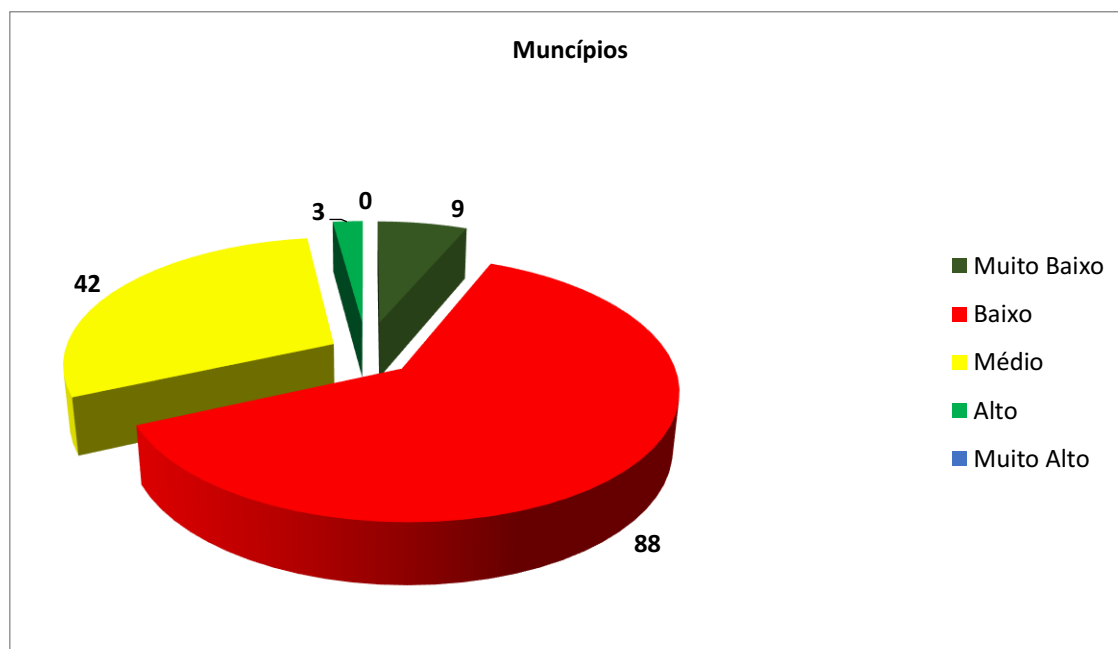


Figura 3. Classificação do IDH dos municípios paraenses.

Os valores da mortalidade infantil entre os municípios paraenses, se distribuíram como mostrado na Figura 3.

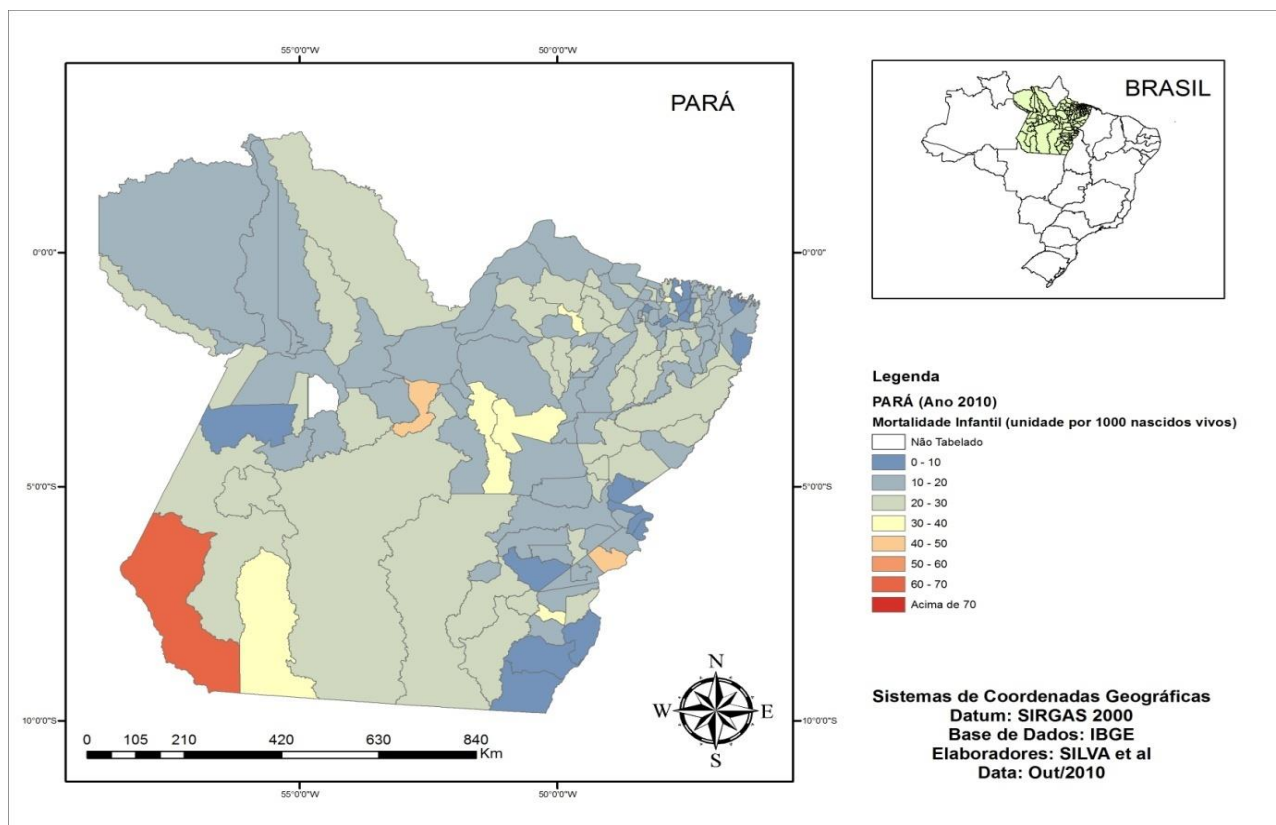


Figura 4. Mortalidade infantil por cada mil nascimentos dos municípios paraenses, ano 2010.
 Fonte: Adaptado de IBGE Cidades (2018).

A média dos valores de mortalidade infantil observada por este trabalho é de aproximadamente 18,20 (unidade por cada 1000 crianças nascidas vivas). Nos dados do IBGE não consta informação para o município de Magalhães Barata, sendo assim, apenas 142 municípios foram computados. Diferente do esgotamento sanitário e do IDH, para os valores de mortalidade infantil, quanto maior o valor dado, pior será o cenário em relação a esta variável. Logo, os municípios com melhores cenários são aqueles que apresentam o menor índice de mortalidade infantil. Na Tabela 4, observa-se as dez melhores e as dez piores cidades em relação à mortalidade infantil no Pará no ano de 2010.

Tabela 4. Municípios paraenses quanto à mortalidade infantil

| Melhores | | | Piores | | |
|----------|---------------------------|----------------------|---------|----------------------------|----------------------|
| Posição | Municípios | Mortalidade Infantil | Posição | Municípios | Mortalidade Infantil |
| 133º | Nova Timboteua | 6,45 | 1º | Jacareacanga | 62,86 |
| 134º | Palestina do Pará | 6,37 | 2º | Brasil Novo | 48,95 |
| 135º | Inhangapi | 6,33 | 3º | Piçarra | 40,23 |
| 136º | Água Azul do Norte | 5,46 | 4º | Pau D'Arco | 37,31 |
| 137º | Santana do Araguaia | 4,83 | 5º | Novo Progresso | 35 |
| 138º | São João do Araguaia | 4,83 | 6º | Anapu | 32,91 |
| 139º | Maracanã | 4,62 | 7º | Terra Alta | 32,43 |
| 140º | Santa Maria das Barreiras | 4,46 | 8º | Pacajá | 30,75 |
| 141º | Marapanim | 2,7 | 9º | São Sebastião da Boa Vista | 30,43 |
| 142º | Igarapé-Açu | 1,65 | 10º | Curuçá | 29,53 |

Fonte: Adaptado de IBGE Cidades (2018).

Jacareacanga é o município que apresenta a pior mortalidade infantil, com o valor de 62,86 mortos a cada 1000 crianças nascidos vivos, enquanto Igarapé-Açu é o município paraense com o melhor cenário em relação a este cenário, com valor de 1,65. Comparando-se a Tabela 2 e a Tabela 4 percebe-se que três das cidades que aparecem na relação das dez piores em esgotamento sanitário também aparecerem entre as dez piores em relação à mortalidade infantil, Novo Progresso, Pau D'Arco e Terra Alta. Quanto a capital paraense, no ranking da mortalidade infantil em 2010, obteve a septuagésima colocação, com mortalidade infantil de 17,59 (unidade por cada mil crianças nascidas vivas).

A relação do Esgotamento Sanitário Adequado para o Índice de Desenvolvimento Humano levou em conta 142 municípios, não considerando o percentual de esgoto de Nova Esperança do Piriá por ausência de dados quanto ao seu IDH no ano de 2010. O resultado da correlação pode ser observado no gráfico da Figura 5.

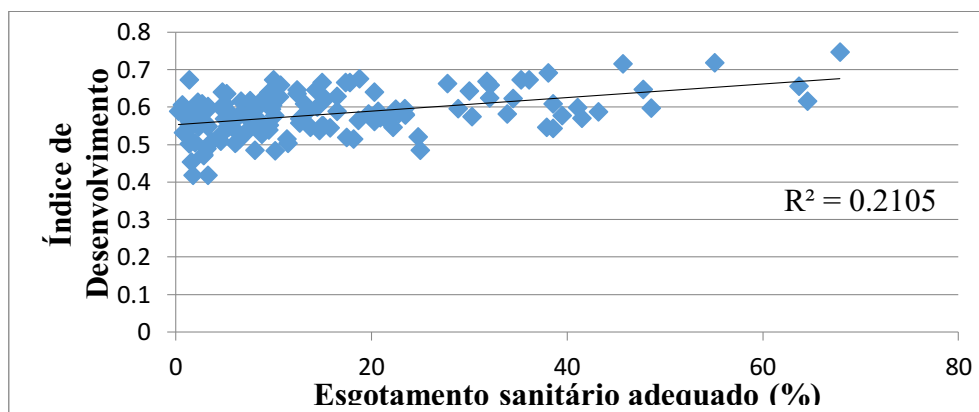


Figura 5. Correlação linear entre o esgotamento sanitário adequado e o índice de desenvolvimento humano no Estado do Pará, ano de 2010.

Para a relação entre o Esgotamento Sanitário Adequado e a Mortalidade Infantil, utilizou-se dados de 142 municípios por conta da ausência de dados sobre Magalhães Barata em relação à mortalidade infantil no município para o ano de 2010. O resultado da correlação é demonstrado no gráfico da Figura 6.

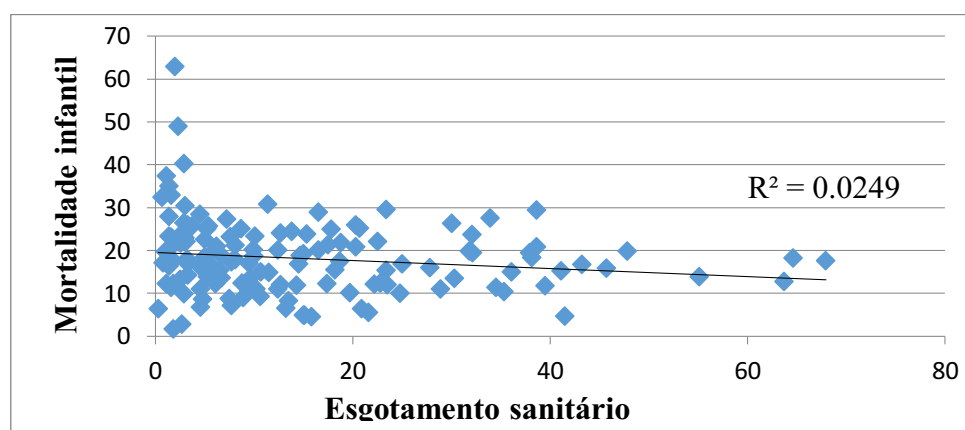


Figura 6. Correlação linear entre o esgotamento sanitário adequado e a mortalidade infantil no Estado do Pará, ano 2010.

Conclusão

Apenas quatro dos 143 municípios existentes em 2010 possuíam uma cobertura de esgoto que atendia mais da metade de sua população, sendo Belém a cidade com maior atendimento do serviço, enquanto mais da metade destes municípios apresentaram esgotamento sanitário abaixo dos 10%.

A maioria dos municípios foi classificada como tendo um Índice de Desenvolvimento Humano baixo (valores entre 0,500 e 0,599). Melgaço (0,418) foi a cidade que apresentou o menor índice, enquanto Belém apresentou o melhor (0,746). Nisto, a correlação com do Esgotamento Sanitário Adequado com o IDH, foi de $R^2=0,2105$, ou seja, obteve um peso de 21,05% sobre o IDH. Desta forma,

concluiu-se que o esgotamento sanitário, embora possua relação não muito expressiva com o IDH, ainda assim possui um impacto significativo. Além disto, existem variáveis não estudadas neste trabalho, como educação e economia, que influenciam os valores de IDH. E na questão de saúde pública, o ESA retrata apenas um dos diversos serviços do saneamento.

Com relação à mortalidade infantil, Jacareacanga apresentou níveis mais críticos, com 62,86 mortes a cada mil crianças nascidas vivas. E embora não apareça entre as dez cidades com pior esgotamento sanitário, ainda assim, sua realidade não difere muito, já que sua porcentagem em relação a variável é de 2%. Todavia, a relação entre o esgotamento sanitário e a mortalidade infantil obteve um $R^2=0,0249$, ou 2,49%, sendo esta relação não muito expressiva, levando à reflexão de que, talvez, a ausência ou um péssimo atendimento dos serviços de esgotamento sanitário não sejam um dos principais fatores que influenciem na mortalidade infantil de uma cidade.

Este estudo contribui para demonstrar a realidade dos municípios paraenses quanto ao esgotamento sanitário, IDH e mortalidade infantil.

Referências Bibliográficas

- ARAGÃO, J. S. O acesso ao saneamento urbano: os desafios da universalização no abastecimento de água e esgotamento sanitário. Um estudo de caso em Manaus-AM. 171f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente). Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2017.
- CRISPIM, D. L.; RODRIGUES, R. S. S.; VIEIRA, A. S. A.; SILVEIRA, R. N. P. O.; FERNANDES, L. L. Espacialização da cobertura do serviço de saneamento básico e do índice de desenvolvimento humano dos municípios do Marajó, Pará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.11, n.4, p.112-122, 2016.
- DAWALIBI, N. W.; GOULART, R. M. M.; AQUINO, R. C.; WITTER, C.; BURITI, M. A.; PREARO, L. C. Índice de desenvolvimento humano e qualidade de vida de idosos frequentadores de universidades abertas para a terceira idade. *Psicologia & Sociedade*, v.26, n.2, p.496-505, 2014.
- FERREIRA, M. P.; GARCIA, M. S. D. Saneamento básico: meio ambiente e dignidade humana. *Revista Dignidade*, v.2, n.3, 2017.
- FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Cad. Saúde Pública*, v.17, n.3, p. 651-660, 2001.
- GLOBO. Pará tem um dos piores índices de saneamento do Brasil, revela pesquisa do Trata Brasil. Belém, Pará, 18 agosto de 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pa/para/noticia/para-tem-um-dos-piores-indices-de-saneamento-do-brasil-revela-pesquisa-do-trata-brasil.ghtml>>. Acesso em: 23 out 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Municípios - PA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa>. Acesso em: 23 out. 2018.
- MEDEIROS, A. C.; LIMA, M. O.; GUIMARÃES, R. M. Avaliação da qualidade da água de consumo por comunidades ribeirinhas em áreas de exposição a poluentes urbanos e industriais nos municípios de Abaetetuba e Barcarena no Estado do Pará, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v.21, n.3, p.695-708, 2016.
- PHILIPPI JR., A.; MALHEIROS, T. F. Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente. In: PHILIPPI JR., A. Saneamento, Saúde e Ambiente. 1, Ed. São Paulo: USP, 2005.
- RÉVILION, A. S. P. A utilização de pesquisas exploratórias na área de marketing. *Revista Interdisciplinar de Marketing*, v.2, n.2, p.21-37, 2003.
- RODRIGUES, C. F. M.; RODRIGUES, V. S.; NERES, J. C. I.; GUIMARÃES, A. P. M.; NERES, L. L. F. G.; CARVALHO, A. V. Desafios da saúde pública no Brasil: relação entre zoonoses e saneamento. *Scire Salutis*, v.7, n.1, p.27-37, 2017.
- TRATA BRASIL. Principais Estatísticas. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas>. Acesso em: 20 out. 2018.
- SILVA, V. A.; ESPIRIDIANO, F. Saneamento básico e seus impactos na mortalidade infantil e no desenvolvimento econômico da Região Nordeste. *Scientia Plena*, v.13, n.10, 2017.

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO, NA MASSA CERÂMICA, DO RESÍDUO GERADO POR PRODUTOS DA CERÂMICA VERMELHA PARA A PRODUÇÃO DE TIJOLOS

Ione Amorim Bezerra Neta¹

Breno Parente Bezerra²

Gislayne Rayane Alves da Silva³

Pedro Henrique Pinheiro Lima⁴

Laedna Souto Neiva⁵

Maria Isabel Brasileiro⁶

¹Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais, UFSCG/Campus Campina Grande, ioneamorimbezerra@gmail.com

²Mestrando em Ciência e Engenharia de Materiais, UFSCar/Campus São Carlos, bezerrap.breno@gmail.com

³Mestranda em Ciência e Engenharia de Materiais, UFSCar/Campus São Carlos, gislayne.alvesr15@gmail.com

⁴Graduado em Engenharia de Materiais, UFCA/Campus Juazeiro do Norte, pinheiro.pedroh18@gmail.com

^{5,6}Professoras Adjuntas, UFCA/Campus Juazeiro do Norte, laedna.neiva@ufca.edu.br
isabel.rodriques@ufca.edu.br

Introdução

O setor de cerâmica no Brasil vivencia uma grande expansão, tendo uma participação no PIB nacional de quase 1,0%, em virtude principalmente dos materiais cerâmicos serem os mais utilizados na construção civil. A produção cerâmica pode ser feita por indústrias de pequeno ou médio porte. Atualmente, o número de cerâmicas e olarias no Brasil corresponde a aproximadamente 6.903 empresas, responsáveis por 293 mil empregos diretos e 900 mil de indiretos, gerando um faturamento anual de R\$ 18 bilhões e diminuindo o número de pessoas desempregadas (ANICER, 2017).

Os processos de fabricação empregados pelos diversos segmentos cerâmicos assemelham-se entre si parcial ou totalmente, podendo diferir de acordo com o tipo de peça ou material desejado. De um modo geral, a manufatura de produtos cerâmicos compreende as etapas de preparação da matéria-prima e da massa; conformação das peças; tratamento térmico e acabamento (SANTOS, 2017).

No setor da cerâmica vermelha, seus produtos são oriundos da argila ou misturas contendo argila, através de moldagem, secagem e queima da mesma, de onde vem a cor avermelhada que dá o seu nome (NUNES, 2012).

Na Região do Cariri, situada no estado do Ceará, estão localizadas aproximadamente 30 fábricas deste segmento, possuindo a maioria delas uma gestão familiar. A produção no setor de cerâmica vermelha no Cariri em 2007 foi de 1341.658 peças. Os responsáveis por esse crescimento nesse setor, foi o aquecimento da construção civil, os projetos Minha Casa Minha Vida e Aceleração ao Crescimento (SEBRAE, 2009).

Por possuir estrutura e características particulares, e apesar do aspecto positivo quanto ao crescimento econômico, esse segmento do setor industrial Caririense, apresenta uma série de problemas, tanto ambiental como de qualidade dos produtos. Em geral, essas indústrias possuem processo considerado basicamente artesanal com automação de cerâmicas com baixa tecnologia empregada não possuindo um controle eficiente nas etapas de fabricação (ANICER, 2012). Dentro dos problemas ambientais gerados encontram-se, especialmente, a extração e consumo de matérias-primas e os rejeitos de produção, principalmente, produtos defeituosos já queimados. É preciso que atitudes e ações preventivas sejam realizadas a fim de minimizar tal impacto (NUNES & RESENDE, 2013).

Dentro desse contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a influência do teor de resíduo e dos parâmetros de processo nas propriedades físico-mecânicas de massas cerâmicas preparadas com argila de alta plasticidade e resíduos da cerâmica vermelha, como absorção de água, porosidade, densidade, perda de massa ao fogo e resistência mecânica à flexão.

Material e Métodos

Neste trabalho, foram utilizados como matérias-primas, o resíduo proveniente do processo da sinterização na fabricação de tijolos, a argila de alta plasticidade denominada argila gorda, e a massa cerâmica, denominada de massa pronta, utilizada na fabricação dos tijolos cerâmicos. Esses materiais foram fornecidos por uma indústria de cerâmica vermelha, localizada no município de Crato (CE).

Após a coleta, a argila gorda e a massa pronta foram submetidas a secagem em estufa de laboratório a 110°C durante 24 horas, destorroadas em moinho de martelos e em seguida passadas em peneira ABNT 80 (0,177mm). O resíduo foi quebrado manualmente com martelo e moído no moinho de martelo com a finalidade de facilitar os demais procedimentos. Posteriormente, peneirado em peneira ABNT 80 (abertura 0,177mm) (SANTOS, 1989).

A composição química das massas cerâmicas foi obtida através da fluorescência de raios X utilizando o equipamento de FRX da marca Shimadzu (EDX-900), na UFCG/LEMa – Laboratório de Engenharia de Materiais – Campina Grande – PB. As matérias-primas foram submetidas ao ensaio de plasticidade com a finalidade de avaliar a plasticidade das massas argilosas. O ensaio foi realizado no Laboratório de Materiais Cerâmicos da Universidade Federal do Cariri – UFCA (ABNT, 1984).

Foram formuladas 3 (três) misturas cerâmicas, utilizando a argila gorda usada para a fabricação de tijolo e o resíduo proveniente de refugo de tijolos queimados. Na Tabela 1 são apresentadas as proporções do resíduo e da argila gorda utilizadas.

Tabela 1. Composição das misturas

| Mistura | Teor de argila gorda (%) | Teor de resíduo (%) |
|----------------|---------------------------------|----------------------------|
| Massa 1 | 95 | 5 |
| Massa 2 | 90 | 10 |
| Massa 3 | 85 | 15 |

O processo de mistura foi realizado no misturador durante 15 minutos, com a argila gorda e o resíduo em forma de pó na presença de água, em seguida levadas à estufa por 24 horas à 110°C. Após a secagem, as massas foram desaglomeradas no moinho de martelo. A massa pronta e as massas formuladas foram umedecidas com 8% de água e peneiradas em peneira ABNT 80 (0,177mm) a fim de melhorar granulação e garantir uma boa homogeneização. A conformação ocorreu por meio de prensagem uniaxial, onde foi usada uma prensa hidráulica para conformação de 144 corpos-de-prova no total (36 para a massa pronta e 108 para as massas formuladas), utilizando uma matriz de aço inoxidável de seção retangular com dimensões de aproximadamente (8,0 x 2,5 x 1,0 cm). Após a conformação dos mesmos, com o auxílio de uma balança analítica, os corpos-de-prova foram pesados e suas dimensões medidas com auxílio de um paquímetro. Os corpos-de-prova obtidos foram submetidos a secagem em uma estufa a 110°C por 24h, para eliminação da água livre e novamente pesados com auxílio de uma balança analítica e medidas suas dimensões com auxílio de um paquímetro. Os corpos-de-prova foram sinterizados em três temperaturas distintas: 850, 950 e 1050°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C/min e patamar de queima de 3h. Após a queima as amostras foram novamente pesadas com auxílio de uma balança analítica e suas dimensões medidas com auxílio de um paquímetro (SANTOS, 1989).

A caracterização física ocorreu segundo os procedimentos e as classificações postuladas pela norma da ABNT números NBR 13818/1997. O ensaio de absorção de água foi realizado de acordo com a NBR 13818. Os corpos-de-prova foram pesados secos, e em seguida mergulhados em recipiente com água por um período de 24h. Posteriormente, obteve-se o peso dos corpos-de-prova úmidos a partir da pesagem dos mesmos (ABNT, 1997).

Para determinar a porosidade aparente, foram necessários os valores de peso da peça seca (P_s), da peça úmida (P_u) e o peso da peça totalmente imersa em água (P_i). Além disso, foi determinado a densidade aparente. Para obtenção da retração linear, os corpos-de-prova queimados tiveram suas medições realizadas por paquímetro (SANTOS, 1989).

A determinação da perda ao fogo se deu pela diferença entre a massa do corpo-de-prova seco (P_s) e a massa do corpo-de-prova queimado (P_q), medidas em balança analítica com três casas decimais (RIELLA, 2010).

Foi realizado o ensaio de resistência mecânica à flexão (RMF) de carregamento em três pontos. A determinação da resistência mecânica à flexão foi obtida conforme estabelecido pela NBR 13818 (ABNT, 1997). Para as três misturas cerâmicas formuladas (argila gorda + resíduo) e a massa pronta, este ensaio foi realizado no Laboratório de Cerâmica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), onde foi utilizado o equipamento do modelo Flexi 1000 LX-650 da marca Shimadzu. A distância dos apoios foi 59,75mm. Após o rompimento foram coletados os dados, carga aplicada e medidas de largura e espessura da região de rompimento do corpo-de-prova.

Resultados e Discussão

Os resultados das composições químicas da argila gorda, do resíduo e da massa pronta estão representados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição química das amostras

| Óxidos | Amostra (%) | | |
|--------------------------------|-------------|---------|-------|
| | AG | Resíduo | MP |
| SiO ₂ | 61,95 | 65,36 | 60,4 |
| Al ₂ O ₃ | 22,68 | 18,50 | 23,58 |
| Fe ₂ O ₃ | 6,4 | 8,069 | 7,48 |
| MgO | 3,74 | 2,644 | 3,33 |
| K ₂ O | 3,28 | 4,043 | 2,27 |
| CaO | 0,78 | 0,222 | 0,58 |
| TiO ₂ | 0,96 | 0,962 | 0,75 |
| MnO | 0,16 | 0,067 | 0,54 |
| Cr ₂ O ₃ | 0,16 | 0,062 | 0,74 |
| V ₂ O ₅ | 0,16 | 0,052 | 0,53 |
| Rb ₂ O | 0,16 | 0,017 | 0,7 |

Verifica-se que, a sílica (SiO₂) é o constituinte majoritário das matérias-primas utilizadas. Além disso, as amostras apresentaram quantidades significativas de alumina (Al₂O₃) e hematita (Fe₂O₃), a qual proporcionou aos blocos cerâmicos a cor avermelhada.

Observa-se também teores de óxido alcalino (K₂O) e alcalinos terrosos (MgO e CaO), sendo o óxido alcalino importante para a composição das massas cerâmicas, pois atua como fundente, contribuindo para a diminuição da temperatura de sinterização das peças. A presença do titânio resultou na intensificação da cor desenvolvida por outros elementos, como no caso, o ferro.

Foi verificado que alguns óxidos encontrados no resíduo apresentaram baixos percentuais em relação as outras matérias-primas estudadas. Este comportamento, é decorrente do processo de queima. Comparando-se esses resultados com a literatura, notou-se que os percentuais dos principais constituintes do resíduo são semelhantes, mesmo sendo em cidades diferentes (VIEIRA, 2004).

Na Tabela 3, estão compilados os resultados de limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade das massas argilosas estudadas.

Tabela 3. Índice de Plasticidade das massas argilosas

| Amostra | Limite de liquidez (%) | Limite de plasticidade (%) | Índice de plasticidade (%) |
|--------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Argila gorda | 53,12 | 21,62 | 31,5 |
| Resíduo | -- | Não plástico | -- |
| AG + 5%R | 48,35 | 25,61 | 22,74 |
| AG + 10%R | 47,99 | 26,52 | 21,47 |
| AG + 15%R | 43,75 | 26,11 | 17,63 |

Verifica-se que, os limites de liquidez das amostras analisadas variam entre 43 a 54%, os limites de plasticidade variam entre 21 a 27% e os índices de plasticidade variam entre 17 a 32%. Para as adições na argila gorda de 5, 10 e 15% do resíduo, os valores observados do índice de plasticidade foram de 22,74, 21,27 e 17,63%, respectivamente; sendo o menor índice de plasticidade obtido para 15% de adição, o que já era esperado, visto que o resíduo é rico em quartzo e este age na diminuição da plasticidade.

Segundo Vieira (2004), os valores estabelecidos para os limites de consistência de Atterberg, como parâmetros para o processo de conformação por extrusão em cerâmica vermelha, são: de 30 a 60% para o Limite de liquidez, de 15 a 30% para o Limite de plasticidade, e de 10 a 30% para o índice de plasticidade. Observa-se que todas as amostras ficaram dentro dos valores citados anteriormente.

Na Figura 1, observa-se o gráfico com os resultados de absorção de água para as massas cerâmicas analisadas.

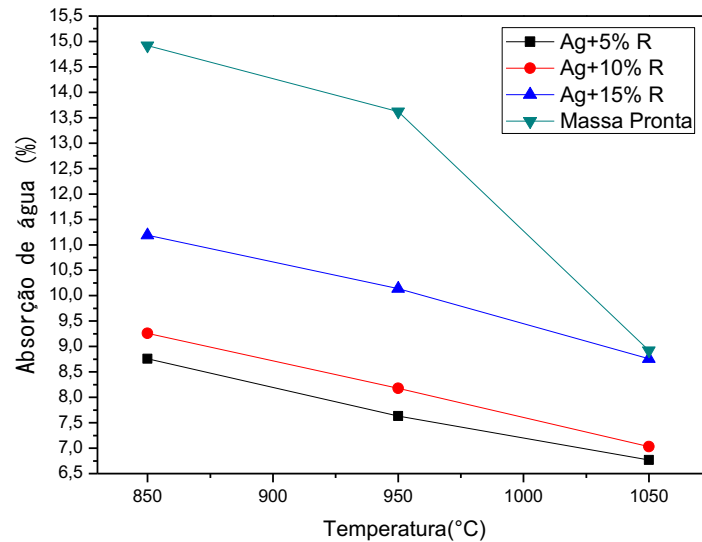


Figura 1. Absorção de água das massas cerâmicas.

Verifica-se que, com o aumento da temperatura houve uma diminuição na absorção de água das amostras analisadas. Isto, provavelmente, está relacionado com o grau de vitrificação, que aumenta com a temperatura de sinterização e diminui a absorção de água devido a redução da porosidade. Esse processo de vitrificação ocorreu pela formação de uma fase líquida dentro da peça, no aumento da temperatura, a qual preenche os poros existentes, aumentando o coalescimento das partículas não fundidas (ABNT, 2005).

Segundo Macedo (2008), no processamento industrial para blocos cerâmicos, os valores para absorção de água devem ser menores ou igual a 25%. Verifica-se que a massa pronta e as três massas formuladas (argila gorda + resíduo) estudadas, estão próximos aos valores citados anteriormente. Assim, a adição de resíduo na massa cerâmica não ocasionou interferência negativa na absorção de água.

Na Figura 2, está ilustrado o gráfico com os resultados de porosidade aparente para as massas cerâmicas estudadas.

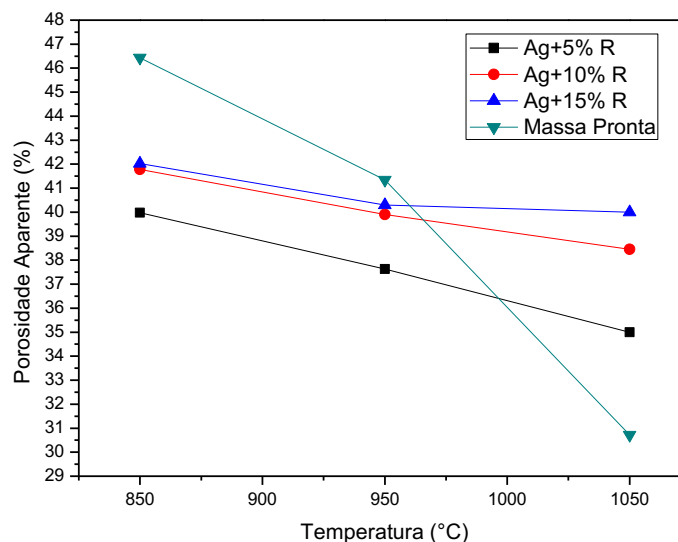


Figura 2. Porosidade aparente das massas cerâmicas.

Baseado no gráfico verifica-se que, com o aumento da temperatura houve diminuição na porosidade para todas as composições. Este resultado corroborou com os resultados obtidos por este trabalho para absorção de água.

Foi possível observar que, o acréscimo do teor de resíduo na argila gorda propiciou um aumento da porosidade aparente e da absorção de água das massas cerâmicas. Isto, possivelmente, foi decorrente

de um empacotamento descontínuo, com a presença de “vazios”, ocasionado pela incorporação do resíduo (GOUVEIA, 2008).

Os valores da porosidade aparente para a produção de blocos cerâmicos deve estar entre 5 e 35% (SANTOS, 1989). Verifica-se que, somente a massa pronta e a argila gorda com a incorporação de 5% de resíduo, queimadas a 1050°C, encontram-se dentro do intervalo indicado citado anteriormente. Dessa forma, a adição de 5% de resíduo não afetou negativamente a porosidade aparente.

Na Figura 3, observa-se o gráfico com os resultados de densidade aparente para as massas cerâmicas analisadas.

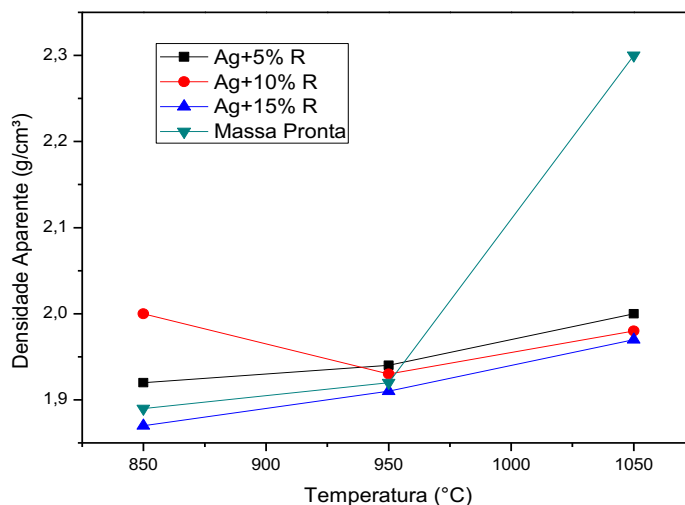


Figura 3. Densidade Aparente das massas cerâmicas.

A partir do gráfico da Figura 3, observa-se que com o aumento da temperatura houve um aumento na densidade aparente de todas as amostras analisadas, e que a adição do teor de resíduo na argila gorda prejudicou a densificação. Desta maneira, esses resultados corroboram com os resultados da absorção de água e porosidade, analisados anteriormente. Comparando com Gouveia (2008), verifica-se que os valores são similares.

Os valores de densidade aparente das argilas devem estar entre 1,7 e 2,1 g/cm³ conforme propõe Santos (1989). Logo, a incorporação de resíduo na argila gorda não interferiu negativamente nos valores de densidade aparente.

Os resultados da retração linear de queima dos corpos de prova estão representados no gráfico da Figura 4.

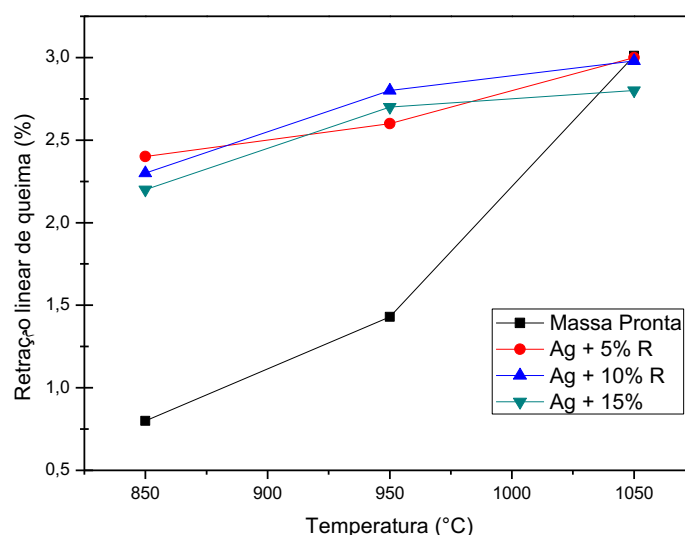


Figura 4. Retração linear em função da temperatura de queima.

A partir do gráfico da Figura 4, verifica-se que, com a elevação da temperatura de queima houve um aumento da retração linear das composições. Este comportamento foi mais pronunciado na

temperatura de queima 1050°C. Nota-se também que, o acréscimo de teor de resíduo na argila gorda reduz a retração linear de queima, semelhante ao evidenciado por Vieira (2009).

Este comportamento, é decorrente ao maior grau de sinterização, ocorrido com o aumento da temperatura, que faz com que haja a formação de uma maior quantidade de fase líquida, e esta por sua vez, age unindo as partículas e retraindo o corpo cerâmico.

Segundo Zaccaron (2014), no processamento industrial, a retração linear de queima é considerada ótima com valores menores que 1,5%, e com a situação aceitável entre 1,5 a 3%. Observa-se que, a argila gorda com adição do resíduo e a massa pronta estão próximos a estes valores.

Na Figura 5, observa-se o gráfico de perda de massa ao fogo para cada amostra com a temperatura de queima.

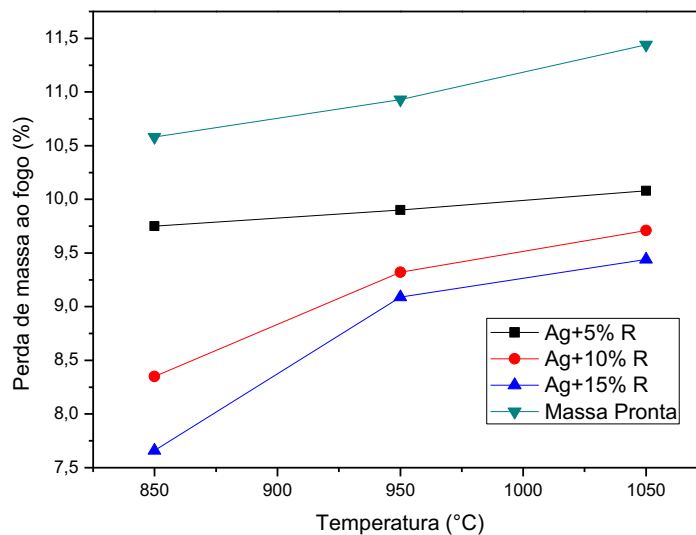


Figura 5. Perda de massa ao fogo das massas cerâmicas.

De acordo com os resultados de perda de massa ao fogo para as massas cerâmicas analisadas, a perda de massa aumentou conforme a elevação da temperatura. Isto é decorrente de perda de águas (livre, adsorvida e de constituição), e matéria orgânica durante o processo de queima (RIELLA, 2010).

Observa-se que a perda de massa ao fogo para as argilas com a incorporação de resíduo é menor para maiores teores de resíduos. Este comportamento é decorrente do resíduo durante o primeiro processo de sinterização, o qual já passou pelo processo de perda de matéria orgânica e outras reações inerentes ao processo de sinterização. Já a massa pronta apresenta valores mais expressivos de perda de massa ao fogo, devido à decomposição dos materiais argilosos. Assim, a adição de resíduo na massa cerâmica minimizou os efeitos da perda de massa e não acarretou danos as massas cerâmicas (GOUVEIA, 2008).

A ruptura à flexão indica a capacidade de o material suportar esforços exercidos por uma carga podendo resultar em ruptura do mesmo. Os resultados de ruptura a flexão estão representados na Figura 6.

Verifica-se que, com o aumento da temperatura de queima, há aumento da resistência mecânica de forma semelhante ao observado por Zanotto e Migliore (1991). Observa-se também que, a adição do resíduo contribui para o aumento da resistência mecânica, o qual é evidenciado com o aumento da temperatura de queima. Segundo Rodrigues (2016), a geração de um corpo cerâmico com uma maior resistência, indica a ocorrência da eliminação dos vazios provocados pela queima a esta temperatura.

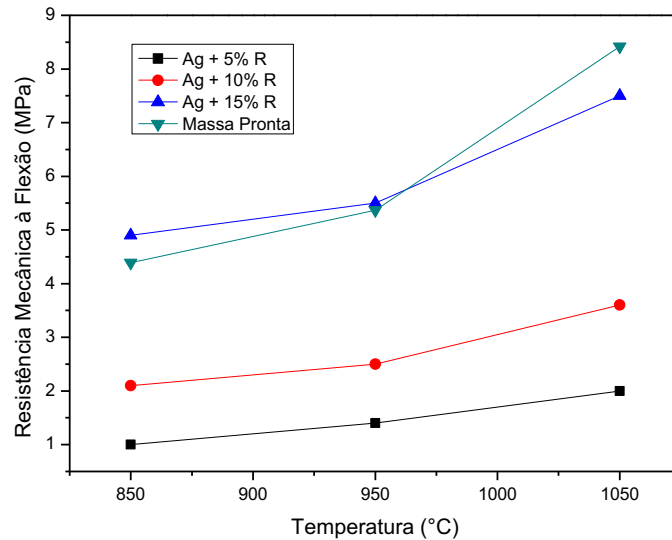


Figura 6. Resistência mecânica à flexão das massas cerâmicas.

De acordo com a ABNT NBR 15270, os limites de tensão à flexão indicados para uso em cerâmica devem ser $\text{Trf} \geq 1,5 \text{ MPa}$ para tijolos. Observa-se que a massa pronta e as argilas com a incorporação de resíduo de 5% na temperatura de 1050°C, estão entre 10 e 15% nas três temperaturas estudadas e próximos a estes valores.

Conclusão

A sílica (SiO_2) foi o constituinte majoritário das matérias-primas utilizadas, seguido do Al_2O_3 (alumina). A argila gorda e a massa pronta apresentaram como fases cristalinas principais quartzo, caulinita, illita e montmorilonita, enquanto que o resíduo apresentou quartzo e caulinita como fases cristalinas; as quantidades de resíduos adicionados à argila gorda ficaram dentro do padrão estabelecido como fontes de matérias-primas para a produção de um novo produto cerâmico alternativo.

Observou-se que, os resultados foram favoráveis e de acordo com o aumento da temperatura de queima. A argila gorda com a incorporação de 5% do resíduo queimada à 1050°C apresentou os melhores resultados; a adição do resíduo foi favorável na substituição da argila magra utilizada no processo de fabricação do tijolo, sendo que a propriedade mecânica deverá ser novamente realizada e avaliada.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Placas Cerâmicas e Revestimentos – especificação e Métodos de Ensaio. 1997. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27164/nbr13818-placas-ceramicas-para-revestimento-especificacao-e-metodos-de-ensaios/>>. Acesso em: 20 jul. 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Determinação do Limite de Liquidez. 1984. Disponível em: <<https://www.target.com.br/produtos/normas-tecnicas/27930/nbr6459-solo-determinacao-do-limite-de-liquidez/>>. Acesso em: 20 jul. 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo - Determinação do Índice de Plasticidade. 1984. Disponível em: <<https://www.ebah.com.br/content/ABAAgsmUAH/nbr-7180-1984-solo-determinacao-limite-plasticidade/>>. Acesso em: 20 jul. 2017.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15270- Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação – Terminologia e requisitos. 2005. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/sheyqueiroz/nbr-15270105-componentes-cermicos-parte-1-blocos-cermicos-para-alvenaria-de-vedacao-terminologia-e-requisitos/>>. Acesso em: 20 jul. 2017.
- ANICER. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Setor. 2017. Disponível em: <<http://anicer.com.br/setor/>>. Acesso em: 20 jul. 2017.

- GOUVEIA, F. P. Efeito da incorporação de chamote (resíduo cerâmico queimado) em massas cerâmicas para fabricação de blocos de vedação para o Distrito Federal. Um estudo experimental. 111f. Dissertação (mestrado em estruturas e construção civil). Universidade de Brasília. Brasília-DF, 2008.
- NUNES, A. C. N.; RESENDE, S. S. Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica vermelha. Belo Horizonte: Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) e Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas Gerais (FEAM). 2013. Disponível em: <<http://www.sindicermg.com.br/estudante/GuiaAmbientalCeramicaVermelha.pdf/>>. Acesso em: 7 agos. 2017.
- SANTOS. M. L.; JUNIOR. A. R.; Impactos ambientais associados ao processo produtivo do tijolo cerâmico ocasionados, pela olaria cajazeiras localizadas no município de Cajazeirinhas–PB. In: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2, 2012, Areia. Anais... Areia, 2012.
- MACEDO, R. S.; MENEZES, R. R.; NEVES, G. A.; FERREIRA, H. C. Estudo de argilas usadas em cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v.54, n.332, p.411- 417, 2008.
- RIELLA, H. G. Cerâmica: dos minerais à porcelana. São Paulo: TecArt, 2010. 157p.
- SANTOS, P. de S. Ciência e Tecnologia de Argilas. São Paulo: v. I, Edgard Blucher, 1989. 340p.
- SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Relatório Projeto Cerâmica Vermelha no Cariri. 2009. Disponível em: <<http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/09/ESTUDO-CERAMICA-VERMELHA.pdf> />. Acesso em: 20 jul. 2017.
- VIEIRA, C. M. F.; SOUZA, E. T. A; MONTEIRO, S. N. Efeito da incorporação de chamote no processamento e microestrutura de cerâmica vermelha. *Cerâmica*, v.50, n.1, p.254-260, 2004.
- VIEIRA, C. M. F.; FEITOSA, H. S.; MONTEIRO, S. N. Avaliação da secagem de cerâmica vermelha através da curva de Bigot. *Revista Cerâmica Industrial*, v.8, n.1, p.42-46, 2003.
- ZANOTTO, E. D.; MIGLIORI, A. R. Propriedades mecânicas de materiais cerâmicos: Uma introdução. *Cerâmica*, v.37, n.247, p.6-17, 1991.



AValiação CLIMATOLÓGICA DAS OCORRÊNCIAS DE PERÍODOS SECOS E CHUVOSOS NO ESTADO DE ALAGOAS

André Luiz de Carvalho¹
Ivomberg Dourado Magalhães²
Guilherme Bastos Lyra³
Dimas de Barros Santiago⁴
José Leonardo de Souza⁵
Iedo Teodoro⁶
Ronabson Cardoso Fernandes⁷
Gustavo Bastos Lyra⁸
José Marcelo Lopes Junior⁹

^{1,2}Bolsistas de PNPd, Produção Vegetal/UFAL, del.andre2@hotmail.com; ivomberg31@hotmail.com

^{3,5,6}Professores do Departamento da Agronomia/Produção Vegetal/UFAL, gbastoslyra@gmail.com
leonaldojs@yahoo.com.br; iedoteodoro@gmail.com

⁴Aluno do Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal/UFAL, dimas.barros91@gmail.com

⁷Professor do Departamento de Ciências Climáticas /UFRN, ronabson@hotmail.com

⁸Professor do Departamento Ciências Ambientais do Instituto de Florestas/UFRRJ, gblyra@gmail.com

⁹Aluno do mestrado em Meteorologia ICAT/UFAL, josemarcelolopesjunior@hotmail.com

Introdução

O sistema de rotação da terra é um elemento importante para a funcionalidade dos sistemas de convecção e formação de nuvens (LOO et al., 2015), ocasionando a precipitação que é uma das variáveis meteorológicas mais importantes, especialmente nos trópicos. A precipitação está diretamente relacionada com a disponibilidade hídrica de uma região, sendo esta uma das condições mais importantes para a prática de qualquer atividade. Dependendo da região, a precipitação pode ocorrer de forma bem distribuída ao longo do ano, mas em outros casos é dividida em períodos, que são geralmente denominados como estação seca e chuvosa (MACIE & FREITAS, 2016).

A variação regional e sazonal da precipitação é um dos principais fatores determinantes das condições climatológicas ao redor do globo. Assim, a disponibilidade e distribuição sazonal da precipitação em uma determinada região, são fatores determinantes para quantificar a necessidade de irrigação de uma determinada cultura, o abastecimento de água doméstico e industrial, a ocorrência de cheias e inundações, os dimensionamentos de canais de drenagem, entre outros (PERTUSSATTI, 2013). As culturas agrícolas, nas suas várias fases de desenvolvimento, necessitam para o seu ótimo crescimento de determinada quantidade de água que é suprida principalmente pela precipitação pluvial. A ocorrência de períodos secos na estação chuvosa (veranicos) pode ser extremamente prejudicial para a agricultura, principalmente, se o mesmo ocorrer em períodos nos quais as plantas tenham maior necessidade hídrica (CASTRO NETO et al., 1980).

O Estado de Alagoas encontra-se subdividido em três distintas mesorregiões (Litoral, Agreste e Sertão). As mesorregiões do Litoral e do Agreste apresentam um clima quente e úmido, com totais pluviométricos anuais de 600-3000mm, com período chuvoso concentrado no outono - inverno e o período seco na primavera-verão (LIMA, 1991; SOUZA & LIMA, 1995; MOLION & BERNARDO, 2002). A mesorregião do Sertão apresenta um clima mais seco com baixos totais pluviométricos, e com estação chuvosa durante o verão - outono e estação seca no inverno (REBOITA, 2012).

O regime de precipitação do Estado está associado a diversos sistemas meteorológicos, comuns em boa parte do Nordeste brasileiro. Dentre os principais sistemas encontram-se as linhas de instabilidade costeira, variação sazonal dos ventos, posição e intensidade da Zona de Convergência Intertropical, Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, Ondas de Leste, entre outros (SOUZA et al., 2004). Molion e Bernardo (2002) afirmam que, essa variabilidade da distribuição da precipitação sobre o Nordeste Brasileiro (NEB), está relacionada com mudanças que ocorrem nos padrões de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no oceano Pacífico e no Atlântico. Assim, Alagoas possui uma estação chuvosa ocorrente entre maio-julho, quando existe a máxima convergência dos alísios com a brisa terrestre, que deve ser mais forte durante as estações de outono e inverno quando o contraste de temperatura entre a terra e o mar é maior (KOUSKY, 1980), e uma estação

seca entre novembro-janeiro, pois, durante esse período têm-se uma mudança na direção dos ventos alísios que desfavorecem a formação de nuvens na região.

A variabilidade mensal e sazonal da precipitação no Nordeste do Brasil caracteriza-se pela acentuada irregularidade espacial e temporal, com períodos extremamente secos e outros chuvosos. Definem-se períodos secos e chuvosos como determinados períodos de tempo, com baixa ou alta quantidade e/ou irregularidade na distribuição da chuva, em que as precipitações observadas são menores ou maiores que a média climatológica, ou quando a disponibilidade hídrica é inferior ou superior ao esperado, respectivamente. Segundo Carvalho et al. (2013), os valores adotados como indicativo de dias secos e chuvosos são: 0,1mm (KELLER FILHO et al., 2006), 0,85mm (BARRON et al., 2003), 1mm (SANTOS et al., 2009; ARRUDA & PINTO, 1980) e 5mm (ASSAD et al., 1993; FIETZ et al., 1998; VIANA et al., 2002).

Portanto, a ocorrência de períodos secos pode ser extremamente prejudicial para a agricultura, especialmente nos períodos em que as plantas mais necessitam de água, isto é, em períodos críticos como a floração e frutificação que terão um efeito sério no rendimento final. O conhecimento da distribuição temporal e espacial da precipitação e conseqüentemente dos períodos secos, é de grande importância para diminuição de perdas na agricultura. Informações sobre a intensidade e duração de uma seca podem ser usadas para determinar qual cultura ou variedade pode ser usada em um local específico (SIVAKUMAR, 1992). Porém, um período seco afeta não apenas a agricultura, mas também outros setores, como a pesca, a saúde humana e eletricidade, etc. A geração de eletricidade em usinas hidrelétricas pode sofrer interrupções em períodos secos. Portanto, os efeitos de um período seco, possui impacto direto sobre a economia de uma região (CARVALHO et al., 2017; CARVALHO et al., 2013).

Assim, o objetivo desse estudo é realizar uma avaliação climatológica das ocorrências de períodos secos (na estação chuvosa) e chuvosos (na estação seca), com base em dados diários de precipitação, para o Estado de Alagoas.

Material e Métodos

Local da Área de Estudo e Dados de Precipitação

O Estado de Alagoas (Figura 1) possui uma área de 27.793 km² (entre latitudes 08°48' S e 10°29' S e longitudes 35°09' W e 38°13' W), correspondendo a 0,32% do território nacional, fazendo limite com os Estados de Pernambuco, Sergipe e Bahia. O Estado é dividido em seis regiões fisiográficas: Sertão, Alto São Francisco, Agreste, Zona da Mata, Baixo São Francisco e Litoral (SANTOS et al., 2014). De acordo com a classificação climática de Thornthwaite nessas regiões prevalecem os tipos de clima semiárido, seco subúmido, úmido/subúmido para o Sertão/Sertão do São Francisco, Agreste e Baixo São Francisco/Litoral/Zona da Mata, respectivamente de acordo com Barros et al. (2012). A parte oriental do Estado possui clima quente, onde a temperatura média anual é superior a 24°C e as ocorrências de chuva são abundantes acima de 1.400mm. No interior do Estado predomina o clima semiárido, com médias anuais de chuva abaixo de 1.000mm. Em Alagoas, as estações do ano são bem definidas pela periodicidade das chuvas. O verão tem início em setembro e termina em fevereiro, e o inverno (chuvas) começa aproximadamente em março, com término em agosto. As temperaturas não oscilam muito, variando no litoral entre 22,5 e 28°C e no sertão entre 17 e 33°C.

Dados de precipitação pluvial diária de 27 municípios (Figura 1 e Tabela 1) foram utilizados, abrangendo um período de 1913 a 2013, os quais foram obtidos a partir de registros da SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste), do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e do Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb gerenciado pela ANA (Agência Nacional de Águas). As características das ocorrências dos períodos secos e chuvosos foram analisadas de acordo com os dados de precipitação nas mesorregiões do Estado de Alagoas. Na Tabela 1 observa-se as regiões com suas respectivas coordenadas geográficas e período de observação.

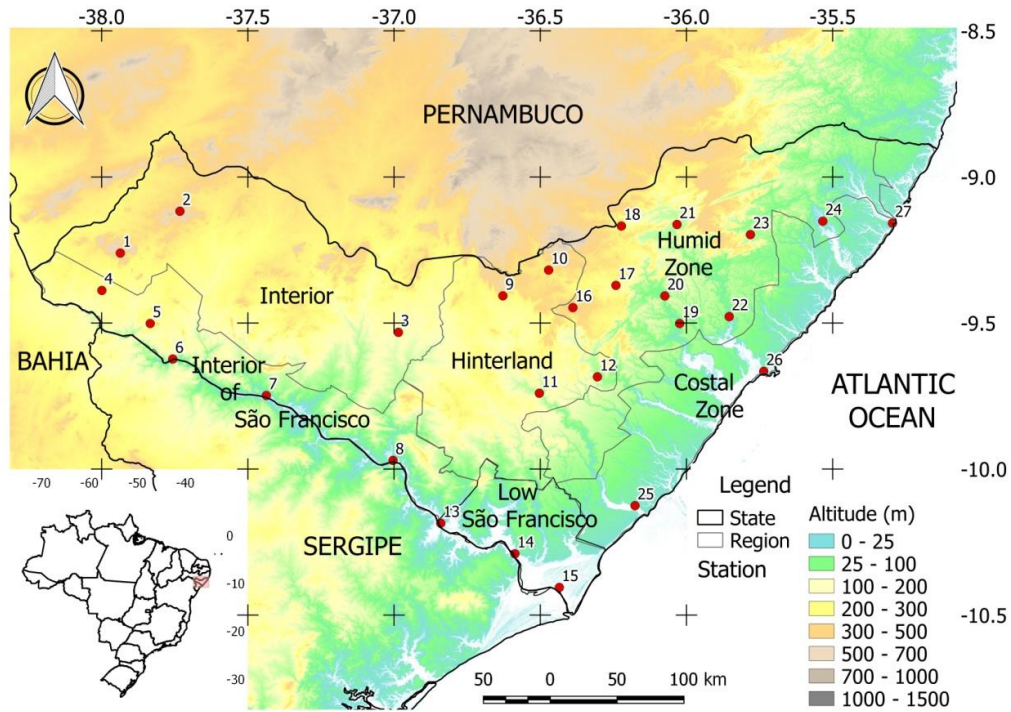


Figura 1. Localização das estações pluviométricas nas mesorregiões fisiográficas e a hipsometria do Estado de Alagoas. Fonte: Adaptado de Santos et al. (2014).

Tabela 1. Regiões e localidades com suas respectivas coordenadas geográficas e períodos de observação

| ID | CIDADES | Região | Latitude | Longitude | Altitude (m) | Período |
|----|-----------------------|-------------------------|------------|------------|--------------|-------------|
| 1 | Água Branca | Sertão | 09°15'39"S | 37°56'10"W | 560 | 1915 - 2009 |
| 2 | Mata Grande | Sertão | 09°07'03"S | 37°43'56"W | 633 | 1965 - 2000 |
| 3 | Major Isidoro | Sertão | 09°31'56"S | 36°59'06"W | 217 | 1915 - 1989 |
| 4 | Delmiro Gouveia | Sertão do São Francisco | 09°23'19"S | 37°59'57"W | 256 | 1937 - 2006 |
| 5 | Olho d'Água do Casado | Sertão do São Francisco | 09°30'07"S | 37°50'02"W | 209 | 1963 - 1999 |
| 6 | Piranhas | Sertão do São Francisco | 09°37'25"S | 37°45'24"W | 110 m | 1913 - 2013 |
| 7 | Pão de Açúcar | Sertão do São Francisco | 09°44'54"S | 37°26'12"W | 45 m | 1913 - 2010 |
| 8 | Traípu | Sertão do São Francisco | 09°58'14"S | 37°00'12"W | 40 m | 1913 - 2013 |
| 9 | Palmeira dos Índios | Agreste | 09°24'26"S | 36°37'39"W | 342 m | 1913 - 2013 |
| 10 | Quebrangulo | Agreste | 09°44'26"S | 36°30'10"W | 150 m | 1913 - 2000 |
| 11 | Limoeiro de Anadia | Agreste | 09°26'51"S | 36°23'17"W | 620 m | 1963 - 2000 |
| 12 | Anadia | Agreste | 09°39'57"S | 35°44'07"W | 30 m | 1913 - 2012 |
| 13 | Porto Real do Colégio | Baixo São Francisco | 10°11'09"S | 36°50'24"W | 30 m | 1921 - 1997 |
| 14 | Penedo | Baixo São Francisco | 09°19'08"S | 36°28'16"W | 411 m | 1913 - 2013 |
| 15 | Piaçabuçu | Baixo São Francisco | 10°17'25"S | 36°35'11"W | 28 m | 1913 - 2013 |
| 16 | Mar Vermelho | Zona da Mata | 10°07'32"S | 36°10'32"W | 10 m | 1937 - 2013 |
| 17 | Viçosa | Zona da Mata | 09°09'30"S | 35°17'42"W | 57 m | 1938 - 2011 |
| 18 | Santana do Mundaú | Zona da Mata | 09°41'04"S | 36°18'15"W | 105 m | 1913 - 2000 |
| 19 | Atalaia | Zona da Mata | 09°22'17"S | 36°14'27"W | 300 m | 1913 - 2013 |
| 20 | Capela | Zona da Mata | 09°10'05"S | 36°13'20"W | 221 m | 1963 - 2013 |
| 21 | União dos Palmares | Zona da Mata | 09°30'07"S | 36°01'22"W | 54 m | 1914 - 2013 |
| 22 | Rio Largo | Zona da Mata | 09°24'27"S | 36°04'25"W | 34 m | 1963 - 2000 |
| 23 | Flexeiras | Zona da Mata | 09°09'46"S | 36°01'55"W | 155 m | 1913 - 2012 |
| 24 | Matriz de Camaragibe | Zona da Mata | 09°11'51"S | 35°46'51"W | 70 m | 1963 - 2000 |
| 25 | Coruripe | Litoral | 10°24'20"S | 36°26'04"W | 10 m | 1944 - 2013 |
| 26 | Maceió | Litoral | 09°28'42"S | 35°51'12"W | 127 m | 1972 - 2008 |
| 27 | Porto de Pedra | Litoral | 09°09'06"S | 35°32'00"W | 16 m | 1963 - 2000 |

Avaliação dos Períodos secos e chuvosos

Nas análises de períodos secos foram consideradas as ocorrências de dias secos consecutivos entre os meses de abril e agosto (estação chuvosa). Para as análises de períodos chuvosos foram consideradas as ocorrências de dias chuvosos consecutivos entre os meses de outubro e fevereiro (estação seca). Os períodos secos e chuvosos foram analisados em três diferentes intervalos de tempo (≥ 5 dias, ≥ 10 dias, ≥ 15 dias), definidos através de análises das ocorrências de dias secos e chuvosos, sendo o fim de cada intervalo determinado pela ocorrência de um dia chuvoso ou seco, respectivamente. Na definição de dias seco considerou-se como valores de referência para a precipitação 1, 3 e 5mm (SANTOS et al., 2009; ARRUDA & PINTO, 1980). Assim, dias com precipitação igual ou inferior a esse valor de referência foram considerados secos, e dias com precipitação superior foram considerados chuvosos. As análises foram realizadas com o auxílio do aplicativo *Instat Climatic* (STERN et al., 2005).

A função densidade de probabilidade para a distribuição gama é dada por:

$$f(x) = \frac{\lambda^r}{\Gamma(r)} x^{r-1} e^{-\lambda x} \quad \text{para } x \geq 0 \quad (\text{Eq.1})$$

$$f(x) = 0 \quad \text{para } x < 0 \quad (\text{Eq.2})$$

Onde, os parâmetros da distribuição gama, que podem assumir qualquer valor positivo, são: λ , taxa média do processo; r , número específico de eventos que ocorrem até que a variável X (tamanho do segmento de tempo ou espaço) seja atingida; e $\Gamma(r)$ é a função gama, definida por:

$$\Gamma(r) = \int_0^{\infty} x^{r-1} e^{-x} dx \quad \text{para } r > 0 \quad (\text{Eq.3})$$

Interpolação e espacialização dos períodos secos e chuvosos

As características espaciais das ocorrências de períodos secos e chuvosos foram obtidas usando o software Qgis 2.14.2. Na fase da geração da grade regular, uma grade com 5 km de resolução foi definida para a interpolação espacial da probabilidade de ocorrência dos períodos secos e chuvosos. A interpolação espacial foi realizada com a aplicação do método Spline Tension. O método usa uma representação contínua de pontos de dados distribuídos irregularmente nos quais equações diferenciais ajustam uma superfície em pontos de grade. Os cálculos de derivação são realizados repetidamente até que uma diferença (convergência ou tolerância) entre os valores amostrados e estimados, especificados pelo usuário, seja atingida, ou até que um determinado número máximo de iterações seja atingido. A grade é ajustada pela resolução da equação diferencial bi harmônica modificada (SMITH & WESSEL, 1990).

Resultados e Discussão

O Estado de Alagoas, apesar de não possuir grande extensão territorial, possui grande irregularidade na distribuição das ocorrências de chuvas. A análise de eventos diários de precipitação mostrou que o Estado apresenta alta probabilidade nas ocorrências de períodos secos e chuvosos (Figuras 1 a 5). Possui estação seca e chuvosa bem definida, sendo o período de maior e menor ocorrência de chuva, na maior parte do Estado, ocorrendo de abril a agosto e outubro a fevereiro, respectivamente (CARVALHO et al., 2017). A ocorrência de períodos secos na estação chuvosa mostrou-se altamente variável entre as regiões da Zona da Mata, Litoral, Agreste e Sertão (Figura 1).

As regiões do Litoral e da Zona da Mata, possuem maior volume de água precipitada em todo o Estado de Alagoas e, por isso, a variação de dias entre os períodos secos foi mais intensa. Assim, observou-se que ao considerar períodos secos mais longos a probabilidade de ocorrência foi menor e, conseqüentemente, a variação foi mais intensa do que nas outras regiões de Alagoas. Nessas regiões, períodos secos de 5 dias ocorrem com maior frequência com probabilidade acima de 95% (Figura 1). Dessa forma, pode-se considerar que, a estação chuvosa do Estado comumente apresenta dias secos consecutivos com período superior ou igual a 5 dias. Segundo Carvalho (2010), no município de Rio Largo, localizado na região da Zona da Mata, os meses de junho e julho são caracterizados por maiores ocorrências de dias chuvosos, e assim, a maior probabilidade de ocorrer períodos secos foram para períodos de dois dias (CARVALHO, 2010). As regiões Agreste e Sertão apresentam também, como em todo o Estado, maiores ocorrências de períodos secos de 5 dias, com probabilidade variando de 98 a

100%, essas regiões possuem menor precipitação total acumulado no ano, e por isso caracterizam-se por maior frequência de chuvas de menor intensidade.

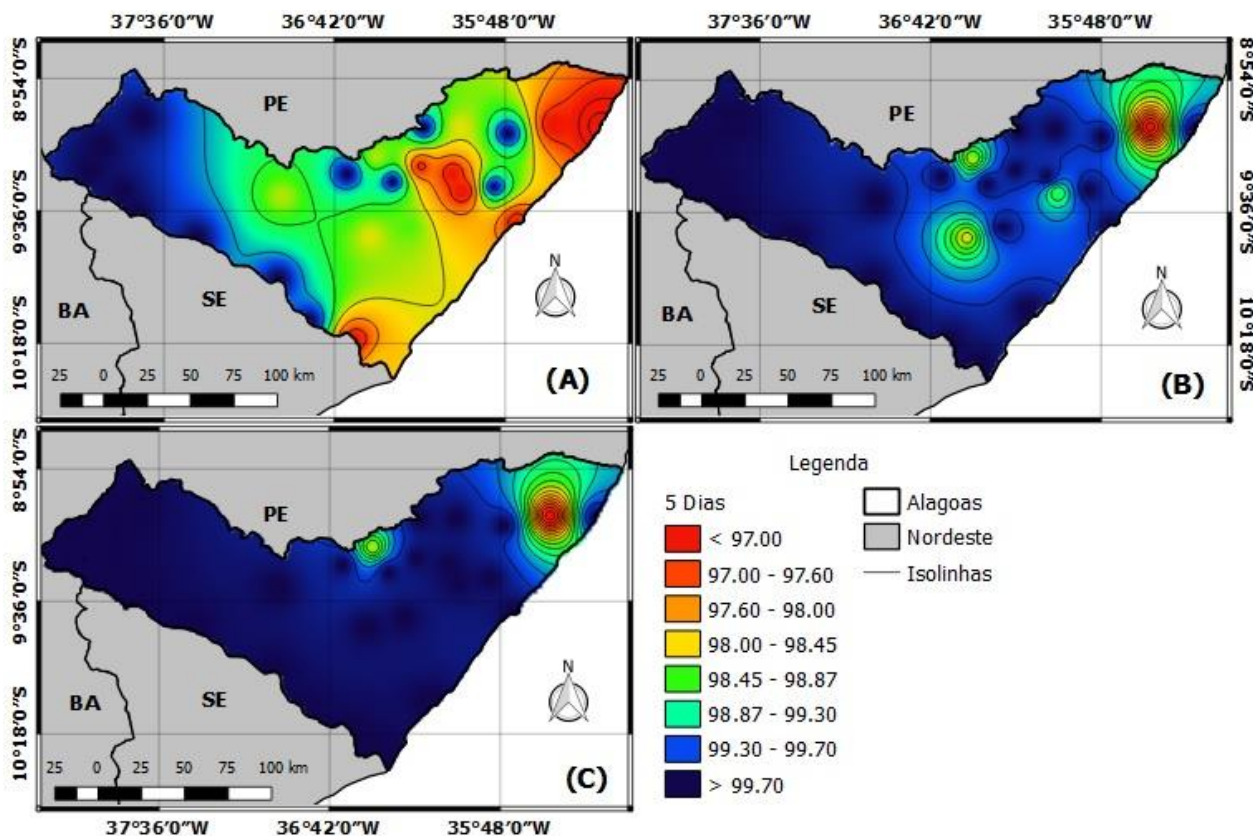


Figura 1. Probabilidade de ocorrência de períodos secos de 5 dias na estação chuvosa para o Estado de Alagoas, considerando os limites de precipitação de a) 1mm; b) 3mm; e c) 5mm.

A ocorrência de períodos secos de 10 dias é maior na região do Sertão e Agreste, com probabilidade variando 62,5% (Figura 2a) a 100% (Figura 2c). Esses resultados mostram que, ocorrências de períodos secos mais longos ocorrem com maior frequência nessas regiões. Ressalta-se ainda que, nas regiões do Litoral e Zona da Mata, há intensas ocorrências de períodos secos de 10 dias (Figura 2), esses períodos apresentam probabilidade variando de 30% (Figura 2a) a 70% (Figura 2c). Porém, a região norte do Litoral, que compreende o município de Porto Calvo, apresenta menor ocorrência, com probabilidade variando de 30 a 50%, mostrando que, nessa parte da região houve maior ocorrência de chuvas.

Períodos secos mais longos (15 dias) ocorrem em menor frequência, com probabilidade variando de 0 a 30% (Figura 3). Azevedo e Leitão (1990) ao analisarem as ocorrências dos períodos secos na região da Paraíba, constataram que, em média, 90% das ocorrências são para períodos secos igual ou inferior a 10 dias. Para o sertão pode ser visto que, na parte norte do sertão do São Francisco (Figura 3), onde as ocorrências de períodos secos (15 dias) ocorrem com maior frequência, do que toda a região do Sertão com probabilidades oscilando de 36% (Figura 3a) a 90%(Figura 3c). O nível de 70 a 75% de probabilidade de ocorrências de chuvas prováveis é mais confiável para a realização das atividades agrícolas (BERNARDO, 1995).

Esses resultados mostram que, boa parte das chuvas diárias que ocorrem na região de estudo são inferiores a demanda hídrica de uma cultura. A alta ocorrência de dias secos pode afetar a produtividade das culturas, sendo a irrigação uma alternativa para disponibilizar água as culturas agrícolas. Porém, a baixa probabilidade de ocorrer um período seco mais longo em algumas regiões como a Zona da Mata e Litoral, significa que se espera quantidade satisfatória de água disponível no solo, o que pode favorecer a produção agrícola da região.

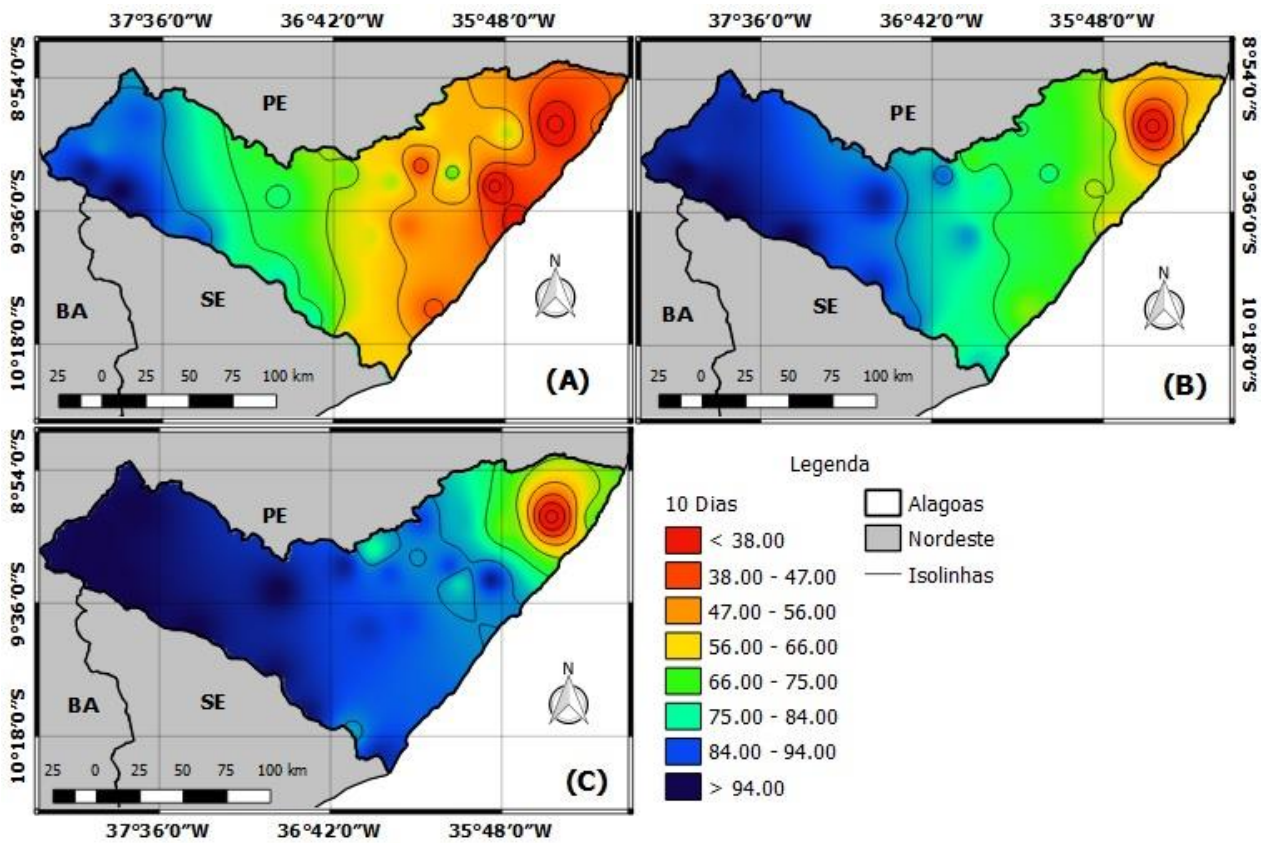


Figura 2. Probabilidade de ocorrência de períodos secos de 10 dias na estação chuvosa para o Estado de Alagoas, considerando os limites de precipitação de a) 1mm; b) 3mm; e c) 5mm.

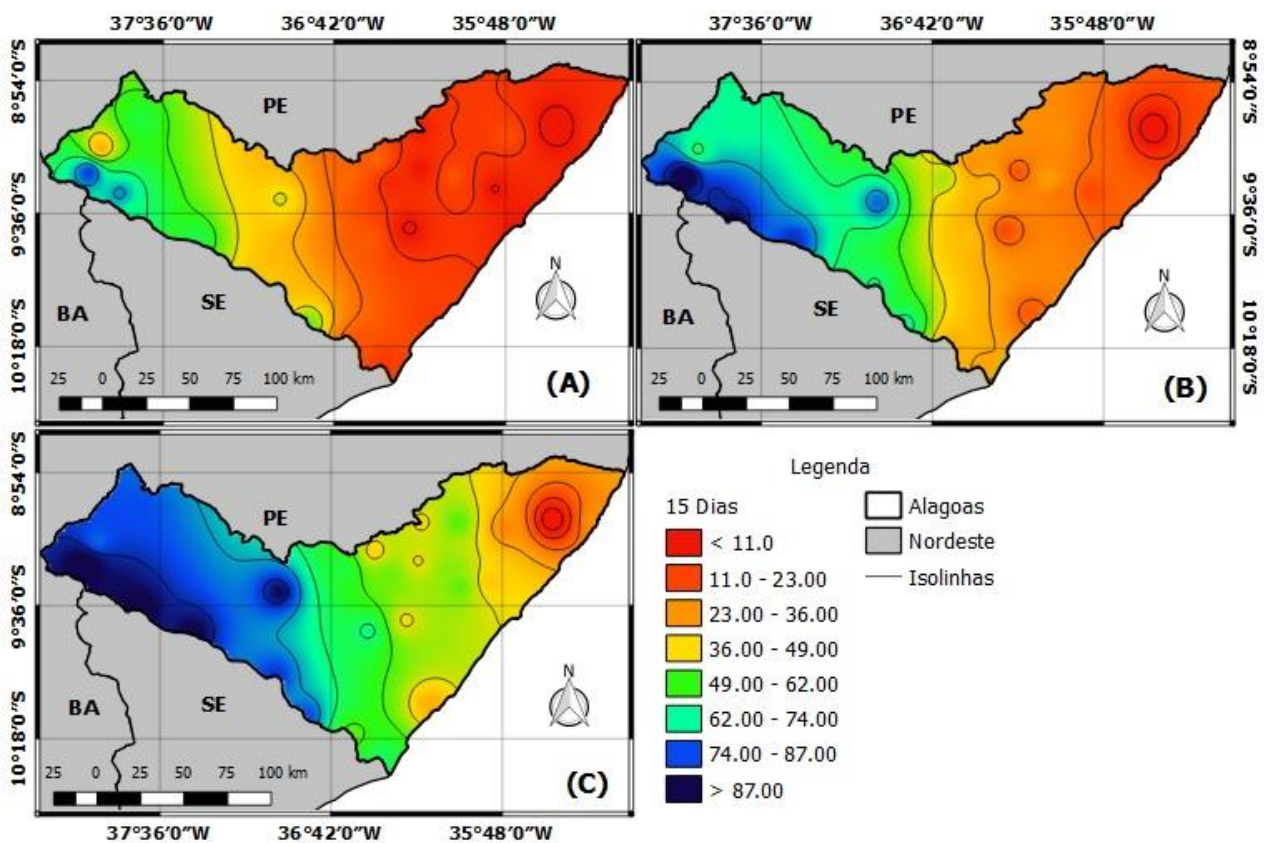


Figura 3. Probabilidade de ocorrência de períodos secos de 15 dias na estação chuvosa para o Estado de Alagoas, considerando os limites de precipitação de a) 1mm; b) 3mm; e c) 5mm.

Apesar de ser o período considerado como chuvoso, a precipitação que ocorre na maior parte do tempo não supre a demanda hídrica de várias culturas, uma vez que a precipitação diária inferior a 1mm não contribui para repor ou suprir as necessidades hídricas das plantas, pois essa quantidade de precipitação é normalmente transpirada pelas plantas ou evaporada pela superfície do solo (NIEUWOLT, 1989). Carvalho et al. (2017) ratificam que, precipitação de até 3mm pode ser considerada insuficiente, já que é praticamente perdida por evapotranspiração, principalmente durante o período entre setembro a março, quando a demanda evaporativa da atmosfera é alta. Fietz et al. (1998) estudando a probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos na região de Dourados, afirmaram que, déficit hídrico diário restringe o crescimento e desenvolvimento de culturas em suas diversas fases fenológicas. Dutra et al. (2015) afirmam que, em resposta ao déficit hídrico em fases críticas, as plantas em geral, reduzem a atividade estomática, influenciando outra variável como a fotossíntese, provocando assim consequências negativas no crescimento e desenvolvimento das culturas, refletindo diretamente na produtividade.

Ao analisar as ocorrências de períodos chuvosos constata-se que, o período de 5 dias ocorre com maior frequência em todo o Estado com variação de 1 a 30% (Figura 4), principalmente na região da Zona da Mata e Litoral, onde a probabilidade chega a ser superior a 26% de ocorrência. Assim, observa-se que para a região do Litoral Alagoano a probabilidade de ocorrer chuva durante a estação seca foi maior para 1mm (Figura 4a) decrescendo a probabilidade com o aumento da água precipitável (Figuras 4b e 4c). Para a região do Sertão há baixa probabilidade de precipitação com 5 dias consecutivos nos 3 limites estudado. Dessa forma, tem-se boas chances de ocorrer uma sequência consecutiva de dias chuvosos mais curtos na Zona da Mata. Porém, as chances de ocorrer períodos chuvosos mais longos são baixas (Figuras 5 e 6). As ocorrências de períodos chuvosos mais longos não atingiram a probabilidade de 1%, indicando que, as chances de ocorrer dias chuvosos consecutivos superior a 10 e 15 dias entre os meses de setembro a fevereiro, são muito baixas.

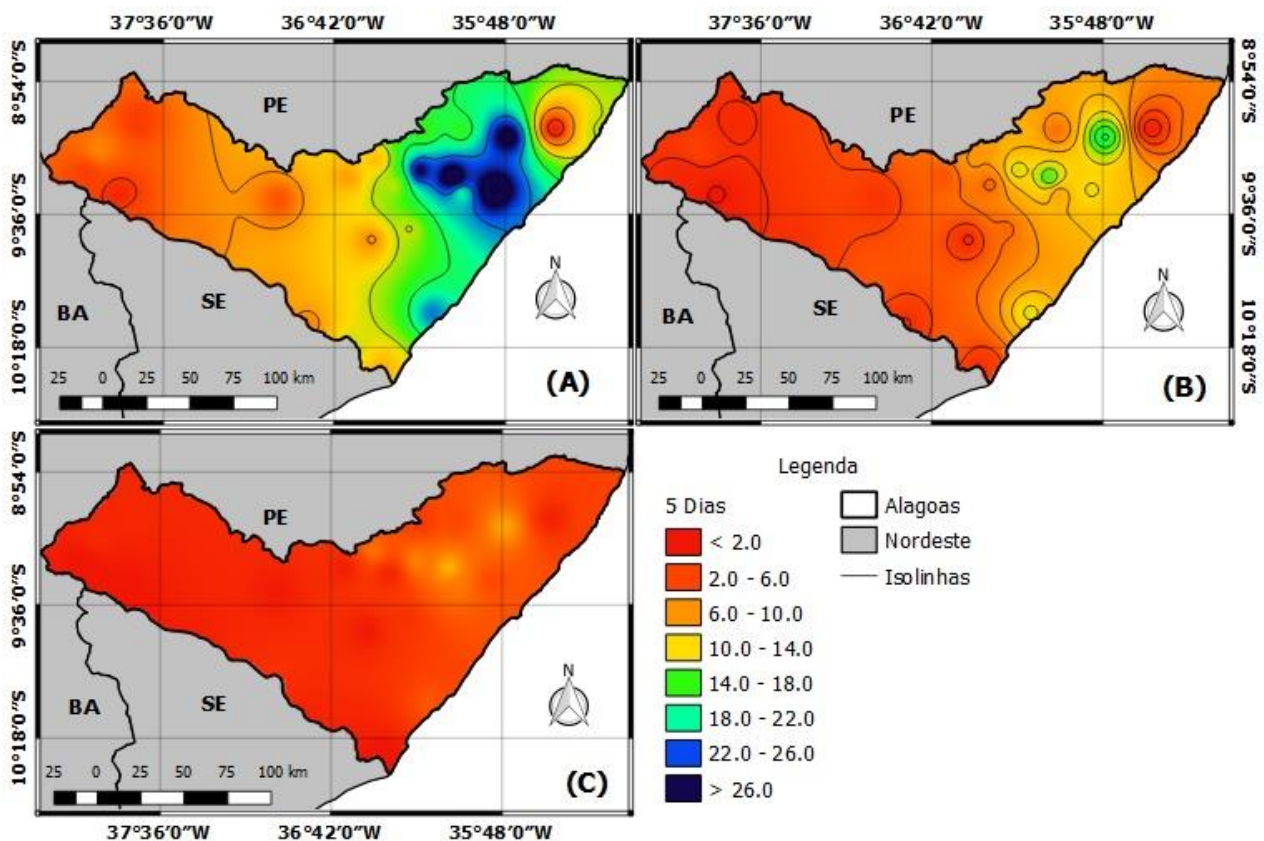


Figura 4. Probabilidade de ocorrência de períodos chuvosos de 5 dias na estação chuvosa para o Estado de Alagoas, considerando os limites de precipitação de a) 1mm; b) 3mm; e c) 5mm.

Considerando períodos chuvosos de 10 dias consecutivos observa-se que, para 1mm (Figura 5a) a probabilidade oscila de 0 a 0,80% para Agreste e Litoral Alagoano. Para 3mm, apenas uma parte de Alagoas tem uma probabilidade significativa, pois, para a grande parte da região é muito baixa a

ocorrência de chuvas com intensidade de 3mm no período de 10 dias. E para 5mm, apenas a região de Ibateguara possui probabilidade superior a 0,76%.

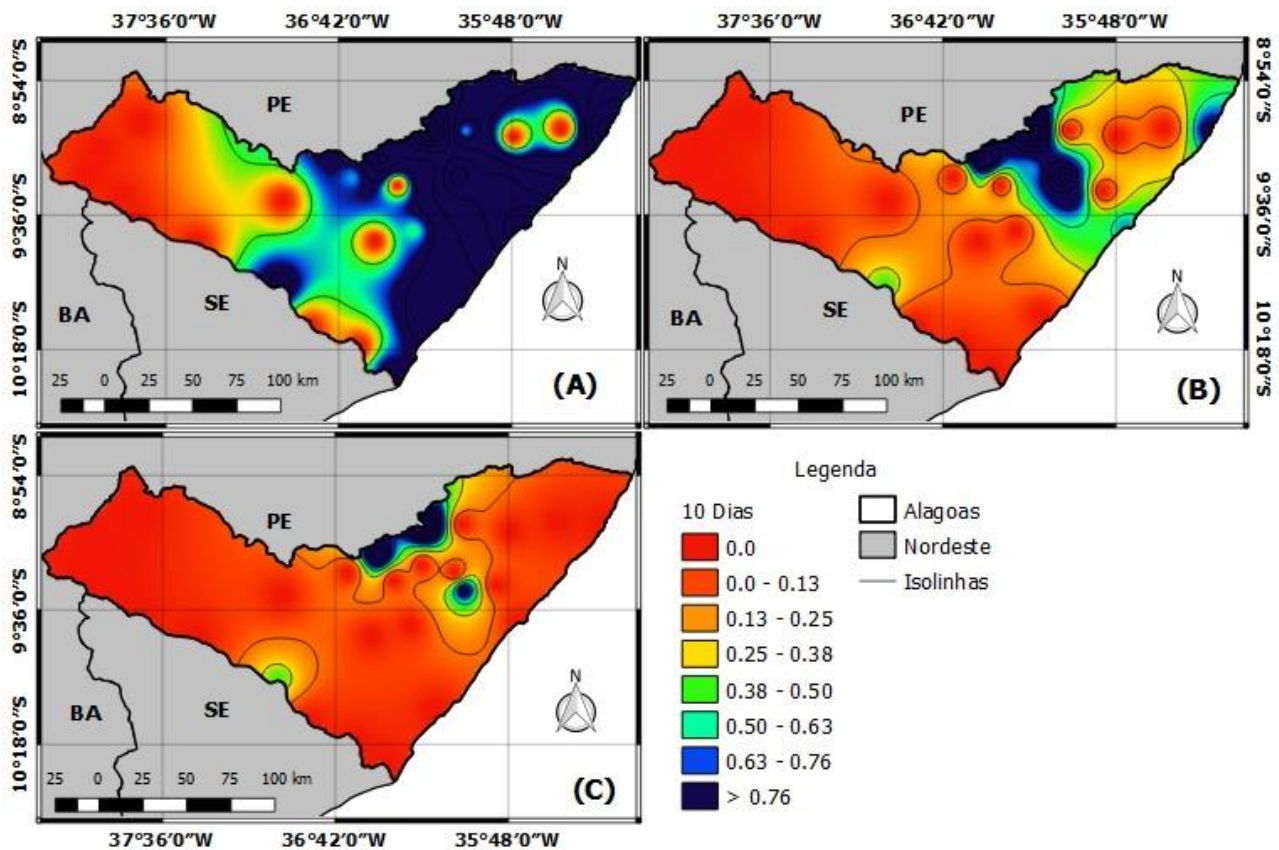


Figura 5. Probabilidade de ocorrência de períodos chuvosos de 10 dias na estação chuvosa para o Estado de Alagoas, considerando os limites de precipitação de a) 1mm; b) 3mm; e c) 5mm.

Observa-se ainda que, grande parte de Alagoas tem baixa probabilidade de precipitação de 1mm para períodos chuvosos de 15 dias. Apenas uma parte da Zona da Mata e Ibateguara apresenta alguma probabilidade de precipitação (Figura 6a). Para 3mm, apenas Traipu e Rio Largo contemplam alguma possibilidade de precipitação de 3mm no período de 15 dias (Figura 6b). Na Figura 6c, apenas a região de Traipu apresenta probabilidade oscilando de 0,16 a 0,50 para 5mm.

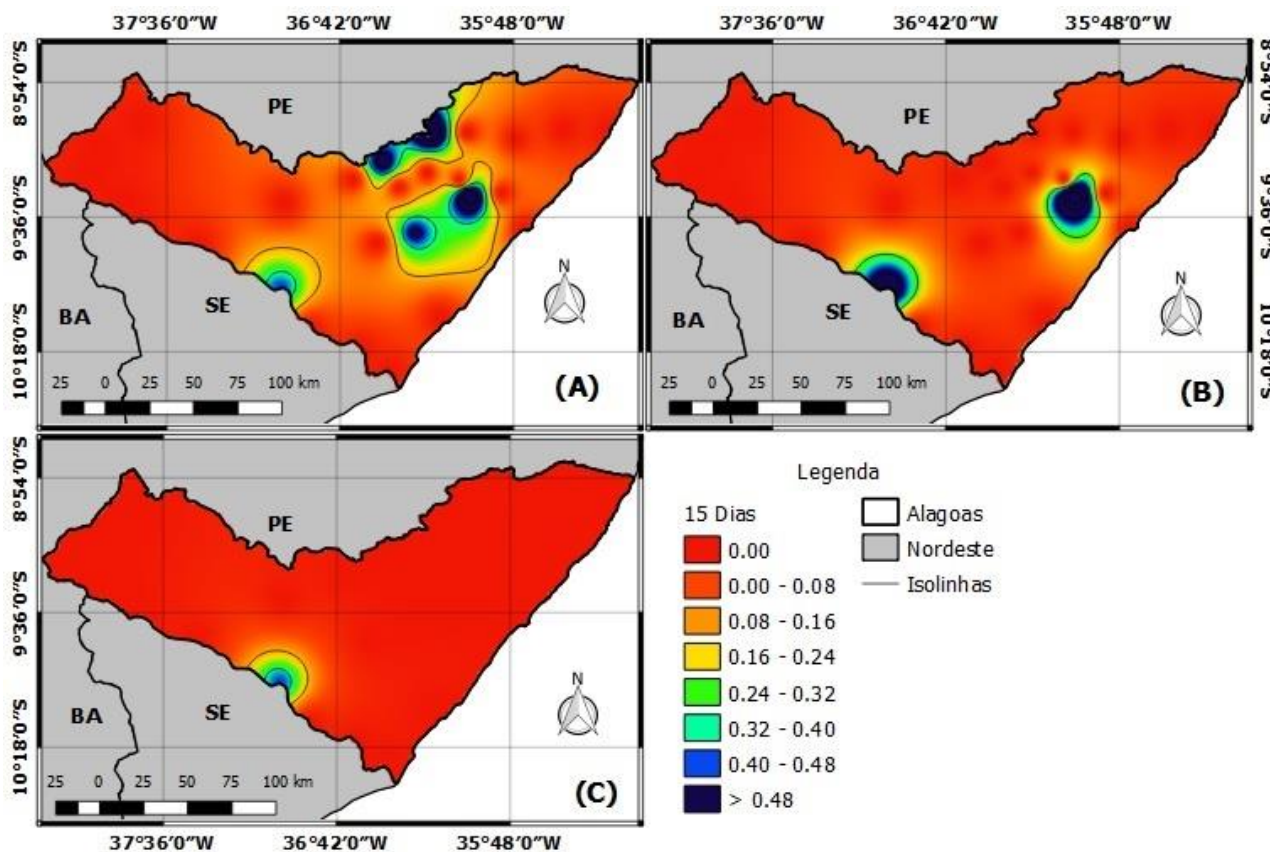


Figura 6. Probabilidade de ocorrência de períodos chuvosos de 15 dias na estação chuvosa para o Estado de Alagoas, considerando os limites de precipitação de a) 1mm; b) 3mm; e c) 5mm.

Conclusão

Análises das ocorrências de períodos secos e chuvosos evidenciam a informação propalada acerca da distribuição da chuva em Alagoas, servindo como base para auxiliar o desenvolvimento de atividades em diversos setores econômicos.

A ocorrência de períodos secos na estação chuvosa (veranicos) pode ser prejudicial para o desenvolvimento de atividades na agricultura, a qual pode reduzir a produção final das culturas, trazendo prejuízos para a economia local. Além disso, os períodos secos mais longos, mesmo que não ocorram em maior frequência, podem provocar a perda de toda uma lavoura prejudicando tanto a produtor e conseqüentemente o fornecimento de alimentos. Regiões como a Zona da Mata e Litoral possuem maior volume pluviométrico no Estado, porém a ocorrência de períodos secos exige que haja o uso de irrigação.

Em relação às ocorrências de períodos chuvosos durante a estação seca, evidenciou-se que todo o Estado apresentou baixa ocorrência de dias chuvosos consecutivos, o que evidencia a importância da agricultura irrigada, principalmente nas regiões do Agreste e Sertão.

Referências

- ANA. Agência Nacional de Águas. Sistema de Informações Hidrológicas-Hidroweb. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 5 set. 2018.
- ARRUDA, H. V. de; PINTO, H. S. An alternative model for dry-spell probability analysis. *Monthly Weather Review*, v.108, n.6, p.823-825, 1980.
- ASSAD, E. D.; MASUTOMO, R.; SANO, E. E.; CASTRO, L. H.; SILVA, F. M. Veranico na região dos cerrados brasileiros: Frequência e probabilidade de ocorrência. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.28, n.9, p.993-1003, 1993.
- AZEVEDO, P. V.; LEITÃO, M. M. V. B. R. Aplicação de processos em cadeia de Markov às precipitações diárias no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.5, n.1, p.389-402, 1990.
- BARROS, A. H. C.; ARAUJO FILHO, J. C. de; SILVA, A. B. da; Santiago, G. A. C. F. *Climatologia do Estado de Alagoas*. Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E). 2012.
- BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 6.ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 1995. 657p.

- BARRON, J.; ROCKSTROM, J.; GICHUKI, F.; HATIBU, N. Dry spell analysis and maize yields for two semi-arid locations in East Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.117, p.23-37, 2003.
- CARVALHO, A. L. Estação de cultivo baseada na precipitação pluvial diária e na ocorrência de períodos secos para a região de Rio Largo, Alagoas. Maceió, 76f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2010.
- CARVALHO, J. R. P. de; ASSAD, E. D.; EVANGELISTA, S. R. M.; PINTO, H. S. Estimation of dry spells in three Brazilian regions — Analysis of extremes. *Atmospheric Research*, v.132-133, p.12-21, 2013.
- CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; WANDERLEY, H. S. Aplicação da cadeia de Markov para dias secos e chuvosos. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.32, n.2, p.207-214, 2017.
- CARVALHO, A. L.; SOUZA, J. L.; LYRA, G. B.; PORFÍRIO, A. C. S. Ocorrência de períodos secos na Região de Rio Largo, Alagoas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28, n.2, p.173-180, 2013.
- CASTRO NETO, P.; SEDIYAMA, G. C.; VILELA, E. A. Probabilidade de ocorrência de períodos secos em Lavras, Minas Gerais. *Ciência e Prática*, v.4, n.1, p.46-55, 1980.
- DUTRA A. F.; MELO A. S.; FILGUEIRAS L. M. B.; SILVA A. R. F.; OLIVEIRA I. M.; BRITO, M. E. B. Parâmetros fisiológicos e componentes de produção de feijão-caupi cultivado sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.10, p.189-197, 2015.
- FIETZ, C. R. URCHEI, M. A.; FRIZZONE, J. A.; FOLEGATTI, M. V. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos na região de Dourados, MS. *Irriga*, v.3, n.1, p.16-22, 1998.
- LIMA, M. C. Variabilidade da precipitação no litoral leste da região nordeste do Brasil. São José dos Campos: INPE. 222f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1991.
- LOO, Y. Y.; BILLA, L.; SINGH, A. Effect of climate change on seasonal monsoon in Asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia. *Geoscience Frontiers*, v.6, n.6, p.817-823, 2015.
- MACIE, O. A. A.; FREITAS, E. D. Características da estação chuvosa em Moçambique e probabilidade de ocorrência de períodos secos. *Ciência e Natura*, v.38, p.232-239, 2016.
- MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão da dinâmica das chuvas no nordeste brasileiro, *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.17, n.1, p.1-10, 2002.
- NIEUWOLT, S. Estimating the agricultural risks of tropical rainfall. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.45, p.251-263, 1989.
- PERTUSSATTI, C. A. Veranicos no Estado do mato grosso: análise da variabilidade espaço-temporal e modelagem estatística. 101f. Dissertação (Mestrado). Curso de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade de Brasília. Brasília, 2013.
- REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. Entendendo o Tempo e o Clima na América do Sul. *Terrae*, v.8, n.1, p.34-50, 2012.
- SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAMANA RAO, T. V.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, p.39-47, 2009.
- SANTOS, C. M.; SOUZA, J. L.; FERREIRA JUNIOR, R. A.; TIBA, C.; MELO, R. O.; LYRA, G. B.; TEODORO, I.; LYRA, G. B.; LEMES, M. A. M. On modeling global solar irradiation using air temperature for Alagoas State, Northeastern Brazil. *Energy*, v.71, p.388-398, 2014.
- SIVAKUMAR, M. V. K. Empirical analysis of dry drought spells for agricultural applications in West Africa. *Journal of Climate*, v.5, p.532-539, 1992.
- SOUZA, J. L. de; MOURA FILHO, G.; LYRA, R. D. F.; TEODORO, I.; SANTOS, E. A.; SILVA, J. L.; SILVA, P. R. T.; CARDIM, A. H.; AMORIN, E. C. Análise da precipitação pluvial e temperatura do ar na região do Tabuleiro Costeiro de Maceió, AL, período 1972-2001. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.2, p.131-141, 2004.
- SOUZA, I. F. de; NETA, A. P. B.; CAMPOS, C. R. S.; SILVA, E. O.; COSTA, O. A. Análise da distribuição da frequência mensal de precipitação do município de Carira, Sergipe. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 14, 2006, Florianópolis. Anais...Florianópolis, 2006.
- SOUZA, J. L.; LIMA, F. Z. Clima - Estudo de impactos ambiental, levantamento ambiental e relatório, no meio ambiente de área de proteção ambiental de Piaçabuçu-AL. In: Relatório Técnico. Maceió. UFAL: 1995. p.180-238.
- STERN, R. D.; RIJKS, D.; DALE, I.; KNOCK, J. *INSTAT Climatic Guide*. 2005. 325p.
- SMITH, W.; WESSEL, P. Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, v.55, n.3, p.293-305, 1990.

KELLER FILHO, T.; ZULLO JUNIOR, J.; LIMA, P. R. S. R. Análise da transição entre dias secos e chuvosos usando cadeias de Markov de terceira ordem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.41, n.9, p.1341-1349, 2006.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation on Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v.108, n.4, p.488-498, 1980.

VIANA, T. V. A.; AZEVEDO, B. M.; BOMFIM, G. V.; ANDRADE JUNIOR, A. S. Probabilidade de ocorrência de períodos secos e chuvosos, em Pentecoste, CE. *Irriga (Botucatu)*, v.7, n.3, p.226-229, 2002.

ESTUDO DAS DEMANDAS DE ÁGUA E ENERGIA PARA FRUTÍFERAS IRRIGADAS POR DOIS SISTEMAS PRESSURIZADOS

Soahd Arruda Rached Farias¹

José Dantas Neto²

Jean Pereira Guimarães³

Mayra Gislayne Melo de Lima⁴

Felipe Guedes de Souza⁵

Elka Costa Santos Nascimento⁶

¹Prof^a Adjunta da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG/UAEAg, rachedfarias@uol.com.br

²Prof^o Titular da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG/UAEAg, zedantas1995@gmail.com

^{3,4,5,6}Mestres e Doutorandos em Irrigação e Drenagem da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG/UAEAg, jean.p.guimaraes@gmail.com; mayramelo.ufcg@live.com; felipeguedesjm_16@hotmail.com; elka_costa@hotmail.com

Introdução

A fruticultura irrigada vem se desenvolvendo consideravelmente nos últimos anos nas regiões brasileiras. A produção estimada de frutas para 2017 é de aproximadamente 44 milhões de toneladas (IBGE, 2016). Esse volume mantém o Brasil como terceiro maior produtor de frutas do mundo, atrás apenas da China e da Índia, respectivamente.

A região Nordeste possui um papel de destaque na atividade frutícola do País. A fruticultura se apresenta como um grande potencial de elevação da oferta de emprego e renda. As condições climáticas da região nordestina, que representava um obstáculo para o cultivo de grãos e a pecuária, transformaram-se numa vantagem quando se trata da fruticultura irrigada (GOMES, 2015).

Perroni et al. (2015) ressaltam que, a adoção de técnicas de irrigação constitui um aumento tecnológico visando fazer com que as culturas atinjam melhorias na produtividade, para isso destacam que é essencial que se faça o uso mais eficiente dos recursos hídricos e energéticos disponíveis.

A irrigação é uma técnica responsável por consumir a maior demanda de água disponível, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2013), no Brasil houve um aumento da vazão retirada de 866 m³/s (47% do total) em 2006, para 1.270 m³/s (54% do total) em 2010, seguida de abastecimentos urbano e rural, industrial e animal. Dados da FAO estimam que, a quantidade de água utilizada na agricultura irrigada tenha um aumento de 11% no período entre 2008 e 2050. A previsão é de que essa necessidade se eleve em torno de 5% (CONGROVE & COSGROVE, 2012).

A agricultura brasileira utiliza cerca de 61% da água captada do país, dessa quantidade, apenas 50% é utilizado realmente pelas plantas, e os 50% restantes são desperdiçados durante as etapas de captação, armazenamento, distribuição e aplicação da água na irrigação (ARAÚJO et al., 2011). Os autores ainda destacam que, na agricultura irrigada há um elevado desperdício de água e afirmam que, este acarreta também um desperdício de energia elétrica, sendo essencial a otimização da água e da energia no uso da irrigação. Azevedo Netto (2002) afirma que, a energia utilizada nos sistemas de irrigação pode representar, dependendo do sistema, mais da metade do seu custo variável. Sá Júnior e Carvalho (2016) complementam que, os custos com a operacionalização da irrigação são os que exercem maior influência sobre o valor final do produto, sendo o consumo energético destes sistemas a mais importante variável.

Nesse sentido esse trabalho tem como objetivo analisar as demandas de água e energia para as culturas do Coco Anão (*Cocos Nucifera L.*), Mamão Havaí (*Carica Papaya*) e Banana Pacovan (*Musa spp*) utilizando-se dois sistemas de irrigação pressurizada (microaspersão e aspersão convencional/sub-copa), com valores gerados através de simulações de projetos agrícolas irrigados.

Material e Métodos

O trabalho consistiu na realização de simulações de implantações de sistemas de irrigação pressurizados, em municípios localizados nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Sergipe (Figura 1).

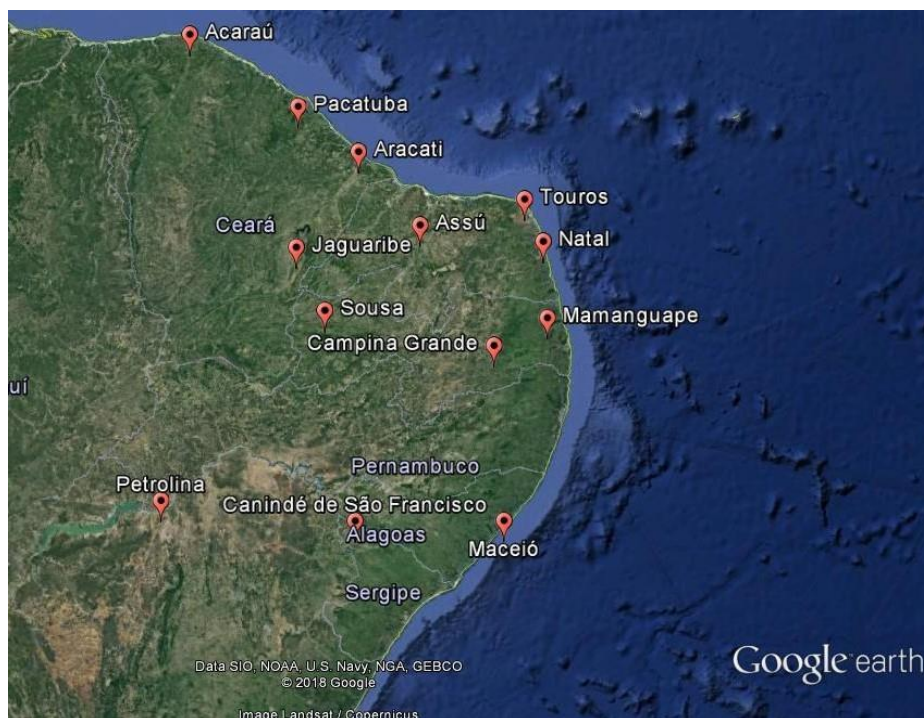


Figura 1. Localização dos municípios estudados. Fonte: Google Earth (2018).

A seleção dos municípios envolveu vários critérios, cuja prioridade foi atender a diversas características de climas, posições geográficas e potencial de exploração agrícola com irrigação para fruticultura.

Tabela 1. Descrição das características dos municípios selecionados para o estudo

| Município | Longitude Oeste | Latitude Sul | Bacia Hidrográfica | P (mm.ano ⁻¹) | Et0 (mm.ano ⁻¹) | Altitude (m) |
|-------------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------|
| Mamanguape, PB | 35° 07' | 06° 50' | Mamanguape | 128.75 | 113.88 | 54 |
| Pacatuba, SE | 36° 39' | 10° 27' | São Francisco | 96.58 | 116.73 | 20 |
| Maceió, AL | 35° 43' | 09° 40' | - | 118 | 126.08 | 45 |
| Aracaju, SE | 37° 03' | 10° 54' | Sergipe | 129.5 | 126.33 | 3 |
| Natal, RN | 35° 13' | 05° 48' | Potengi | 130 | 134.95 | 8 |
| Campina Grande, PB | 35° 52' | 07° 13' | Paraíba | 64.58 | 124.78 | 508 |
| Acaraú, CE | 40° 07' | 02° 53' | Acaraú | 89.08 | 135.11 | 7 |
| Aracati, CE | 37° 46' | 04° 34' | Jaguaribe | 74.91 | 134.08 | 20 |
| Touros, RN | 35° 28' | 05° 12' | - | 81.17 | 155.90 | 4 |
| Canindé de S. Fr ^{co} , SE | 37° 48' | 09° 39' | São Francisco | 39.42 | 146.34 | 130 |
| Sousa, PB | 38° 14' | 06° 45' | Piranhas | 60.58 | 160.96 | 200 |
| Jaguaribe, CE | 38° 37' | 05° 53' | Jaguaribe | 54.00 | 157.38 | 120 |
| Assú, RN | 36° 54' | 05° 35' | Piranhas | 45.92 | 153.25 | 68 |
| Petrolina, PE | 40° 30' | 09° 23' | São Francisco | 33.42 | 172.99 | 376 |

A concepção do trabalho foi estabelecida através da evapotranspiração mais crítica entre todos os municípios analisados. As culturas selecionadas foram coco anão ($K_c=0,8$), mamão Havaí ($K_c=0,7$) e banana Pacovan ($K_c=1$), por serem consideradas de consumo adequado pelo mercado da fruticultura, devido à adaptação fisiológica e exploração agrícola irrigada em todo o nordeste brasileiro.

Os critérios utilizados para estimar a demanda de água e energia para as culturas em estudo encontram-se apresentados na Tabela 2, assim como os parâmetros utilizados no projeto agrônômico.

Tabela 2. Critérios utilizados para estimar as demandas de água e energia e para o cálculo do projeto agrônômico

| Parâmetros de dimensionamento dos sistemas de irrigação* | | | |
|---|------------------|--------------------|-----------------------|
| Cultura | Coco Anão | Mamão Havaí | Banana Pacovan |
| Coefficiente de cultivo - Kc** | 0,8 | 0,7 | 1,0 |
| Espaçamento | 8 x 8 m | 3 x 2 m | 3 x 2 m |
| Fator de sombreamento – Ks (irrigação localizada) | 0,40 | 0,70 | 0,66 |
| Vazão de projeto – Q (m ³ .h ⁻¹) | 22 | 22 | 22 |
| Altura manométrica – H (mca) | 45 a 60 | 45 a 60 | 45 a 60 |
| Potência do conjunto moto bomba – Pot (cv) | 7,5 | 7,5 | 7,5 |
| Potência do conjunto moto bomba – Pot (kW) | 5,52 | 5,52 | 5,52 |
| Eficiência de aplicação – Ea (%) Aspersão convencional | 75 | 75 | 75 |
| Eficiência de aplicação – Ea (%) microaspersão | 90 | 90 | 90 |
| Tempo máximo de funcionamento diário (h) | 18 | 18 | 18 |
| Jornada semanal de trabalho (dias) | 6 | 6 | 6 |

* Os critérios utilizados para se estimar a demanda de água para as culturas do Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan se basearam na realidade de pequenos irrigantes.

** Estes coeficientes correspondem ao segundo ano da cultura, considerados máximos de necessidade hídrica.

Após foi realizado o cálculo do balanço hídrico, baseado na metodologia de Azevedo (1997), cuja diferença entre o uso consuntivo da cultura e a precipitação provável, foi considerada déficit (necessidade de irrigação), e o excesso desta diferença, foi considerado como zero de demanda de irrigação no mês, não sendo acumulativa para o mês seguinte. No cálculo de demanda de irrigação considerou-se a probabilidade de 75% de ocorrência de chuvas, visando resguardar os riscos de dados de médias e aproximar a um planejamento adequado próximo à precipitação efetiva, em situações reais quando, realmente, houver precipitações médias ou superiores no ano.

Para se adequar a realidade de agricultura irrigada, simulou o cultivo da bananeira e o mamoeiro em fileiras duplas de 4 x 2 x 2 m, equivalente a mesma área de fileira simples recomendada para o sombreamento utilizado; permite sistemas de irrigação localizado por microaspersão com uma linha de microaspersores atendendo a duas fileiras simultaneamente e quatro plantas, o que também é comum nos sistemas atuais.

O trabalho desenvolvido neste estudo baseou-se em uma área irrigada, utilizando-se de uma eletrobomba de 7,5 CV, com a mesma vazão e o mesmo tempo máximo de irrigação por dia.

Os dados de demanda de água e demanda de energia foram submetidos à análise dos parâmetros da estatística descritiva, como mínimo, máximo, média, desvio padrão e coeficiente de variação.

Resultados e Discussão

Os municípios selecionados foram agrupados de acordo com suas características climáticas, tendo como base a classificação climática proposta por Hargreaves (1974).

Dessa forma, os climas e seus respectivos municípios representantes, foram assim distribuídos:

- Clima Seco-Úmido: Mamanguape – PB, Pacatuba - SE, Maceió - AL, Aracaju - SE, Natal - RN e Campina Grande - PB;
- Clima Semiárido: Acaraú - CE, Aracati - CE e Touros -RN;
- Clima Árido à Muito Árido: Canindé de São Francisco – SE, Sousa - PB, Jaguaribe - CE, Açu - RN e Petrolina -PE.

A estimativa de consumo de água para irrigação após o procedimento de balanço hídrico levando-se em conta a precipitação provável a nível de 75% de probabilidade de ocorrer, gerou os respectivos valores para os 14 municípios do estudo (Tabela 2.), com os coeficientes de cultivo e sombreamento iguais ao longo do ano (microaspersão), para cada cultura em fase adulta (maior demanda). No caso do sistema de aspersão, os volumes de água poderão ser utilizados em planejamento para outras culturas perenes desde que apresentem valores de coeficiente de cultura semelhantes aos do Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan.

Tabela 3. Demandas de água bruta para irrigação por microaspersão e aspersão das culturas do Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan nas diferentes localidades

| Município | Microaspersão | | | Aspersão | | |
|-------------------------------------|--|-------------|----------------|-----------|-------------|----------------|
| | Coco Anão | Mamão Havaí | Banana Pacovan | Coco Anão | Mamão Havaí | Banana Pacovan |
| | (mil.m ³ .ha ⁻¹ .ano ⁻¹) | | | | | |
| Mamanguape, PB | 2,70 | 3,69 | 6,58 | 8,11 | 6,71 | 11,27 |
| Pacatuba, SE | 2,85 | 3,87 | 6,76 | 8,55 | 7,03 | 11,59 |
| Maceió, AL | 2,85 | 3,87 | 6,80 | 8,54 | 7,04 | 11,65 |
| Aracaju, SE | 2,92 | 4,00 | 6,86 | 8,78 | 7,28 | 11,76 |
| Natal, RN | 3,26 | 4,53 | 7,53 | 9,78 | 8,23 | 12,91 |
| Campina Grande, PB | 3,89 | 5,43 | 9,06 | 11,68 | 9,87 | 15,52 |
| Acaraú, CE | 4,18 | 5,90 | 9,48 | 12,56 | 10,71 | 16,24 |
| Aracati, CE | 4,63 | 6,51 | 10,60 | 13,88 | 11,84 | 18,17 |
| Touros, RN | 5,02 | 6,98 | 11,69 | 15,05 | 12,70 | 20,04 |
| Canindé de S. Fr ^{co} , SE | 5,68 | 8,08 | 12,67 | 17,04 | 14,70 | 21,72 |
| Sousa, PB | 5,93 | 8,46 | 13,30 | 17,78 | 15,38 | 22,81 |
| Jaguaribe, CE | 6,01 | 8,54 | 13,46 | 18,04 | 15,52 | 23,07 |
| Açu, RN | 6,12 | 8,75 | 13,57 | 18,36 | 15,91 | 23,27 |
| Petrolina, PE | 7,23 | 10,41 | 15,88 | 21,69 | 18,92 | 27,22 |
| Média | 4,52 | 6,36 | 10,30 | 13,56 | 11,56 | 17,66 |
| Mediana | 4,41 | 6,20 | 10,04 | 13,22 | 11,28 | 17,21 |
| Desvio padrão | 1,50 | 2,22 | 3,15 | 4,50 | 4,04 | 5,40 |
| Coefficiente de variação | 33,19% | 34,94% | 30,56% | 33,19% | 34,94% | 30,56% |

Analisando os dados da Tabela 3, observa-se que o município de Mamanguape-PB necessita de apenas 37,4, 35,5 e 41,4% do volume de água, respectivamente para o coqueiro, mamoeiro e bananeira da demanda de água necessária para ser aplicada no município de Petrolina – PE (microaspersão e aspersão), o qual foi o mais desfavorecido, com 7,00 mm.d⁻¹ no mês de novembro; potencial de área produzida e, em contrapartida uma receita maior baseando-se em uso igual ao do volume de água e de energia. O potencial de área produzida e, em contrapartida uma receita maior baseando-se em uso igual ao do volume de água e de energia.

Através de análise estatística descritiva se verifica que o valor médio de demanda bruta de Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan, 4,52; 6,36; 10,30 mil.m³.ha⁻¹.ano⁻¹ respectivamente, ficou próximo aos de demandas dos municípios de Acaraú-CE e Aracati-CE (Tabela 3), para o sistema de irrigação por microaspersão. Os coeficientes de variação entre os 14 municípios estudados possuem variabilidade elevada, tendo o Mamão Havaí, cultura de menor coeficiente de cultivo K=0,7, a maior variação, com 34,94%; as culturas do Coco Anão e a Banana Pacovan tiveram seus respectivos valores de 33,19 e 30,56%.

As áreas de perímetros públicos irrigados, como Canindé de São Francisco - SE, Sousa - PB, Jaguaribe - CE, Açu - RN e Petrolina - PE no aspecto de demanda de água representaram no grupo estudado, os locais de maiores volumes para atender à produção irrigada.

Os valores de demanda bruta, gerados do planejamento com irrigação localizada, como observa-se na Tabela 3, possuem correção de coeficiente de sombreamento (Ks) e redução de área molhada do emissor, conforme recomendação para frutíferas citadas (BERNARDO, 2009). Os resultados obtidos por este trabalho são motivos de incentivo à mudança do sistema de irrigação tradicional, a exemplo de aspersão para irrigação localizada, considerando-se a grande importância atual sobre a disponibilidade de água na questão de produção irrigada, em que, nas condições para o futuro próximo, não só a energia será alvo de preocupação nos custos da cultura, mas, também, o preço da água.

Analisando-se o consumo entre culturas, constatou-se que na aspersão, o mamão havaí é a cultura menos exigente em água, com uma redução em torno de 34,54% com relação a cultura de maior demanda, a banana, enquanto que, na microaspersão a cultura menos exigente foi o Coco Anão, apresentando uma redução 56,12% do volume demandado pela banana, novamente a cultura mais exigente em água.

Silva et al. (2015) ao estudarem o consumo de água na irrigação para cultivo da bananeira, nas condições edafoclimáticas da bacia do riacho do Pontal no Semiárido de Pernambuco, obtiveram que é possível uma gestão mais eficiente da água, de forma menos onerosa e sem diminuição da produtividade, se forem aplicadas técnicas de irrigação como microaspersão e gotejamento, e naquelas

em que já existe microaspersão, os mecanismos devem se tornar mais eficientes, pois mesmo nas áreas em que é empregada a microaspersão, houve apenas 70% de eficiência no sistema.

Na Figura 2 observa-se valores de demanda de água para o sistema de irrigação localizada por microaspersão (a) e aspersão (b), baseados na média dos valores de acordo com o clima; isto permite coeficientes de variação menor e maior confiança no uso de um valor médio por clima analisado.

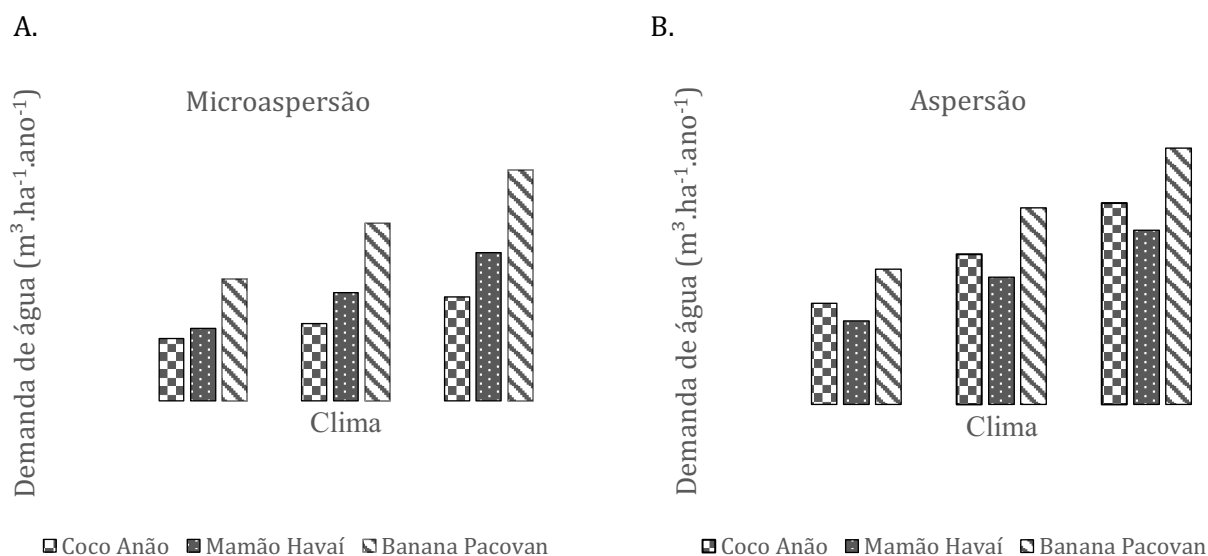


Figura 2. Demanda bruta de irrigação localizada por microaspersão (a) e aspersão (b) para as culturas do Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan para 3 climas diferentes do nordeste brasileiro.

Os valores de média de demanda de água para irrigação das 3 culturas obtidos por região, apresentaram baixa variação, têm-se os valores mais homogêneos de necessidade hídrica, situação que poderá identificar o uso destes valores como parâmetro confiável dentro do planejamento agrícola irrigado para as respectivas culturas e regiões em projetos futuros de agricultura irrigada.

Alves et al. (2014) enfatizam que, o conhecimento dos custos de produção e da rentabilidade é de fundamental importância para auxiliar o agricultor na tomada de decisões na cultura do Coco Anão.

Pelos resultados obtidos observa-se que é necessário incentivar a mudança do sistema de irrigação tradicional, neste caso a aspersão, por sistemas de irrigação localizada, que possuem eficiência de aplicação maior e, conseqüentemente, menor desperdício de água, haja vista que, devido à escassez, a água passou a ser dotada de valor econômico, conforme a Lei 9.433/97 e que, assim como o custo com a energia, será fonte de preocupação no planejamento agrícola irrigado (LOPES et al., 2012).

O resultado das demandas de energia na sequência da menor para a maior necessidade entre as culturas, indicam o município de Mamanguape-PB com o menor consumo de energia, com relação a Petrolina-PE, entre todos os municípios estudados, sendo 37,4% para a Coco Anão; 35,5% para o Mamão Havaí e 41,4% para a Banana Pacovan em relação ao necessário para atender a demanda do município de Petrolina-PE que necessita uma maior demanda para irrigar as mesmas culturas, em ambos os sistemas de irrigação simulados (Tabela 4). Isso se deve ao fato de que o primeiro necessita de menos bombeamento durante o ano por sua previsão de chuvas em maior quantidade.

Tabela 4. Demandas de energia elétrica para irrigação por microaspersão e aspersão das culturas do coco, mamão e banana nas diferentes localidades

| Município | Microaspersão | | | Aspersão | | |
|--------------------------------------|--|-------------|----------------|-----------|-------------|----------------|
| | Coco Anão | Mamão Havaí | Banana Pacovan | Coco Anão | Mamão Havaí | Banana Pacovan |
| | (mil. kW. ha ⁻¹ . ano ⁻¹) | | | | | |
| Mamanguape, PB | 0,68 | 0,93 | 1,65 | 2,03 | 1,68 | 2,83 |
| Pacatuba, SE | 0,71 | 0,97 | 1,70 | 2,14 | 1,76 | 2,91 |
| Maceió, AL | 0,71 | 0,97 | 1,70 | 2,14 | 1,77 | 2,92 |
| Aracaju, SE | 0,73 | 1,00 | 1,72 | 2,20 | 1,83 | 2,95 |
| Natal, RN | 0,82 | 1,14 | 1,90 | 2,45 | 2,07 | 3,24 |
| Campina Grande, PB | 0,98 | 1,36 | 2,27 | 2,93 | 2,48 | 3,90 |
| Acaraú, CE | 1,05 | 1,48 | 2,38 | 3,15 | 2,69 | 4,08 |
| Aracati, CE | 1,16 | 1,63 | 2,66 | 3,48 | 3,00 | 4,56 |
| Touros, RN | 1,26 | 1,75 | 2,93 | 3,78 | 3,19 | 5,03 |
| Canindé de São Fr ^{co} , SE | 1,43 | 2,03 | 3,18 | 4,28 | 3,69 | 5,45 |
| Sousa, PB | 1,49 | 2,12 | 3,34 | 4,46 | 3,86 | 5,72 |
| Jaguaribe, CE | 1,51 | 2,14 | 3,38 | 4,53 | 3,89 | 5,79 |
| Açu, RN | 1,54 | 2,20 | 3,41 | 4,61 | 3,99 | 5,84 |
| Petrolina, PE | 1,81 | 2,61 | 3,98 | 5,44 | 4,75 | 6,83 |
| Média | 1,13 | 1,60 | 2,58 | 3,40 | 2,90 | 4,43 |
| Mediana | 1,11 | 1,56 | 2,52 | 3,31 | 2,83 | 4,32 |
| Desvio padrão | 0,38 | 0,56 | 0,79 | 1,13 | 1,01 | 1,35 |
| Coefficiente de variação (%) | 33,19 | 34,94 | 30,56 | 33,19 | 34,94 | 30,56 |

Nota-se a partir dos dados obtidos na Tabela 4, uma proporcionalidade de consumo de energia entre os sistemas de irrigação estudados quando avaliados pela relação por hectare. O sistema por aspersão consome energia 3,00, 1,82 e 1,71 vezes mais que o valor planejado para irrigação localizada para a cultura do Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan, respectivamente.

A média obtida dentro do grupo estudado foi de 1,13; 1,59 e 2,58 mil kW ha⁻¹ ano⁻¹, no sistema de irrigação localizada por microaspersão, enquanto que na aspersão temos valores médios de 3,40; 2,90 e 4,43 mil kW ha⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, para as culturas do Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan, porém, os coeficientes de variação são considerados elevados, o que torna a média geral um valor não confiável para considerá-lo, sendo conveniente estabelecer uma média por localização da região.

As áreas de perímetros públicos irrigados, como Canindé de São Francisco-SE, Sousa-PB, Jaguarib-CE, Açu-RN e Petrolina-PE no aspecto de demanda de energia, representam no grupo estudado, os locais de maiores demandas para atender à produção irrigada; esses resultados exigem planejamento do uso das águas para culturas de boa rentabilidade financeira associada a baixo volume de água, que consequentemente implicação em menor necessidade de uso de energia elétrica, assim como a escolha de horários com valores de tarifas de energia reduzidas ou poderá promover inviabilidade econômica, reduzindo a produção e inviabilizando investimentos públicos e privados.

Na Figura 3 observa-se as médias dos valores de consumo de energia elétrica agrupados de acordo com a classificação climática de Hargreaves, para o sistema de irrigação localizada por microaspersão (a) e aspersão (b); isto permite coeficientes de variação menor e maior confiança no uso de um valor médio por clima analisado.

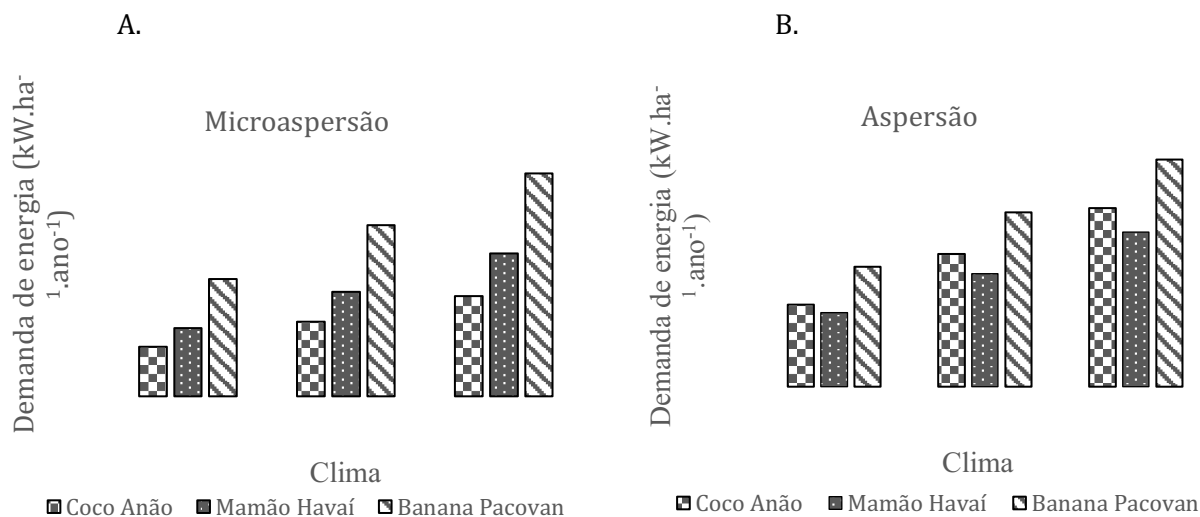


Figura 3. Demanda de energia para irrigação localizada por microaspersão (a) e aspersão (b) para as culturas do Coco Anão, Mamão Havaí e Banana Pacovan para 3 climas diferentes do nordeste brasileiro.

Os valores de média de demanda de energia das 3 culturas obtidos por região, apresentam baixa variação, têm-se os valores mais homogêneos de consumo de energia, situação que poderá identificar o uso destes valores como parâmetro confiável dentro do planejamento agrícola irrigado para as respectivas culturas e regiões em projetos futuros de agricultura irrigada.

Na irrigação por aspersão (Figura 3b), a ordem de grandeza nos valores de consumo de energia correlaciona-se com o coeficiente de cultivo, independente da cultura, quando na mesma condição de projeto, considerando-se que para culturas com $K_c = 1,0$ (Banana Pacovan) o consumo de energia ficou próximo de 3 a 7 mil $\text{kW ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$; para coeficientes de cultura de $K_c = 0,8$ (Coco Anão), a faixa de demanda de energia apresentou consumo em torno de 2 a 5,5 mil $\text{kW ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$; para coeficiente de $K_c = 0,7$ (Mamão Havaí) com consumo de energia de 1,5 a 5 mil $\text{kW ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$. Ressalta-se a importância dos dados de E_{To} e Precipitação provável de 75% do local do trabalho, relação de vazão pela potência do motor e/ou hectares pela potência que tem como adicional, as características da topografia e o dimensionamento hidráulico do projeto do sistema de irrigação.

Os resultados obtidos demonstram que é necessário incentivar a mudança do sistema de irrigação tradicional, neste caso a aspersão, por sistemas de irrigação localizada, que possuem eficiência de aplicação maior e, conseqüentemente, menor desperdício de água, haja vista que, devido à escassez, a água passou a ser dotada de valor econômico, conforme a Lei 9.433/97 e que, assim como o custo com a energia, será fonte de preocupação no planejamento agrícola irrigado (LOPES et al., 2012).

O conhecimento dos custos de produção, os quais o custo com energia elétrica nos cultivos irrigados se mostra como um dos principais componentes, bem como da rentabilidade é de fundamental importância para auxiliar o agricultor na tomada de decisões na produção agrícola (ALVES et al., 2014).

Conclusão

A demanda de água para cultura da banana, coco e mamão irrigados por aspersão e microaspersão, nos municípios do nordeste brasileiro, principalmente, os localizados na região de clima árido a muito árido foram considerados mais altos devido a uma maior demanda hídrica, função da evapotranspiração elevada e do baixo índice pluviométrico que, conseqüentemente refletem diretamente no aumento da demanda.

As demandas de energia elétrica para irrigação variam entre climas e dentre os climas, variam de acordo com a localidade. Dentre os municípios analisados o município de Mamanguape-PB é o que necessita de menos da metade da demanda de energia elétrica planejado para ser aplicado em Petrolina-PE para as três culturas. A cultura do Coco Anão foi a menos exigente em demanda de energia elétrica para irrigação no estudo e entre sistemas de irrigação analisados a demanda pelo sistema de microaspersão apresentou uma redução significativa nos valores de demanda de energia elétrica em comparação com o sistema de irrigação por aspersão.

Referências

- ALVES, C. O. M.; CAMPOS, K. C.; LIMA, P. V. P. S.; SOUZA, E. P. de. Perfil técnico e econômico da produção de coco irrigado no Ceará. *Revista de Política Agrícola*, v.23, n.1, 2014.
- ANA. Agência Nacional de Águas. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil*. 2013. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/spr/conjuntura/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil/ANA_CRHB_capitulo3.pdf>. Acesso em: 31 out. 2017.
- ARAUJO, D. da C. A.; DANTAS NETO, J.; LIRA, V. M. de; LIMA, V. L. A. de. Avaliação dos custos de energia elétrica no contexto operação e manutenção dos projetos públicos de irrigação. *Enciclopédia Biosfera*, v.7, n.12, 2011.
- AZEVEDO, H. M. de. Projeto de Irrigação, Campina Grande, PAPE/REECCT/UFPB, 1997.
- AZEVEDO NETTO, J. M.; FERNANDES, M. F.; ARAUJO, R.; ITO, A. E. Manual de hidráulica. 8. ed. 2002. 669p.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 8. ed. Atualizada e ampliada, Viçosa-MG: UFV, 2009.
- CONGROVE, C. E.; COSGROVE, W. J. (Org.). *The dynamics of global water futures: driving forces 2011 - 2050*. Unesco, 2012. (Global water futures 2050, 02).
- GOMES, O. P. Perfil socioeconômico e tecnológico de produtores de fruticultura irrigada na região do cariri, Ceará. 77f. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Economia Rural. Universidade Federal do Ceará. 2015,
- HARGREAVES, G. H. Precipitation dependability and potentials for agricultural production in Northeast Brazil, Utah State University-E.U.A. EMBRAPA, 1974. 123p.
- IBGE. Sistema IBGE de recuperação automática: banco de dados agregados. 2016. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov/>. Acesso em: 15 de agosto de 2017.
- LOPES, R. M. B. P.; DANTAS NETO, J.; FARIAS, S. A. R.; AZEVEDO, C. A. V.; FARIAS, M. S. S.; SANTOS, J. S. Demandas de água e energia elétrica para banana irrigada por microaspersão no estado da Paraíba. In: *INOVAGRI International Meeting e WINOTEC – Workshop Internacional de Inovações Tecnológicas na Irrigação*, 4, 2012, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2012.
- PERRONI, B. L. T.; FARIA, L. C.; CARVALHO, J. A.; OLIVEIRA, H. F. E. Influência do custo da energia elétrica e do material da tubulação na velocidade econômica de bombeamentos. *Irriga*, v.20, n.1, p.13-20, 2015.
- SÁ JUNIOR, A. de; CARVALHO, J. de A. Análise comparativa do custo para aplicação de uma lâmina de irrigação utilizando energia elétrica e diesel. *Revista Energ. Agric.*, v.31, n.3, p.259-266, 2016.
- SILVA, E. R. A. C.; MORAIS, Y. C. B.; SILVA, J. F. de; GALVÍNCIO, J. D. Consumo de água na irrigação para cultivo da bananeira nas condições edafoclimáticas da bacia do riacho do Pontal no Semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.8, n.3, p.921-937. 2015.

ANÁLISE DA CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO EM RECIFE E EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva¹
Maria Marle Bandeira²
Carlos Antonio Costa dos Santos³

¹Mestre e Doutoranda em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, virginia.mirtes2015@gmail.com

²Prof. Dr. UFCG, Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, carlostorm@gmail.com,

³Meteorologista, Agência de Águas do Estado da Paraíba, AESA, Campina Grande-PB, marle@aesa.pb.gov.br

Introdução

Um dos principais objetivos da Conferência das Partes da Convenção do Clima das Nações Unidas (COP24), com mais de 195 países participantes da União Europeia foi o de determinar como as metas nacionais de mitigação e adaptação à mudança do clima, as NDCs, estabelecidas no Acordo de Paris em 2015, serão atingidas até 2030.

A COP24 realizada esse ano de 2018 na Polônia, representa a primeira conferência do clima realizada após o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em divulgar o Relatório Especial sobre Aquecimento Global de 1,5°C, o SR15, onde a comunidade científica concluiu que, para que o aquecimento da terra ultrapasse a 1,5°C antes do meio século, será preciso cortar as emissões globais em 45% até 2030 (ONU, 2018).

Uma das consequências mais expressivas do aquecimento global, seria o aumento na magnitude e frequência de eventos extremos de precipitação, provocado pelo aumento dos níveis de umidade da atmosfera, e/ou atividades convectivas de grande escala (SHOURASENI & ROBERT, 2004).

Na COP24-2018, também foi apresentado o Índice Global de Risco Climático, o estudo indica o nível de exposição e vulnerabilidade à eventos extremos, ou seja, representa um conjunto de dados climáticos extremos e econômicos e sociais associados, uma vez que, os efeitos dos extremos climáticos atingem a todos.

Assim, o resultado apresentado foi que o aumento da frequência e magnitude dos extremos climáticos, como secas e chuvas intensas, deixam o Brasil em uma situação cada vez mais vulnerável, uma vez que, afetam as relações sócio-econômico-ambientais. Os eventos extremos são geralmente definidos por valores atipicamente elevados ou baixos considerando um intervalo de observações (IPCC, 2012). Ademais, os dias quentes e noites quentes estão se elevando significativamente, em contraste com dias frios e noites frias, que estão sofrendo redução (IPCC, 2013).

Entre as variáveis climáticas mais importantes na região tropical, está a precipitação, sua complexidade e sua variabilidade espaço-temporal, e principalmente a dificuldade de modelamento de sua não estacionaridade, tem sido um dos fatores de desenvolvimento de pesquisas sobre os eventos de precipitação. Várias pesquisas identificaram mudanças no campo da precipitação, devido as mudanças climáticas (ÁVILA et al., 2014; SILVEIRA et al., 2016).

É possível que as mudanças no clima alterem a temperatura e a precipitação, e que aumentem a variabilidade dos eventos de precipitação, os quais poderão causar inundações e secas mais intensas e frequentes (DUFEEK & AMBRIZZI, 2008).

O quarto relatório de avaliação (AR4) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas-IPCC, evidencia que, os eventos extremos de chuva estão interligados com as mudanças climáticas. Segundo o Relatório Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras (PBMC, 2016), a população que reside na faixa de 60 quilômetros da costa, encontra-se em risco climático pois mais de 60% da população habita nessas cidades, e as ameaças hidro meteorológicas são responsáveis por mais de 80% dos impactos na região.

Em específico no estado de Pernambuco na cidade do Recife, os sistemas que atuam em escala sinótica são os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs), que são perturbações de escala sinótica, com período entre 3 a 6 dias, que modulam a convecção na ZCIT (MOLINARI et al., 1997; PETERSEN et al., 2003). Os mesmos ocorrem na baixa Troposfera Tropical, e quando se formam na região do Oceano

Atlântico Sul apresentam deslocamentos para o oeste intensificando-se à medida que se aproximam da costa leste da Região Nordeste do Brasil (CHOU, 1990; SILVA, 2010).

As inundações causadas por chuvas intensas no ambiente urbano representam os impactos mais comuns ocasionados por eventos climáticos. Nesse sentido, torna-se necessário conhecer o comportamento dos extremos de chuva para subsidiar a gestão urbana, a gestão da drenagem e planejar a infraestrutura das cidades (GOCIC et al., 2013; KHOI et al., 2016).

Segundo o Relatório Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras (PBMC,2014) com a elevação do nível do mar NMM* até 2100, a capital pode perder 33,7 km² do seu território, pois a mesma é a 16^a cidade do mundo mais vulnerável às mudanças climáticas. Portanto, o objetivo deste trabalho é a análise do comportamento das chuvas e das variáveis físicas do sistema atmosférico na identificação dos extremos climáticos.

Material e Métodos

A cidade do Recife está localizada na Região Nordeste do Brasil, na Latitude: 08º 03' 14" S e Longitude: 34º 52' 52" W com altitude de 4m e uma área de 218,7 Km² (Figura 1).

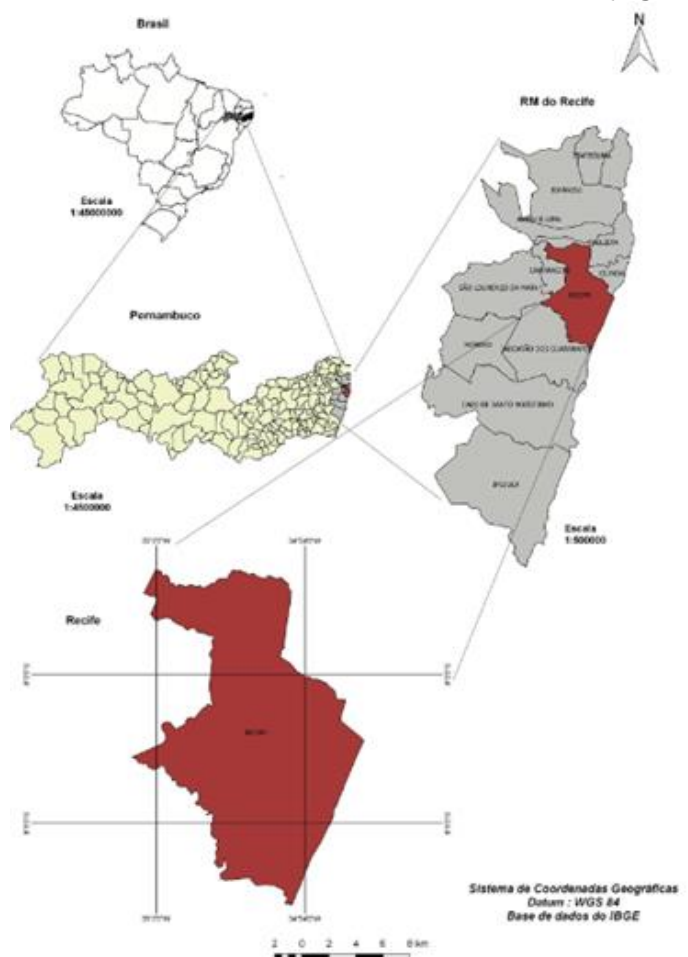


Figura 1. Localização espacial da Região Metropolitana do Recife.

A cidade de Recife, limita-se ao norte com os municípios de Olinda e Paulista, ao sul com o município de Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a leste com o Oceano Atlântico (IBGE, 2010). Situa-se no litoral nordestino e ocupa uma posição central, a 800 km das outras duas metrópoles regionais, Salvador e Fortaleza, disputando com elas o espaço estratégico de influência na Região. De acordo com o INMET a média pluviométrica anual registrada na estação do município é de 2292,9mm, com um desvio padrão de 482,5mm.

Os dados utilizados neste trabalho de precipitações mensais para o período foram fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESPA), de uma série histórica de 1961 a 1990.

Foram utilizados os dados de precipitação pluviométrica, totais mensais médios anuais de pluviometria; valores máximos e mínimos. Foram desconsiderados como valores mínimos os totais

mensais iguais a zero, considerando-se apenas aqueles que se encontravam no intervalo de 5 a 10m. Para a análise dos dados foi utilizado o programa Microsoft Excell.

Resultado e Discussão

Na Figura 1 observa-se a distribuição total pluviométrica média mensal na cidade do Recife no período de 1961 a 1990. Observa-se que em geral a temperatura varia de 23 a 31°C, e raramente é inferior a 21°C ou superior a 34°C. Com relação a chuva, a distribuição média mensal é caracterizada por uma maior concentração entre os meses de abril a agosto, sendo os meses de maio a julho aqueles com maior volume médio. O período chuvoso do ano dura 11 meses, de 22 de novembro a 25 de outubro, com precipitação de chuva de 31 dias contínuos mínima de 13 milímetros. O máximo de chuva ocorre durante os 31 dias ao redor de 18 de junho, com acumulação total média de 215 milímetros. Recife está localizada na Zona Intertropical, faixa do planeta com maior incidência solar, conferindo-lhe temperaturas estáveis ao longo do ano.

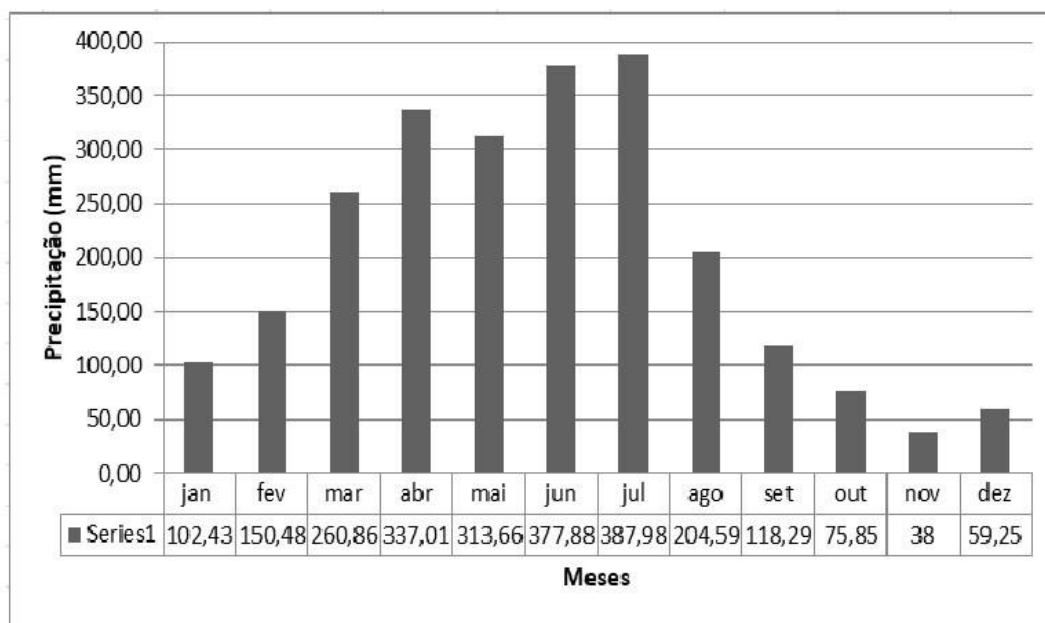


Figura 1. Distribuição total pluviométrica média mensal da cidade do Recife no período de 1961 a 1990.

Na Figura 2, observa-se a distribuição dos totais pluviométricos acumulados máximos (mm) em 24 horas.

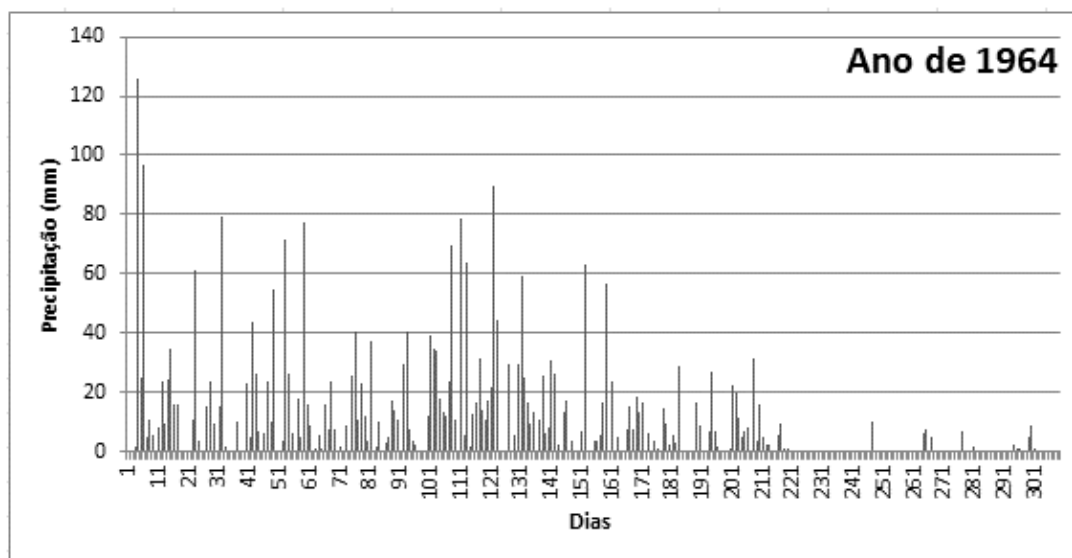


Figura 2. Distribuição dos totais pluviométricos acumulados máximos (mm) em 24 horas para o ano de 1964.

A quadra chuvosa é observada durante os meses de abril, maio, junho e julho com 1.357mm, representando 58,21% da precipitação total média anual que é de 2.300,5mm. As chuvas neste período são devidas principalmente, pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste. O trimestre de outubro, novembro e dezembro chove 151,1mm, representa 0,07% da precipitação total média anual. Observa-se que em média, 58,8% das chuvas ocorrem entre os meses de abril a julho, e 88,8% ocorrem entre os meses de janeiro a agosto.

Analisando a precipitação média por década (Figura 3), temos: a de 60 com de 2.372mm, a de 70 com de 2.324,4mm, a de 80 foi de 2.400,4mm, a de 90 foi de 2.408,9mm.

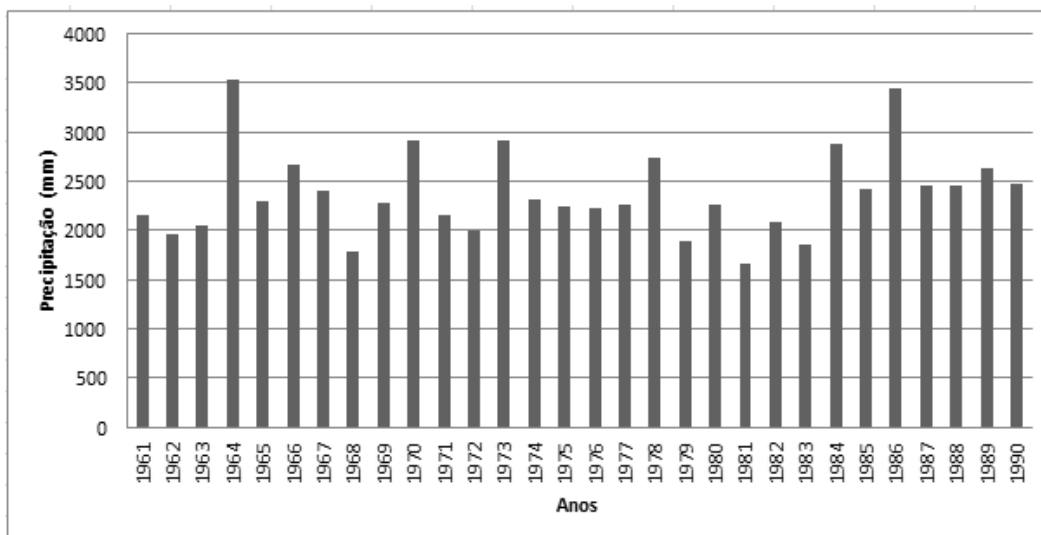


Figura 3. Distribuição da precipitação por década.

Souza et al. (2012) constataram que, volumes diários de chuva superiores a 55mm, registrados em Recife, estão repetidamente relacionados com a ocorrência de escorregamentos, deslizamentos de encostas, alagamentos e inundações. Ainda observaram que, apesar das precipitações diárias intensas ocorrerem com maior frequência entre os meses de março a agosto, são registrados grandes volumes fora do período de maior concentração das chuvas, evidenciando chuvas intensas, relacionadas a extremos climáticos.

Na Figura 4, observa-se o conjunto de dados onde apresenta uma densidade concentrada para valores de precipitação inferiores a 10mm anual, entretanto, durante o primeiro semestre, há dias na qual a precipitação chega a valores que superam 50mm por dia, configurando um extremo de chuva. Assim, os picos ocorridos no ano de 1970 evidenciam esse tipo de evento, ficando mais crítico no mês de agosto do referido ano, na qual houve uma precipitação de aproximadamente 350mm.

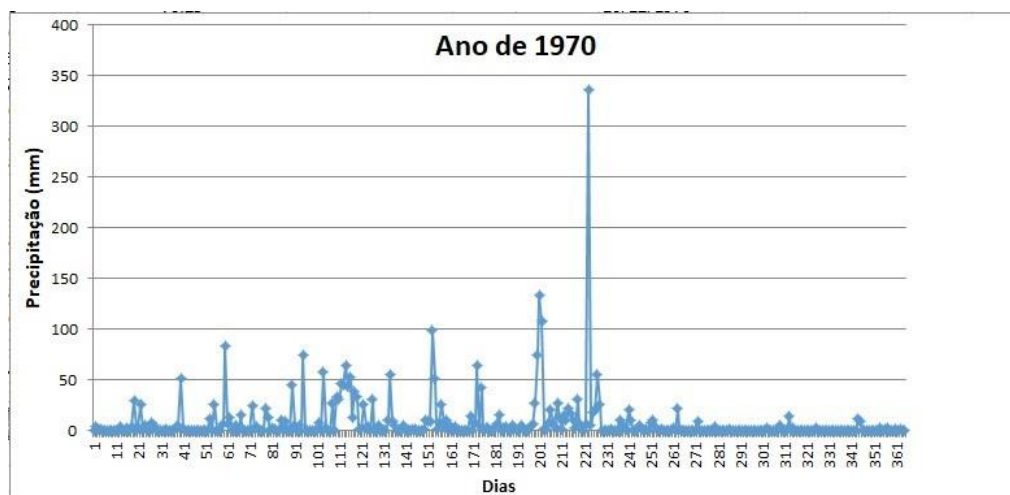


Figura 4. Distribuição da precipitação evidenciando extremo de chuva para o ano de 1970.

Os resultados obtidos corroboram com os estudos realizados por Ferreira (2016), onde a distribuição diária dos totais pluviométricos acumulados máximos (mm), em 24 horas, na cidade do Recife, no período de 1962 a 2012. A maior precipitação observada foi de 245mm, em 24 de maio de 1986. De acordo com a Agência Pernambucana de Climatologia-APAC, o mês de maio de 2016 em Recife em apenas um dia, registrou um acumulado de 187,0mm de chuva, o que equivale à precipitação de 17 dias, quando leva-se em consideração a série histórica do mês que é 328,0mm.

As chuvas acima de 50 mm/dia, que eram consideradas raras antes da década de 50, hoje ocorrem de duas a cinco vezes na cidade de São Paulo (INPE, 2010). Outros estudos preliminares ainda sugerem que uma elevação de 2 a 3°C entre 2070 e 2100 poderá aumentar o número de dias com chuvas intensas, com impactos significativos às populações que vivem em áreas de risco (IPCC, 2014).

Conclusão

As chuvas na cidade do Recife ocorreram principalmente, nas estações do ano de verão, outono e inverno do Hemisfério Sul. As precipitações acumuladas diárias acima de 50 e 100mm ocorreram entre os meses de março a julho, sendo o mês de junho com a maior frequência de 100mm, com 28,9%. Já os meses de abril, maio e junho apresentaram as maiores quantidades de dias com chuvas acumuladas acima de 50mm, com 19,8, 16,2 e 20,2%, respectivamente.

Constatou-se que a intensidade da precipitação está diretamente relacionada com a frequência de desastres socioambientais e o entendimento de como a intensidade da precipitação está sendo modificada pelas mudanças climáticas com uma taxa maior de vapor d'água em uma atmosfera aquecida é relevante para o entendimento do seu comportamento no futuro.

Agradecimentos

Ao CNPq pela concessão da Bolsa de Pesquisa ao primeiro autor, ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pelos dados cedidos e a Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA)

Referencias

- APAC. Agência Pernambucana de Climatologia - Panorama geral das condições meteorológicas e os principais eventos extremos significativos ocorridos no Brasil em 2016. Disponível em: http://www.inmet.gov.br/portal/notas_tecnicas/Panorama-Geral-2016-Brasil.pdf.
- ÁVILA, L. F.; MELLO, C. R. DE; PINTO, L. C.; SILVA, A. M. DA. Partição da precipitação pluvial em uma micro bacia hidrográfica ocupada por mata atlântica na serra da Mantiqueira, MG. *Ciência Florestal*, v.24, n.3, p.583-595, 2014.
- CHOU, S. C. Análise de Distúrbios Ondulatórios de Leste sobre o oceano Atlântico Equatorial Sul. 153f. (INPE-5222-TDL/437). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 1990.
- DUFEK, A. S.; AMBRIZZI, T. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology*, v.93, n.93, p.167-178, 2008.
- FERREIRA, F. F. Climatologia da precipitação na cidade do Recife. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2016, 3, 2016, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu, 2016.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: região metropolitana de São Paulo. Sumário Executivo. (Coord). NOBRE, C. A. São José dos Campos, SP. 2010.
- MOLINARI, J.; KNIGHT, D.; DICKINSON, M.; VOLLARO, D.; SKUBIS, S. Potential vortices, easterly waves, and eastern Pacific tropical cyclogenesis. *Mon. Wea. Rev.*, v.125, , p.2699-2708, 1997.
- PBMC. Painel Brasileiro de Mudanças Climática. Impactos, vulnerabilidades e adaptação às mudanças climáticas. Contribuição do Grupo de Trabalho 2 do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas ao Primeiro Relatório da Avaliação Nacional sobre Mudanças Climáticas. (Eds.) ASSAD, E. D. MAGALHÃES, A. R. COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brasil, 2014. 414p.
- PBMC. Mudanças Climáticas e Cidades. Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. (Eds.) Ribeiro, S. K. Santos, A. S., COPPE – UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 2016. 116p.
- PETERSEN, W. A.; CIFELLI, R.; BOCCIPPIO, D. J.; RUTLEDGE, S. A.; FAIRALL, C. Convection and easterly wave structures observed in the eastern Pacific warm pool during EPIC-2001. *J. Atmos. Sci.*, n.60, p.1754-1773, 2003.

- SANTOS, C. A. C.; BRITO J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos Índices de Precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.1, p.39-47. 2009.
- SHOURASENI, S. R.; ROBERT, C. B. J. R. Trends in extreme daily precipitation indices in India. *International Journal of Climatology*, v.24, p.457-466, 2004.
- SILVA, V. P. Distúrbios Ondulatórios de Leste: estudo de casos que afetaram a costa leste do NEB. 77p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Centro de Tecnologia e Recursos Naturais Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2010.
- SILVEIRA, C. da S.; SOUZA FILHO, F. A. de; MARTINS, E. S. P. R.; OLIVEIRA, J. L.; COSTA, A. C.; NOBREGA, M. T.; SOUZA, S. A. DE; SILVA, R. F. V. Mudanças climáticas na bacia do rio São Francisco: Uma análise para precipitação e temperatura. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.21, p.416-428, 2016.



IMAGENS DO PROJETO GLOBAL FOREST CHANGE UTILIZADAS NA ANÁLISE DO DESMATAMENTO DA PROVÍNCIA DE BOLOGNA - ITÁLIA

Débora Luana Pasa¹
José Américo de Mello Filho²
Federico Magnani³

¹Doutoranda em Engenharia Florestal/Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil, debora.pasa@gmail.com

²Professor Titular/Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil, jamellofilho@terra.com.br

³Professor Titular/Universidade de Bologna, Itália, federico.magnani@unibo.it

Introdução

Monitorar o estado das florestas do mundo é uma tarefa monumental, com desafios na coleta de dados, sua interpretação e visualização.

O crescente desmatamento de florestas naturais vem trazendo grande preocupação à sociedade civil e consequentemente aos governos, em todo o mundo. A destruição da vegetação nativa de maneira desproporcional e exagerada gera um grande desequilíbrio em todo o ecossistema, fazendo com que a biodiversidade das florestas desapareça junto com a vegetação. Mudanças na cobertura florestal podem afetar de forma drástica os ecossistemas, incluindo a riqueza da biodiversidade, regulação do clima, armazenamento de carbono, e abastecimento de água (EMBRAPA, 2015).

A redução do tamanho das florestas naturais em todo o mundo tem ocorrido devido particularmente à conversão do uso do solo, de floresta nativa para áreas agrícolas e pecuária. Além disso, a destruição das florestas por incêndios também possui importância relevante, principalmente nos países do Hemisfério Norte (IPCC, 2007)

Conforme Casagrande (2009), as questões socioeconômicas e ambientais que emergem do mundo globalizado, quando das altas taxas de explorações de bens naturais pela agricultura, pastagens e extrativismo vegetal, tem relevante importância no planejamento territorial e econômico de uma região. Dessa forma, conhecer as características do meio físico dos locais em estudo, faz com que o legislador, conhecendo a área, possa adotar medidas adequadas bem como acompanhar as modificações na paisagem natural.

Na tentativa de auxiliar o controle do desmatamento, a fim de evitar os impactos da perda de floresta, utilizam-se com frequência técnicas de geoprocessamento, por meio do uso de Sistemas Geográficos de Informação (SGI) e Sensoriamento Remoto.

O uso de Geoprocessamento auxilia na avaliação ambiental e apresenta um enorme potencial, pois proporciona uma análise rápida, econômica e eficiente dos dados em períodos curtos de tempo, já que constantemente o ambiente sofre modificações (POELKING, 2007 apud PINHEIRO et al., 2007).

Para acompanhar o ritmo de desmatamento e quantificar as áreas devastadas a *University of Maryland - EUA* desenvolveu-se um projeto elaborado para mapear o desmatamento mundial: o *Global Forest Change*. A partir de imagens de satélite Landsat foram verificadas todas as áreas desmatadas mundialmente, bem como as reflorestadas (HANSEN, 2013).

Com o intuito de verificar a eficácia desse mapeamento, a região da Emilia-Romagna, na Itália, como área de estudo, devido aos graves processos de degradação e destruição das florestas, com os incêndios, chuvas ácidas e a ação humana, que acarretam a fragmentação do manto florestal, ocasionando grandes perdas da função protetiva da floresta, da biodiversidade e consequentemente da função econômica.

Desta maneira, o presente trabalho objetiva verificar a eficácia do método de classificação das áreas florestadas e desmatadas por meio das imagens do Projeto *Global Forest Change*, vinculando as informações obtidas aos dados de corte de vegetação e de quantificação florestal região.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

Emilia-Romagna é uma das vinte regiões que compõem a Itália. Situa-se ao norte do país e limita-se ao norte com o Veneto e Lombardia, a oeste com o Piemonte e a Ligúria, ao sul com a Toscana e com a República de San Marino. De acordo com a União dos Municípios *dell' Appennino Bolognese* (2018), a

população é de quatro milhões de habitantes e com 22.124 km² territoriais. A região está localizada na latitude 44°45'0 N e longitude 11°0'0 E (Figura 1). O relevo é predominantemente irregular e montanhoso, com algumas planícies. O clima é considerado mediterrâneo, com estações secas no verão e invernos instáveis e úmidos.

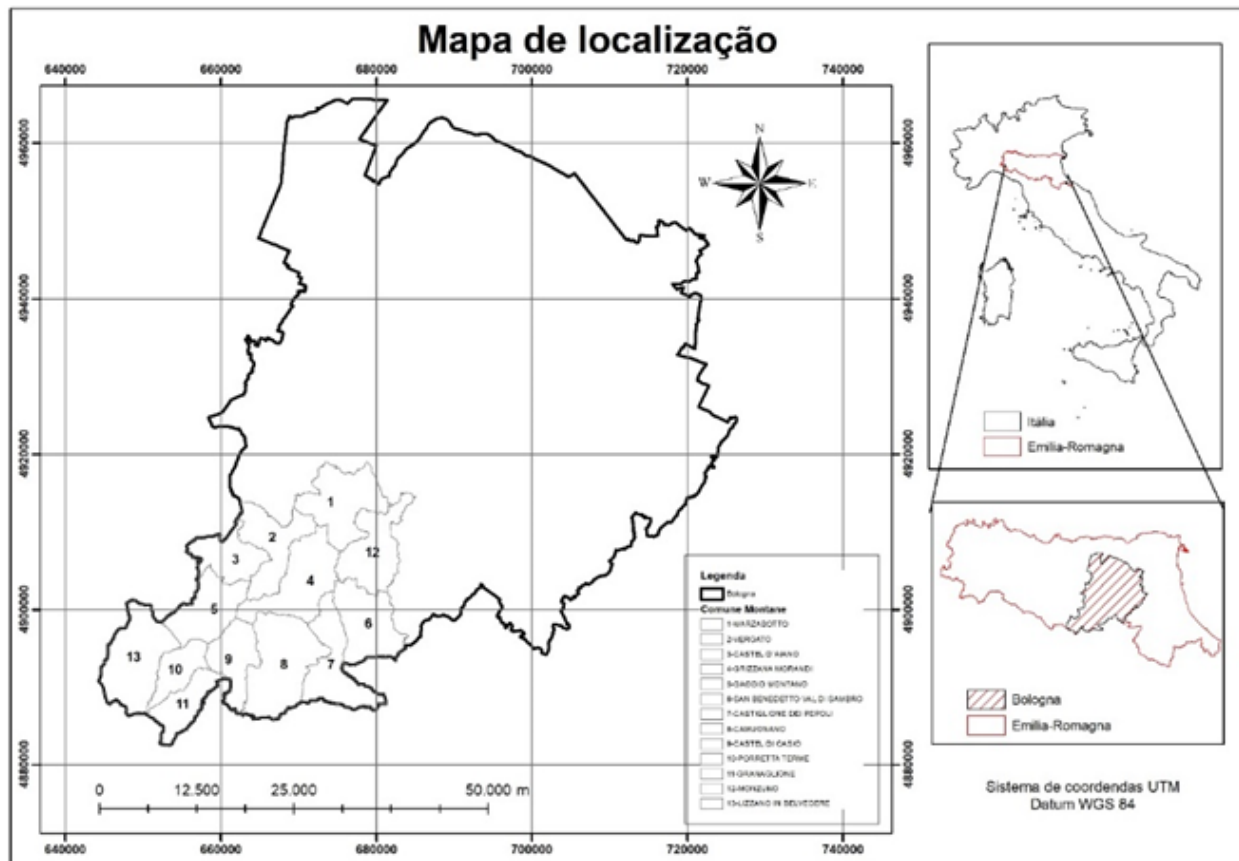


Figura 1. Localização da área de estudo. Fonte: CISA (2010).

Como pode ser observado em destaque no mapa (Figura 1), as localidades foco do estudo localizam-se ao sul e sudoeste da província de Bologna e são denominadas: Camugnano, Castel d'Aiano, Castel di Casio, Castiglione dei Pepoli, Gaggio Montano, Granaglione, Grizzana Morandi, Lizzano in Belvedere, Marzabotto, Monzuno, Porretta Terme, San Benedetto Val di Sambro, Vergato.

Materialis

Foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 7/ETM, com resolução espacial de 30 metros. As informações abrangem as longitudes 180°W a 180°E às latitudes 80°N a 60°S obtidas do Global Forest Change (HANSEN, 2013).

Utilizou-se o mapa Florestal de Bologna (MFPB) em arquivo *shapfile*, disponibilizado pelo governo da Província de Bologna (CISA, 2010) e uma Ortofotocarta da região de Emilia-Romagna, do ano de 2008, para realizar a comparação dos dados.

Dados de corte de floresta, oriundos do banco de dados do sistema de gestão da *Comunità Montana degli Appennini Bolognese*, também foram utilizados.

Os dados analisados correspondem aos anos de 2012 e 2013.

Quantificação de área de desmatamento e de florestas intactas

Foi adquirida uma imagem de perda florestal anual, do projeto GFC, contendo a classificação de desmatamento durante o período de 2000 a 2013. Essa imagem foi importada para o *software* ArcGis 10, onde foi realizado o procedimento de recorte da imagem para a área de interesse e posterior transformação em *shapfile*, para o cálculo das áreas desmatadas.

Efetuiu-se a transformação da imagem em arquivo *shapefile*, por meio do comando “*Conversion Tools*” – “*From Raster*” – “*Raster to Polygon*”. Posteriormente foram selecionadas as áreas dos anos de interesse (2012 e 2013), criando-se um novo arquivo *shapefile*.

A verificação da efetiva área florestal, foi realizada por meio da interseção entre os polígonos de floresta da imagem do GFC e do MFPB. Foi utilizada a imagem de Cobertura florestal para o ano 2000 (*treecover2000*) e Cobertura florestal no ano 2000 (para árvores maiores que 5 metros). No QGIS, essa imagem foi transformada em *shapfile* e, juntamente com o MFPB, também em *shapfile*, foi possível realizar a intersecção entre ambos, a fim de analisar a diferença da área florestal nas classificações.

Estatística dos dados

A estimativa dos dados deu-se através da realização de análises de pontos amostrais. Para tanto, utilizou-se uma ortofotocarta da região de Emilia-Romagna como imagem gabarito, na qual os pontos foram aleatorizados, da mesma forma que foram aleatorizados no mapa Florestal da Província de Bologna (MFPB) e no mapa oriundo da imagem do projeto *Global Forest Change* (GFC).

Realizou-se uma amostragem aleatória simples. Foram amostrados 94 pontos sobre as imagens. Construiu-se posteriormente uma grade no entorno de cada ponto. Essa grade foi constituída de nove (9) partes iguais com 50 metros de lado. Cada parte possui 22 pontos em seu interior, distanciados de 10 em 10 metros para a análise de densidade. No centro localiza-se o ponto amostral de interesse (POI, *point of interest*). Para seguir com o procedimento, foi necessário extrair as coordenadas X e Y de cada ponto amostral e salvá-las em formato *.GM para posteriormente importá-las para o programa Excel®. Nessa etapa, criou-se uma tabela com os valores de longitude (X) e latitude (Y) dos pontos amostrais.

Para calcular as coordenadas das partes adjacentes e dos demais pontos, foi necessário utilizar a seguinte as Equações 1 e 2, a partir das coordenadas dos pontos amostrais (POI).

$$A (X_A = X_{POI} - 75m; Y_A = Y_{POI} + 75 m) \text{ (Eq. 1)}$$

$$B (X_B = X_{POI} + 75m; Y_B = Y_{POI} - 75 m) \text{ (Eq. 2)}$$

Em que: o ponto A e o ponto B podem ser orientados conforme a Figura 2.

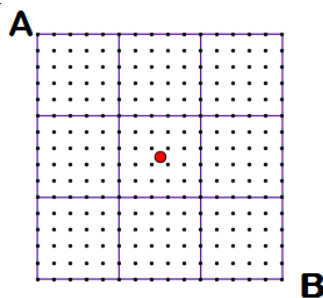


Figura 2. Exemplo de uma grade quadrada ao redor de um POI.

Todos os cálculos das coordenadas foram desenvolvidos na planilha Excel®, com as coordenadas relativas a todos os pontos, dispostos de 10 em 10 metros, e também dos vértices dos nove quadrados que foram inseridos, em cada ponto amostral (POI). Posteriormente todas as coordenadas foram importadas para o software QGIS e transformadas em *shapefile*.

Através do comando “*Criar uma camada a partir de arquivo de texto delimitado*”, foi inserido o arquivo Excel® com as coordenadas, dispostos em três (3) colunas (longitude, latitude e POI), a fim de localizar nos arquivos as coordenadas corretas dos pontos.

Após foram realizadas as análises de todos os pontos (POI) na imagem gabarito, classificando-os como «*Floresta*» ou «*Não Floresta*». Essa classificação também foi realizada sob os arquivos da imagem GFC e no MFPB.

Após elaborou-se uma matriz de confusão (matriz 1) entre a ortofotocarta utilizada como gabarito e a imagem GFC, e outra (matriz 2) entre a ortofotocarta e o MFPB, para calcular a porcentagem de Floresta e Não Floresta em cada arquivo, possibilitando a análise da melhor classificação.

A matriz de confusão mostra o número de classificações corretas em oposição às classificações preditas para cada classe. A matriz é organizada conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Matriz de confusão

| Classe | F | NF | Total |
|--------|----|----|-------|
| F | Vp | Fn | ∑pn |
| NF | Fp | Vn | ∑np |
| | ∑p | ∑n | N |

Legenda: Vp = Verdadeiro positivo; Fp = Falso positivo; Fn = Falso negativo; Vn = Verdadeiro negativo; N = (Vp+Vn+Fp+Fn).

Posteriormente calculou-se a taxa de erro relativo e absoluto entre as classes (Floresta e Não Floresta) e a taxa de erro total absoluto dos dados da matriz, por meio das Equações 3 a 7.

$$\text{Taxa de erro relativo na classe(F)} = \frac{Fn}{Vp+Fn} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$\text{Taxa de erro relativo na classe(NF)} = \frac{Fp}{Fp+Vn} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$\text{Taxa de erro absoluto na classe(F)} = \frac{Fp}{N} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$\text{Taxa de erro absoluto na classe(NF)} = \frac{Fn}{N} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$\text{Taxa de erro total absoluto} = \frac{Fp+Fn}{N} \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde: Vp = Verdadeiro positivo; Vn = Verdadeiro negativo; Fp = Falso positivo; Fn = Falso negativo; N = (Vp+Vn+Fp+Fn).

Posteriormente calculou-se as análises de desempenho, conforme conceito e as Equações de 8 a 11.

$$\text{Sensitividade} = \frac{Vp}{Vp+Fn} \quad (\text{Eq. 8})$$

Onde: Sensitividade: porcentagem de amostras positivas classificadas corretamente sobre o total de amostras positivas.

$$\text{Acurácia} = \frac{Vp+Vn}{Vp+Vn+Fp+Fn} \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde: Acurácia: porcentagem de amostras positivas e negativas classificadas corretamente sobre a soma de amostras positivas e negativas.

$$\text{Acurácia} = \frac{Vp}{Vp+Fp} \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde: Precisão: porcentagem de amostras positivas classificadas corretamente sobre o total de amostras classificadas como positivas.

$$\text{Especificidade} = \frac{Vn}{Vn+Fp} \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde: Especificidade: porcentagem de amostras negativas identificadas corretamente sobre o total de amostras negativas.

Para gerar a Matriz 1 (um) foram usados os seguintes critérios:
 Floresta e Floresta (FF): Valor 1 (um) para o ponto onde havia Floresta na ortofotocarta e na imagem GFC, ou 0 (zero) para os pontos em que não havia Floresta em um dos arquivos;

Floresta-Não Floresta (F-NF): Valor 1 (um) para o ponto onde havia Floresta na ortofotocarta e “Não Floresta” na imagem GFC, e 0 (zero) para os demais pontos;
 Não Floresta - Floresta (NF-F): Valor 1 (um) para o ponto onde não havia Floresta na ortofotocarta e havia Floresta na imagem GFC, e 0 (zero) para os demais pontos;
 Não Floresta - Não Floresta (NF-NF): Valor 1 (um) para o ponto onde não havia Floresta na ortofotocarta e na imagem GFC, e 0 (zero) para os demais pontos.

Para gerar a Matriz 2 (dois), foram usados os seguintes parâmetros:

Floresta e Floresta (FF): Valor 1 (um) para o ponto onde havia Floresta na ortofotocarta e no Mapa Florestal de Bologna, ou 0 (zero) para os pontos em que não havia Floresta em um dos arquivos;
 Floresta - Não Floresta (F-NF): Valor 1 (um) para o ponto onde havia Floresta na ortofotocarta e “Não Floresta” no Mapa Florestal de Bologna, e 0 (zero) para os demais pontos;
 Não Floresta - Floresta (NF-F): Valor 1 (um) para o ponto onde não havia Floresta na ortofotocarta e havia Floresta no Mapa Florestal de Bologna, e 0 (zero) para os demais pontos;
 Não Floresta - Não Floresta (NF-NF): Valor 1 (um) para o ponto onde não havia Floresta na ortofotocarta e no Mapa Florestal de Bologna, e 0 (zero) para os demais pontos.

Com o resultado da área total de floresta na região (MFPB) e a área mapeada pela imagem do projeto GFC, realizou-se a comparação entre elas, calculando-se a porcentagem de desmatamento. Além disso, verificou-se a exatidão dos dados, utilizando a ortofotocarta como imagem gabarito.

Resultados e Discussão

Quantificação de florestas

Por meio da amostragem realizada na Ortofotocarta da Região de Emilia-Romagna, identificaram-se 72 pontos classificados como Floresta e 22 pontos classificados como Não Floresta.

Na imagem do Projeto GFC, foram mapeados 67 pontos de Floresta e 27 pontos de Não Floresta. A distribuição dos pontos pode ser visualizada na Figura 3.

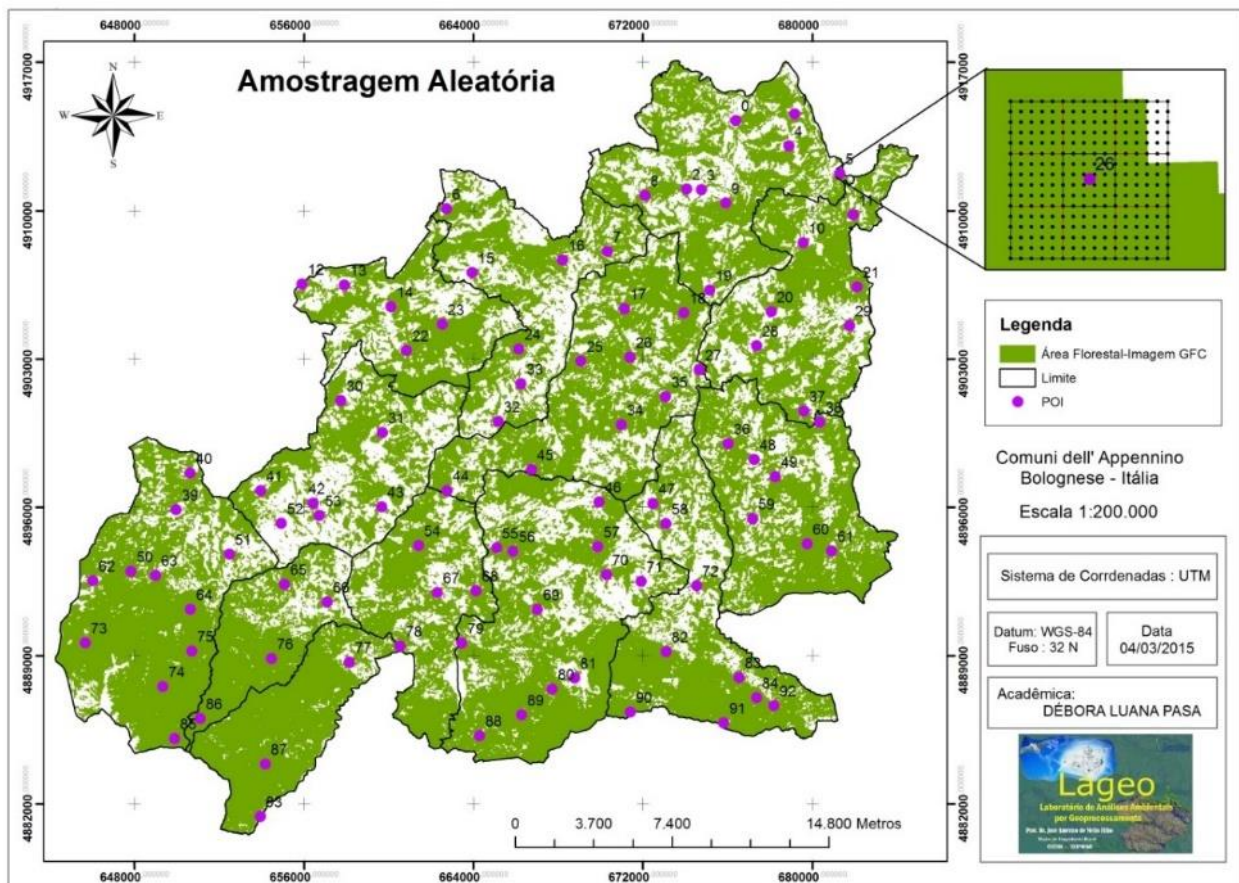


Figura 3. Amostragem aleatória sobre a imagem do projeto GFC.

Fonte: Adaptado de Hansen (2013).

Utilizando os mesmos pontos, como pode ser observado na Figura 4, no Mapa Florestal de Bologna (MFPB), foram identificados 61 pontos de Floresta e 33 pontos de Não Floresta.

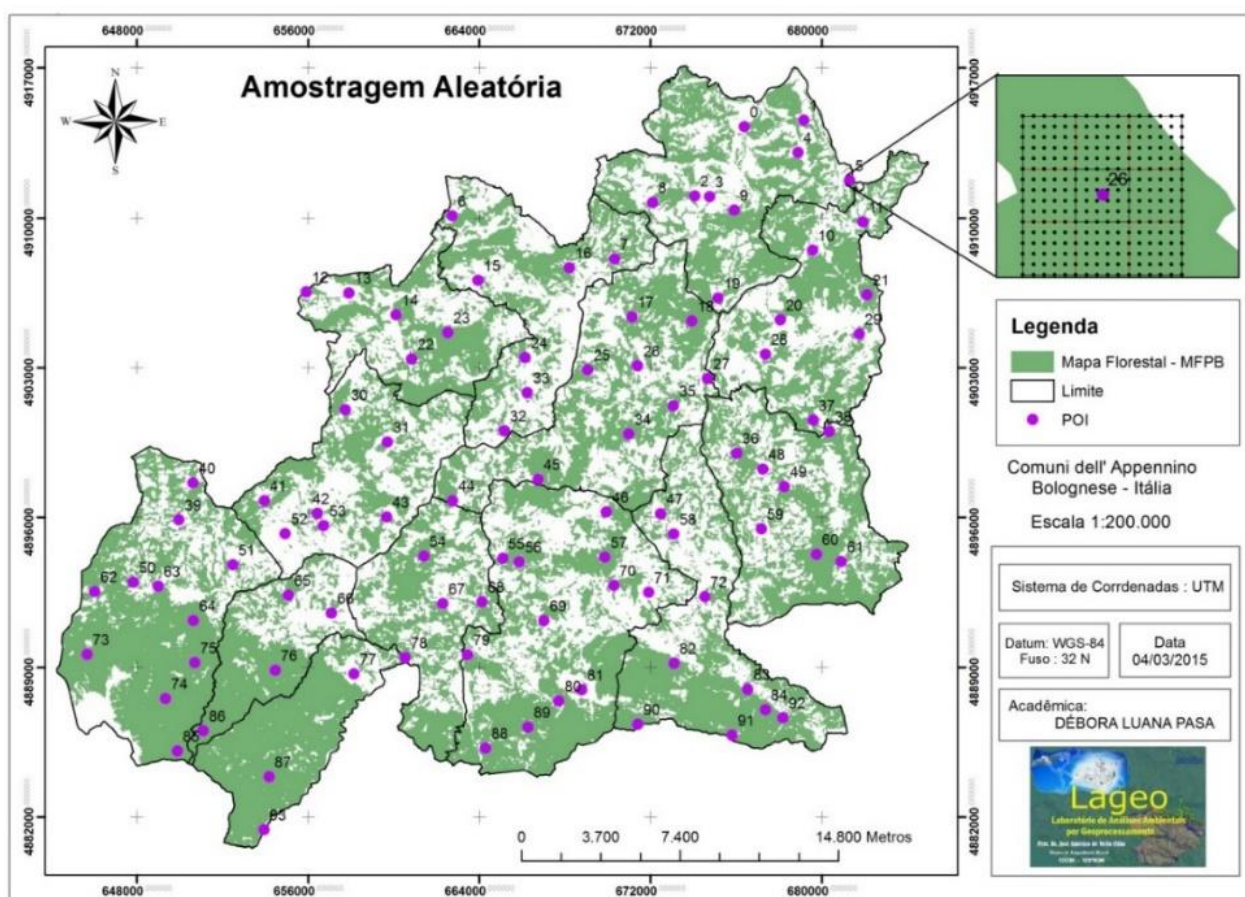


Figura 4. Amostragem aleatória sobre o mapa florestal de Bologna – MFPB.
 Fonte: Adaptado de CISA (2010).

Pela matriz de confusão foi possível observar que entre a imagem GFC e a Ortofotocarta, 86 pontos foram classificados de forma correta, sendo 66 pontos coincidentes como Floresta e 20 pontos como Não Floresta. Além disso, verifica-se do total de 94 pontos, que 8 pontos foram amostrados de forma errônea, sendo que 6 pontos foram classificados como Floresta na Ortofotocarta e estão como Não Floresta na Imagem GFC, e 2 pontos foram classificados como Não Floresta na Ortofotocarta, mas identificados como Floresta na Imagem GFC, conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2. Matriz de confusão entre a Imagem GFC e a Ortofotocarta

| Matriz 1 | | Ortofotocarta | | Soma |
|------------|----|---------------|----|------|
| Imagem GFC | F | F | NF | |
| | NF | 66 | 2 | 68 |
| | 6 | 20 | 26 | |
| Soma | 72 | 22 | 94 | |

Legenda: F=Floresta e NF=Não floresta.

O erro relativo na classe de Floresta observado foi de 2,94% e o erro na classe de Não Floresta foi de 23,06%. Para o absoluto, obteve-se o valor de 2,12% para Floresta e 6,38% para Não Floresta. A taxa de erro total absoluto obtida foi de 8,51%.

Na Tabela 3 observa-se que a acurácia, foi de 91,48% e a precisão em 91,66%.

Tabela 3. Medidas de desempenho calculadas para a matriz de confusão (matriz 1)

| Parâmetros | Medidas de desempenho (%) |
|-------------------|----------------------------------|
| Acurácia | 91,48 |
| Sensitividade | 97,05 |
| Precisão | 91,66 |
| Especificidade | 76,92 |

Na Matriz de confusão entre a Ortofotocarta e o Mapa Florestal de Bologna (matriz 2), obteve-se uma taxa de erro total absoluto de 11,70%, e as taxas de erro por classe para Floresta e Não Floresta foram de 1,58 e 32,25%, para erros relativos e 1,06 e 10,64% para erros absolutos, respectivamente. As demais medidas de desempenho podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 4. Medidas de desempenho calculadas para a matriz de confusão (matriz 2)

| Parâmetros | Medidas de desempenho (%) |
|-------------------|----------------------------------|
| Acurácia | 88,30 |
| Sensitividade | 98,41 |
| Precisão | 86,11 |
| Especificidade | 67,74 |

Identificou-se 83 pontos classificados na classe correta e 11 pontos classificados erroneamente, conforme Tabela 5, somando-se as diagonais da matriz.

Tabela 5. Matriz de confusão entre o Mapa Florestal de Bologna (MFPB) e a Ortofotocarta

| Matriz 2 | Ortofotocarta | | Soma |
|----------------------|----------------------|-------------|-------------|
| | F | NF | |
| Mapa Florestal de BO | F 62 | NF 1 | 63 |
| | NF 10 | 21 | 31 |
| Soma | 72 | 22 | 94 |

Legenda: F=Floresta e NF=Não floresta.

Analisando a acurácia dos dados, observa-se que a imagem GFC obteve 91,48% e a acurácia calculada para o MFPB foi de 88,30%. Além disso, o erro total absoluto do MFPB foi de 11,70%, ficando acima dos 8,51% de erro da imagem GFC. Pode-se perceber que a classificação da cobertura florestal pela imagem GFC foi mais precisa que a do Mapa Florestal disponibilizado pelo governo italiano, obtendo área florestal mais próxima daquela da Ortofotocarta.

Observa-se que a área de florestas do MFPB e da imagem GFC, obteve-se uma diferença entre as mesmas de 8.109,14 ha, sendo que a área total de cobertura florestal foi de 57.700,55 e 49.591,41 ha, respectivamente. A causa para esta variação pode ser explicada principalmente, devida aos diferentes métodos de classificação usados em cada mapa imagem e as correções atmosféricas realizadas. Berra et al. (2013) encontraram variações nas análises de NDVI e de volume de madeira decorrentes da diferença nas datas de imageamento usadas em cada metodologia de classificação, sendo dessa forma, esse fator também considerado importante neste estudo.

Em termos percentuais, em relação à área total do território, tem-se 70,77% de floresta na imagem GFC e 60,75% de cobertura florestal no MFPB.

Hansen et al. (2013), examinaram dados globais do LANDSAT em uma resolução espacial de 30 metros para caracterizar extensão florestal, perda e ganho de 2000 a 2012. Globalmente, 2,3 milhões de quilômetros quadrados de floresta foram perdidos durante o período de estudo de 12 anos e 0,8 milhões de quilômetros quadrados de novas florestas foram obtidos. Os trópicos exibiram as maiores perdas de florestas, mas também os maiores ganhos (por meio de regenerações e plantações), com perdas superando os ganhos.

A intersecção dos mapas florestais (GFC e MFPB) resultou em um total de 46.075,47 ha de vegetação nativa, ou seja, 56,44% de todo o território. O Mapa Florestal obtido por este trabalho pode ser visualizado na Figura 5.

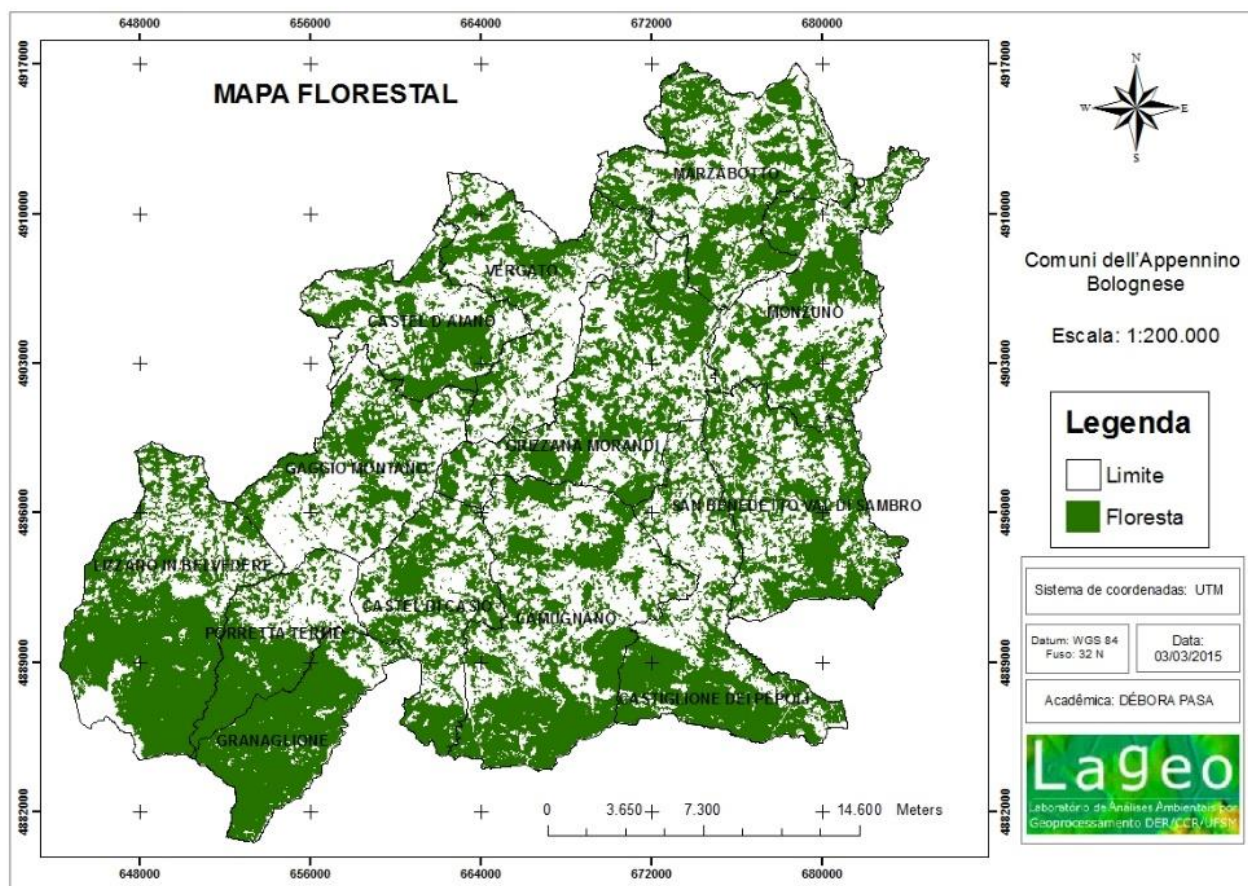


Figura 5. Mapa da área florestal referente aos 13 municípios da província de Bologna.
 Fonte: Adaptado de CISA (2010) e Hansen (2013).

Percebe-se que o município de Granaglione (Tabela 6) possui a maior porcentagem de área florestal de toda a região, com 86,64% do total de seu território. De forma contrária, o município de Gaggio Montano possui a menor área florestal, com 41,60%. Identificou-se que, em geral, toda a área em estudo possui grande porcentagem de cobertura florestal nativa, devido principalmente aos *Appennini* da região.

Tabela 6. Área florestal nos 13 municípios pertencentes à província de Bologna

| Municípios | Área dos Municípios (ha) | Área Florestal (ha) | % |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| Granaglione | 3.955,81 | 3.427,5 | 86,64 |
| Lizzano in Belvedere | 8.552,24 | 5.960,47 | 69,69 |
| Porretta Terme | 3.393,26 | 2.136,32 | 62,96 |
| Castiglione dei Pepoli | 6.587,37 | 3.851,25 | 58,46 |
| San Benedetto Val di Sambro | 6.662,30 | 3.824,10 | 57,40 |
| Camugnano | 9.656,93 | 5.366,72 | 55,57 |
| Castel di Casio | 4.736,70 | 2.607,26 | 55,04 |
| Grizzana Morandi | 7.740,22 | 4.154,69 | 53,68 |
| Monzuno | 6.500,39 | 3.480,42 | 53,54 |
| Marzabotto | 7.452,31 | 3.910,83 | 52,48 |
| Castel d'Aiano | 4.524,46 | 2.330,74 | 51,51 |
| Vergato | 5.994,72 | 2.558,04 | 42,67 |
| Gaggio Montano | 5.868,32 | 2.441,03 | 41,60 |
| Total | 81.625,03 | 46.049,37 | |
| Média | 6.278,85 | 3.542,26 | 54,55 |

Análise do desmatamento

Analisando os dados declarados pela *Polizia Forestale* local, a área total desmatada totalizou 1.454,25 ha. Já a área total desmatada considerando os dados da imagem GFC foi calculada em 643,29

ha nos anos de 2012 e 2013, sendo inferior à área de corte declarada. Essa diferença pode ser explicada devido aos diferentes processos e métodos de classificação da imagem, resolução espacial, correção atmosférica e data de imageamento.

As cenas das imagens do satélite LANDSAT possuem 30 x 30 m em cada pixel, ou seja, 900 m². Visto a grande área, um mesmo pixel pode conter mais de uma tipologia de uso e ocupação do solo gerando também confusão entre as classes. Crusiol et al. (2016) também comentam sobre a divergência nas classificações com imagens de satélite, que pode estar relacionada a diferentes fatores, como baixa disponibilidade de imagens, problemas técnicos nas imagens (distorções visuais e ocorrência de faixa não imageada), presença de nuvens, baixa resolução espacial, áreas reflorestadas ou desmatadas de pequena dimensão, erro do intérprete no momento da classificação, erro do classificador e dificuldade de obtenção de dados a campo.

Pendrill et al. (2017) realizaram um estudo sobre a expansão agrícola em florestas na América Latina, utilizando imagens do projeto *Global Forest Change* e avaliaram de forma positiva o conjunto de dados do referido projeto para essa finalidade, descobrindo que essa abordagem captura alguns dos principais padrões de pastagem e agricultura que se expandiram sobre as florestas.

Na Figura 7 observa-se o mapa de áreas desmatadas, conforme o mapeamento realizado na imagem do Projeto GFC.

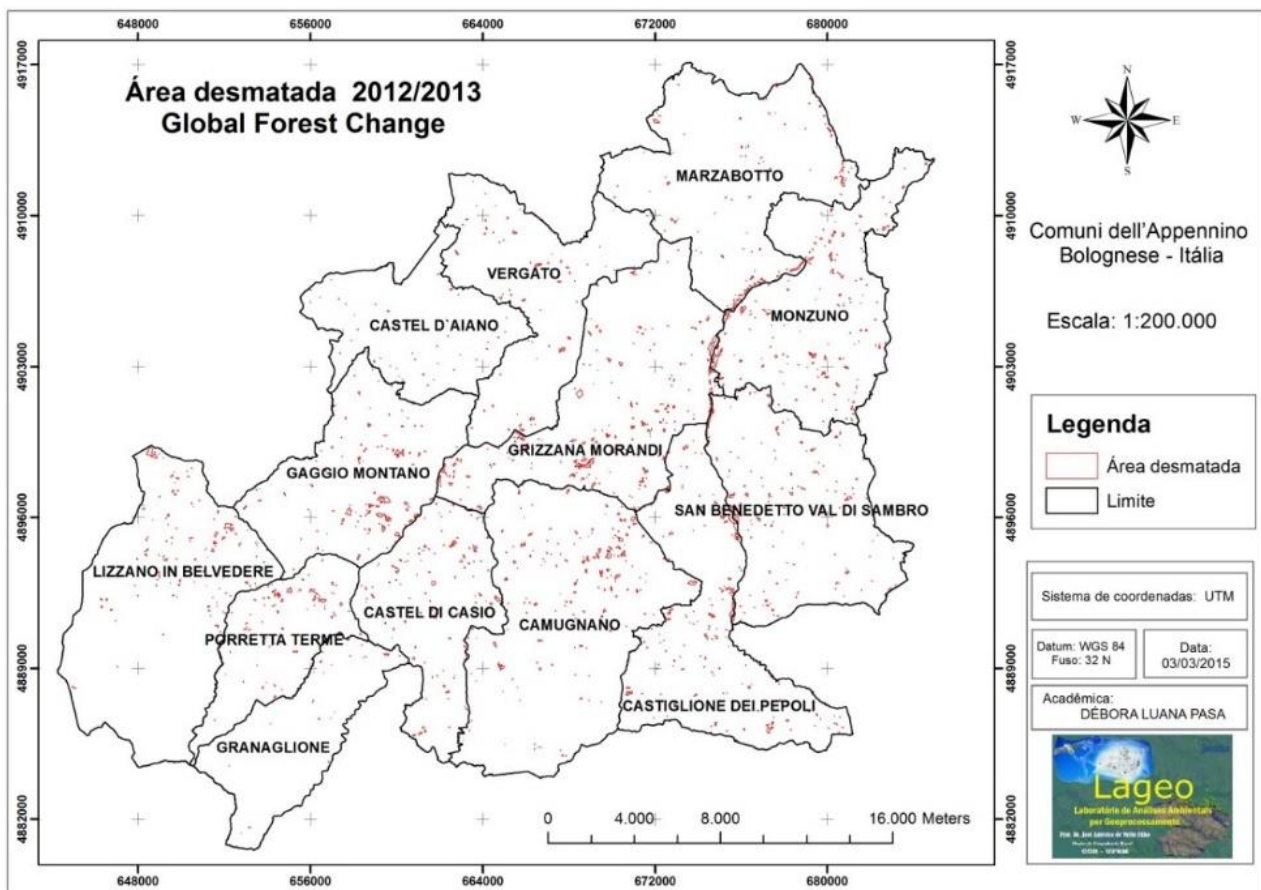


Figura 2. Áreas desflorestadas na região de estudo identificadas através da imagem do projeto *Global Forest Change*. Fonte: adaptado de Hansen (2013).

Observa-se que o município de Grizzana Morandi possui a maior área desmatada, seguida de Monzumo mesmo considerando as duas diferentes fontes de informação. Nestes casos a diferença foi de 55,69 e 64,50% a mais de desmatamento em comparação com os dados da *Polizia Forestale* (Tabela 7).

Ademais, pode-se perceber que apenas os municípios de Lizzano in Belvedere, Marzabotto e Vergato obtiveram área maior de desmatamento na classificação pela imagem GFC em relação à área declarada.

Tabela 7. Área desmatada verificada na imagem do projeto *Global Forest Change* e nos dados declarados

| Municípios | Área desmatada GFC (%) | Área de desmatamento declarada nos dados da <i>Polizia Forestale</i> (ha) | Diferença entre os dados (%) |
|-----------------------------|------------------------|---|------------------------------|
| Grizzana Morandi | 92,04 | 207,712 | 55,69 |
| Monzuno | 66,29 | 186,735 | 64,50 |
| Porretta Terme | 31,06 | 181,47 | 82,88 |
| Castel di Casio | 43,5 | 175,464 | 75,21 |
| Gaggio Montano | 60,81 | 163,163 | 62,73 |
| Granaglione | 33,55 | 151,485 | 77,85 |
| Castiglione dei Pepoli | 58,41 | 125,338 | 53,40 |
| Camugnano | 65,76 | 76,7712 | 14,34 |
| San Benedetto Val di Sambro | 52,05 | 61,813 | 15,79 |
| Lizzano in Belvedere | 48,14 | 47,7901 | *0,73 |
| Marzabotto | 39,94 | 31,4518 | *26,99 |
| Castel d'Aiano | 23,8 | 29,4232 | 19,11 |
| Vergato | 27,94 | 15,6426 | *78,61 |

Obs: *Municípios onde a área desmatada foi maior no projeto GFC.

Estudos similares a este foram realizados por Tyukavina et al. (2017) que, analisaram o desmatamento na Amazônia Brasileira e, utilizando o mapeamento do *Global Forest Change* quantificaram consistentemente a perda de cobertura florestal em 2000-2013, em todos os tipos de floresta da região e caracterizaram os tipos de perturbação florestal. No estudo foi identificado que o principal tipo de perda de cobertura arbórea em todos os tipos de florestas (primárias e secundárias) foi o desmatamento para pastagem (63% da área total de perdas), seguido pelo desmatamento em pequena escala e seletivo (12%) e pela derrubada agroindustrial (9%). O fogo representou 9% da área de perturbação da floresta primária em 2000-2013, com distúrbios de pico correspondentes a secas em 2005, 2007 e 2010.

Conclusão

Pelos resultados deste trabalho pode-se afirmar que o projeto *Global Forest Change* pode ser considerado uma ferramenta de grande auxílio na verificação dos padrões de florestas no mundo, validando e analisando as taxas de desmatamento.

Neste trabalho, obteve-se informações mais acuradas com o GFC (91,48%) e com menor erro (8,51%), se comparada ao MFPB.

Identificou-se que, a região possui 46.075,47 hectares de florestas nativas e, entre 2012 e 2013 foram desmatados 1.454,25 ha de florestas, porém, a identificação das imagens do GFC totalizou apenas 643,29 ha desmatados nesse período.

Observou-se que, o município de Granaglione possui a maior área florestal, com 86,64% de sua área total. Grizzana Morandi foi o município que mais apresentou desmatamento, conforme o mapeamento pelo GFC, com 92,04 ha, porém, essa informação está abaixo dos dados reais disponibilizados.

Verificou-se que, as regiões estudadas nesse trabalho possuem uma ampla cobertura florestal, em média 54,55% do total do território de cada localidade é ocupado por floresta.

Conclui-se que, a ferramenta testada nesse trabalho viabiliza e incrementa os demais métodos de mapeamento de florestas.

Agradecimentos

À CAPES, que, por meio do Programa Ciência Sem Fronteiras, proporcionou a bolsa de estudo na Universidade de Bologna – Itália.

Referências

- BERRA, E. F. Avaliação e Comparação de Imagens Liss-III/Resourcesat-1 E TM/Landsat 5 para estimar Volume de Madeira de um Plantio de Pinus Elliottii. 127f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.
- CASAGRANDE, B. Caracterização do meio físico e avaliação do desmatamento no município de Cacoal – RO de 1987-2007, utilizando técnicas de geoprocessamento. 119f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Geografia e Gestão do Território). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia–MG, 2009.
- CISA. Centro Innovazione Sostenibilità Ambientale. RAPPORTO sulle emissioni comunali e sugli stock forestali di CO₂ dei municípios dell' Appennino Bolognese. Porretta Terme, Bologna. 2010. Disponível em: <http://www.centrocisa.it/materiale/pubblicazioni/RapportoCO2.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- CRUSIOL, L. G. T.; NETO, O. C. P.; NANNI, M. R.; GUALBERTO, A. A. DA S.; FURLANETTO, R. H.; JUNIOR, C. A. DA S. Mapeamento de áreas agrícolas na safra de verão a partir de imagens Landsat frente aos dados oficiais. Revista Agro@mbiente, v.10, n.4, p.287-298, 2016.
- IPCC. Core Writing Team. PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (Eds.). Climate Change 2007: synthesis report. Contribution of Working Group I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY, USA. Cambridge University Press, 2007. 112p.
- HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; L. CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. Science, v.342, p.850–53, 2013.
- HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. Science, v.342, p. 850-853, 2013.
- PINHEIRO, L. S.; CABRAL, N. R. A. J. Níveis de Ocupação nas Áreas de Preservação Permanente no Entorno da Lagoa do Catú, Aquiraz–CE. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica, 2, 2007, João Pessoa. Anais... João Pessoa, Paraíba, 2007.
- PENDRILL, F.; PERSSON, M. U. Combining global land cover datasets to quantify agricultural expansion into forests in Latin America: Limitations and challenges. PLoS One, v.12, n.7, p.01-21, 2017.
- TYUKAVINA, A.; HANSEN, M. C.; POTAPOV, P.V.; STEHMAN, S.V.; RODRIGUEZ, K.S.; OKPA, C.; AGUILAR, R. Types and rates of forest disturbance in Brazilian Legal Amazon, 2000–2013. Science Advances, v.3, n.4, p.01-15, 2017.
- UNIONE DEI COMUNI DELL' APENNINO BOLOGNESE. Dati demografici ed ambientali. Disponível em: <www.unioneappennino.bo.it>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.

INFLUÊNCIA DAS CONSTRUÇÕES IRREGULARES EM ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP) EM TRECHO DO RIO PIRARARA, CACOAL-RO/BRASIL**Carina Cleone Ribeiro da Silva¹****Rosineide Pessoa Santos²****Talita Freitas Filgueira de Sá³****Lila Francisca de Oliveira Reis Matos⁴****Luciano Medina Peres⁵****Larissa Costa Araújo⁶**^{1,2}Engenheiras Civil, UNESC/Campus Cacoal, carinaribeiro100@gmail.com; rosineidepessoasantos@gmail.com³Doutora em Agronomia, Mestre em Manejo de Solo e Água, talitafsp@gmail.com⁴Mestre em Educação (UFMT), Ciências Biológicas (UFMT), lila@unesnet.br⁵Licenciado e Especialista em Matemática, Lmperes@bol.com.br⁶Acadêmica de Engenharia Civil, UNESC/Campus Cacoal, larissa.1araujo@hotmail.com**Introdução**

Compreender o meio ambiente e como ele se encontra hodiernamente é muito importante, visto que a Constituição Federal, no artigo 225, cita que temos direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida (BRASIL, 1988). Neste contexto, o desmatamento das áreas de preservação ambiental e a substituição por construções, consequentemente em condição irregular, altera o equilíbrio ecológico.

As alterações do ambiente natural causam consequências e estão relacionadas a erosão, deterioração e o carregamento do solo, visto que, é aquele solo que colabora na absorção da água e seus estipes servem de apoio evitando assoreamento do rio. Segundo o Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965) e atualizada no Novo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012) Nº 12.651/12 artigo 30 inciso II, Área de Preservação Permanente (APP) é, conceitualmente, a área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. O Código Florestal prevê APP no mínimo de 30 metros para cada margem de rios com até 10 metros de largura, podendo variar até 500 m para cada margem para rios grandes. Essa proibição também é ressaltada pelo plano Diretor do município de Cacoal no artigo 17, inciso II.

“Art. 17. Com vistas as normas ambientais pertinentes, será implementado programa de restauração das matas ciliares do município, ficando desde já fixadas as seguintes diretrizes geomorfológicas:[...] II - no caso de leito fluvial com planície de inundação ampla, cuja largura exceda a largura estipulada pelo Código Florestal, e cuja planície de inundação é o leito maior do rio, periodicamente invadido pelas cheias e parte do aparelho fluvial que possui leito de vazante para vazão mínima, e leito normal que comporta vazão média (entre os rebordos de margens e o leito de maior inundação), fica vedado o parcelamento de terrenos sujeitos a inundação, situada à beira do curso d’água periodicamente invadida pelas cheias, ficando também vedada a implantação de equipamentos domésticos, industriais e agroindustriais na zona de entorno dos canais fluviais para a defesa da mata galeria.”

De acordo com a Resolução CONAMA nº 369 de 28 de março de 2006, que possibilita a intervenção ou suspensão de vegetação em APP em casos excepcionais como a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental, ou seja apenas o Órgão Federal pode abrir exceção para ocupação de APP, mas desde que seja comprovada sua utilidade pública ou social e a impossibilidade de usar outro local.

Quando se encontra construções em APP’s, utiliza-se o termo construções irregulares que é definido pelo Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) como toda construção que não possui a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). Já para Prefeitura de Cacoal esse termo se refere a todas as construções que não possui um alvará de construção.

A ocupação da superfície por construções, faz com que, o solo possa perder sua capacidade de escoar o fluido para os lençóis subterrâneos pela infiltração. De acordo com Tucci (1997), a substituição da cobertura natural por pavimento, interfere na infiltração e também na evapotranspiração das plantas, e em um caso mais grave, o aquífero tende a diminuir ao nível do lençol freático reduzindo o escoamento subterrâneo.

Quando ocorre a chuva, parte do volume precipitado não podendo se infiltrar vai se acumular com o escoamento superficial e impulsionar os danos causados pelas enchentes. Tucci (2000) afirma que, o aumento da impermeabilização do solo diminuí a infiltração e aumenta o volume de escoamento superficial, além disso, ele compara o volume de água captada pelos bueiros e condutos oriundas dos telhados, ruas e calçadas, como um congestionamento causado por todos habitantes saindo à rua na mesma hora, ou seja, um volume maior do que a capacidade de evacuação.

A inundação da área de várzea, cheias ou enchentes, fazem parte do ciclo natural do rio, mas enchentes podem ser potencializadas com a impermeabilização do solo (TUCCI, 2005). E a ocupação irregular dessas áreas próximas a rios, como APP's geram situação de risco, trazendo grandes problemas para a população, em casos graves pode fazer uma cidade decretar estado de calamidade pública, como ocorreu em quinze municípios do estado de Pernambuco em 2017. A situação se agrava mais se o sistema de drenagem não estiver em ótimas condições de uso.

Cacoal tem sido marcada pelas constantes enchentes, o que antes não passava do ciclo natural do Rio Pirarara, agora se alastra sobre uma área maior. Segundo o G1Rondônia no ano de 2014 ocorreu uma das maiores enchentes, atingindo mais de 450 famílias, os órgãos responsáveis temendo pela a dimensão de destruição da mesma, decretaram estado de emergência com possibilidade de decreto de calamidade. Situação vivenciada por outras cidades como Rodrigues Alves no estado do Acre, que de acordo com o G1Cruzeiro do Sul e Região, decretou estado de emergência quando o Rio Juruá marcou 14,22 metros, afetando mais de 1.700 pessoas no dia 3 de fevereiro de 2017. O fato é que mesmo sendo proibido o uso de APP para habitação por questões de segurança e de preservação do meio ambiente, essas áreas vêm sendo ocupadas.

As geotecnologias são essenciais para a análise do meio ambiente de maneira mais precisa, rápida e que conseqüentemente ajuda na tomada de decisão dos gestores. Conforme Baptista (2009), o geoprocessamento é um conjunto de ferramentas usadas para coletar e trabalhar as informações espaciais, dentre elas encontra-se o SIG (Sistema de Informação Geográfica) que é um sistema computacional que integra a informação espacial com um banco de dados, sendo assim possível a observação do campo relacionada com dados alfanuméricos coletados sob outras técnicas. A análise espacial da área de preservação permanente seria muito mais difícil estando mapas e dados em ambientes distintos.

Portanto, este trabalho objetiva analisar a influência das construções irregulares na microbacia do Pirarara no município de Cacoal-RO através de software de SIG livre.

Material e Métodos

Cacoal é um dos 52 municípios do estado de Rondônia (Figura 1) com 3.793 km² e conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) sua população em 2010 era de 78.574 hab. e a estimativa da população para 2018 é de 84.813 hab., tornando-se o quarto município mais populoso do Estado de Rondônia.

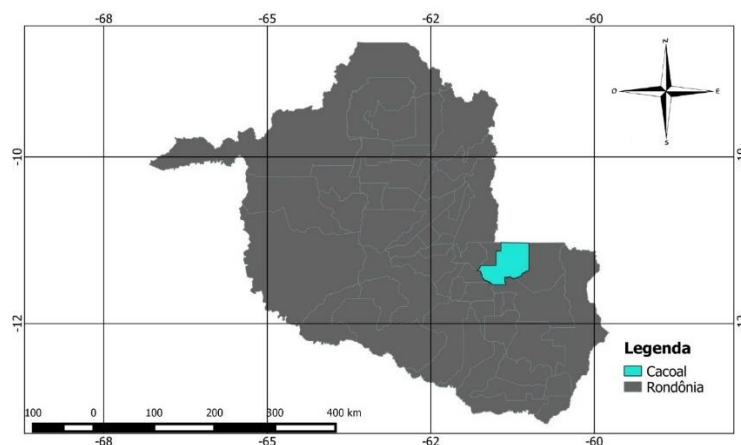


Figura 3. Localização de Cacoal-RO.

A cidade de Cacoal vem crescendo nos últimos anos, tanto em expansão territorial da zona urbana com novos loteamentos em torno dos bairros já existentes, como também em número de habitantes por km². De acordo com o IBGE (2010), a densidade demográfica neste mesmo ano era de 20,72 ha/km² sendo o segundo município mais denso do Estado de Rondônia.

A área de estudo está localizada em trecho do rio Pirarara, em área urbana do município de Cacoal-RO (Figura 2), situada próximo do centro comercial do município.



Figura 2. Localização da área de estudo.

O trecho foi demarcado por um raio de 50 metros de cada margem do rio Pirarara entre as ruas Rio Branco e Rui Barbosa, com 64 construções diversas, e o questionário foi aplicado em 28 delas. O questionário teve o objetivo de identificar os tipos de ocupação e de construção para estimar o nível econômico dos ocupantes com 16 questões baseadas no modelo do Boletim de Cadastro Individual (BCI) (Quadro 1).

Coletou-se amostras de solo deformadas, em doze pontos diferentes dentro do raio de 50 metros estabelecido no rio Pirarara, de forma que desse uma visão geral do tipo de solo dessa região. As amostras de solo foram colhidas a 1 metro de profundidade, fazendo uso de pá, enxada, boca de lobo, alavancas e acondicionando as amostras de solo foram acondicionadas em sacos de polipropileno. Foi utilizado um GPS (Sistema de Posicionamento Global) para registrar as localizações dos pontos de coleta de solos, conforme Tabela 1.

Para análise de solos foi realizado ensaio de granulometria, executado de acordo com a NBR 7181/84, na qual os dados obtidos deste ensaio (Tabela 2). Utilizando o conceito de Atterberg executou-se os ensaios de limite de plasticidade, limite de liquidez para se obter índice de plasticidade, conforme a NBR 6457/86 e 7180/84 e 6459/84.

A classificação dos solos foi realizada em concordância com o sistema da HRB-AASHO (Highway Research Board - American Association of States Highway and Transportation Officials).

Após o registro dos pontos e das casas entrevistadas, foi criado um banco de dados com as informações dos questionários e das análises das coletas de solos. Para o desenvolvimento da análise espacial utilizou-se do software Qgis PISA, para elaborar a área de estudo da APP e do mapa de solos.

Quadro 8. Questionário de avaliação das construções em área de APP

| Ocupação | Tipo de const. | Tipo de material | Elevador | Cobertura | Esquadrias | Piso | Inst. Elétrica |
|--------------|----------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|----------------------------|
| Sem uso | Casa | Madeira | Não | Metálica | Sem | Cimento | Sem |
| Agropecuária | Apto. | Metal | Sim | Telha cer. | Madeira | Madeira | Aparente |
| Residencial | Sala comer. | Tijolo | | Fibrocim. | Fero | Cerâmica | Semi embut. |
| Industrial | Galpão | Blocos | | Lajes | Alumínio | Outros | Embutida |
| Comér/serv. | Telheiro | Outros | | Outros | Outros | | |
| Espor/diver | Indústria | | | | | | |
| Saúde | Outros | | | | | | |
| Ensino | | | | | | | |
| Cultura | | | | | | | |
| Templo | | | | | | | |
| Foro | Ins. Sanitária | Reves. Interno | Reves. Externo | Pintura interna | Pintura externa | Ar cond. Central | Piscina |
| Sem | Sem | Sem | Sem | Sem | Sem | Não | Até 50 m ² |
| Madeira | Externa | Reboco | Reboco | Caiação | Caiação | Sim | 50,01 a 100 m ² |
| Chapas/PVC | Interna | Massa fina | Massa fina | Látex | Látex | | >100 m ² |
| Lajes | 2 internas | Cerâmica | Cerâmica | Óleo | Acrílica | | Não |
| Outros | <2 internas | Outros | Outros | Outros | Outros | | Área da pisc. |

Resultados e Discussão

Por este trabalho observa-se que a APP apresenta degradação abundante e a falta de preservação, com ação antrópica abundante, com aterros, e com tubulações de redes de esgotos que deságua no rio. Esse trecho se encontra próximo ao centro comercial de Cacoal, uma área abundante de ocupação irregular.

Observa-se que a área total estudada possui 65.240 m², sendo que 42,74% (0.0278 km²) é ocupado por construções irregulares, e apenas 57,26% se mantém parcialmente preservada. Na Figura 3 observa-se a ocupação irregular na área de preservação permanente. Este resultado apresenta um dado preocupante visto que, o trecho em estudo é apenas um representativo, em comparação com as grandes áreas de preservação existentes no município.

Em estudo realizado por Almeida (2016) que abrange toda a área de APP do rio Pirarara apresentou 50% das margens do Rio possuía pouca ou nenhuma vegetação, e que os cruciais impactos foram devido a ações humanas no Pirara são o desflorestamento da mata ciliar e a poluição dos recursos hídricos responsabilizando parcialmente a falta de fiscalização quanto ao uso e ocupação, já que existe o Plano Diretor no município de Cacoal, no entanto, não é respeitado na prática.

Comparando os resultados encontrados e os dados deste trabalho, observa-se que, há uma coerência entre a degradação das margens do rio pela ação antrópica, quando se parte de um estudo particular de um trecho do rio para o mesmo estudo aplicado a toda a área, condizendo no curto espaço de tempo de um ano entre elas.



Figura 3. Localização da ocupação irregular.

Macaro (2013), observou que 55% da APP do Igarapé Pintado na cidade de Ji-Paraná, estava urbanizado. Um fator preocupante, pois 74,30% da área da bacia também está urbanizada, e que devido a isso, a qualidade ambiental da bacia está prejudicada.

Pode se dizer que, a qualidade da água está ligada diretamente com o meio que a cerca, sendo que no rio Pirarara, no trecho estudado, encontra-se um percentual alarmante quanto ao uso da APP, observa-se que há baixa qualidade da água nesse rio. Tendo alguns estudos específicos da água desse rio comprovando que as águas do rio Pirarara apresenta vários indicadores de poluição e sendo considerada imprópria para o consumo humano.

De acordo com Barbosa (2012), em estudo de análise da qualidade da água do rio Pirara, em 6 pontos de coleta da água, encontrou valores de níveis de contaminação iguais e superiores a classe 2, variando de pouco poluída a muito poluída, sendo que nesse último obteve mais resultado próximos. Relata também que a maior parcela de poluição foi através dos despejos de esgotos, efluentes domésticos e a detecção de esgotos de indústrias e serviços.

No entanto Lima (2014), observa uma realidade diferente quando comparada aos anos de 2008, onde a invasão urbana sobre a APP nas margens dos cursos d'água da bacia do rio Urupá em Ji-Paraná-RO representava uma área de 0,85 km², equivalente a 2,03% da área total da APP, e em 2013 reduziu em 130,7% (0,48 km²) de sua área para 0,37km² tornando em apenas 0,9% da área da APP. No estudo de Lima (2014) e de Macaro (2013), embora por se tratar de um estudo aplicado a um mesmo município, mas em anos e rios distintos, houve uma mudança positiva, enquanto no Igarapé Pintado a tendência da APP foi aumentar a infringência de construções irregulares, já no rio Urupá a tendência foi a diminuição das ocupações das APP's.

Contudo, Júnior (2016) em estudo da cidade de Maceió-AL, encontrou 13,88 km² ocupado por meio urbano de uma área total de 162,86 km² de APP, representando uma parcela de 8,52% da área total. Ações antrópicas também se repetem no município de São Leopoldo-RS que possuía uma área de 104,50 km² com uma zona de 56,82% de APP's, com 13,47% dela sendo infringida (OLIVEIRA et al., 2007). Santos (2005) observou que em 2002, de 111 ha (1,11 km²) de APP do igarapé Judia na cidade de Rio Branco-AC, 28,83% (0,32 km²) da área era ocupada pela urbanização.

Na Figura 4 observa-se a área de APP e constata-se a invasão por construções em toda a área de estudo.



Figura 4. APP da área de estudo.

Quanto ao tipo de residência observa-se que 78,57% são de casas, como pode ser observado na Figura 5, em sua maioria construídas de tijolos (71,43%), cobertos por telha de cerâmica (64,29%), de piso recoberto por material cerâmico (78,57%), sem forro (42,86%), sendo que 53,57% são revestidas interna e externamente por reboco comum, com a maioria possuindo algum tipo de pintura interna, externa ou ambas, com sistema sanitário interno (71,43%), apresentando instalação elétrica semi embutida com 50% das esquadrias em vidro, e sem possuir ar condicionado (78,57%).

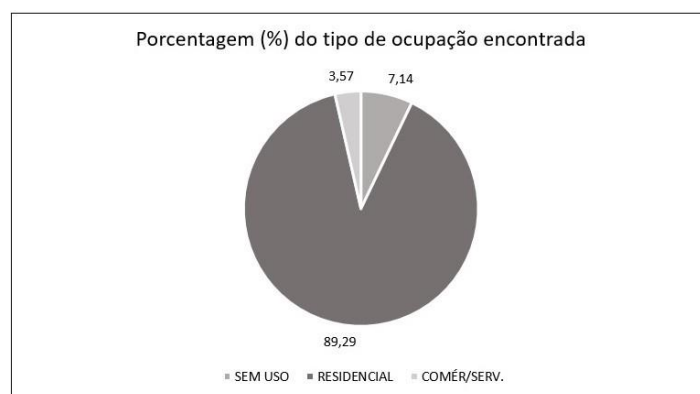


Figura 5. Tipo de construção encontrada na área de estudo.

Pelos resultados obtidos observa-se que, o perfil das construções mais encontrado neste trecho do Rio Pirarara, corresponde ao perfil de casas da classe média. Isto é um fator importante, pois com a expansão urbana sem o devido planejamento, leva a população desprovida de poder econômico a ocupar lugares de risco, como as margens do rio. De acordo com Santos (2016), a população menos favorecida economicamente, apresentará maior vulnerabilidade frente a eventos naturais, uma vez que, corriqueiramente, essa parcela da população tende a ocupar áreas de menor valor comercial no espaço urbano, sendo exatamente essas as áreas que apresentam maior vulnerabilidade a ocorrência de situações de risco.

Na Tabela 1 observa-se a localização de cada ponto de amostra de solo. Nota-se que nas amostras A.S.2 e A.S.3 houve a presença de água, estando o solo saturado entre 90 e 60 cm de profundidade respectivamente, provavelmente isso se deu pelo lençol freático estar mais próximo da superfície devido

estar localizado próximo ao curso do rio, indicando uma possível diminuição da infiltração nesses pontos. Observa-se que, 4 pontos identificados como aterro, apontam uma interferência humana na APP em estudo. Jesus (2004), relata que atualmente as cidades possuem uma organização complexa, e que o uso inadequado do solo pode trazer problemas, tanto para a natureza, como para a população, e a presença de cortes e aterros inapropriados podem ser fatores potenciais de risco de inundação, assim como erosão e assoreamento.

Tabela 1. Dados obtidos no local da escavação

| Local do furo | Amostra | Latitude (s) | Longitude (w) | Sentido | Prof (m) | Nível d'água (cm) | Aterro |
|--|---------|--------------|---------------|----------------|----------|-------------------|-----------|
| Rua Rui Barbosa Chác. A esquerda antes da ponte | A.S.1 | 11'26,428' | 061'26,315' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | >1 m |
| Rua Rui Barbosa a direita antes da ponte | A.S.2 | 11'26,398' | 061'26,297' | Oeste para 146 | 1 | 90,00 | Solo nat. |
| Rua Rui Barbosa a direita depois da ponte | A.S.3 | 11'26,391' | 061'26,334' | Oeste para 146 | 1 | 60,00 | Solo nat. |
| Rua Deodato Dulce a direita antes da ponte | A.S.4 | 11'26,381' | 061'26,314' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | > 1 m |
| Rua Deodato Dulce a esquerda antes da ponte 1 | A.S.5 | 11'26,340' | 061'26,300' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | Solo nat. |
| Rua Deodato Dulce a esquerda antes da ponte 2 | A.S.6 | 11'26,332' | 061'26,301' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | Solo nat. |
| Rua Antônio de Paula a esquerda antes da ponte | A.S.7 | 11'26,315' | 061'26,290' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | Solo nat. |
| Rua Antônio de Paula/Marinheiro a Direita antes da ponte | A.S.8 | 11'26,290' | 061'26,274' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | Solo nat. |
| Rua dos Marinheiros lado do rio | A.S.9 | 11'26,240' | 061'26,307' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | Solo nat. |
| Rua Rio Branco a direita antes da ponte | A.S.10 | 11'26,169' | 061'26,342' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | Solo nat. |
| Rua Rio Branco a esquerda antes da ponte | A.S.11 | 11'26,204' | 061'26,345' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | > 1 m |
| Rua Rio Branco a esquerda depois da ponte | A.S.12 | 11'26,202' | 061'26,375' | Oeste para 146 | 1 | 0,00 | > 1 m |

Nas Tabelas 2 e 3 observa-se os resultados encontrados dos ensaios de granulometria e os índices de Attemberg (LP e LL).

Tabela 9. Resumo do ensaio de granulometria

| Amostra | Pedregulho | Areia grossa | Areia média | Areia fina | Silte | Argila |
|---------|-----------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| | >4,8mm | 4,8-2,0mm | 2,0-0,42mm | 0,42-0,075mm | 0,05-0,005mm | <0,005mm |
| | % retida | | | | | |
| A.S.1 | 2,19 | 6,15 | 12,03 | 43,24 | Não definido | Não definido |
| A.S.2 | 19,11 | 18,40 | 0,00 | 24,38 | Não definido | Não definido |
| A.S.3 | 0,33 | 2,51 | 7,65 | 85,67 | Não definido | Não definido |
| A.S.4 | 15,16 | 8,15 | 10,46 | 26,56 | Não definido | Não definido |
| A.S.5 | 0,00 | 0,00 | 7,40 | 56,00 | Não definido | Não definido |
| A.S.6 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 39,26 | Não definido | Não definido |
| A.S.7 | 7,63 | 9,19 | 20,60 | 36,45 | Não definido | Não definido |
| A.S.8 | 0,00 | 16,43 | 16,58 | 21,07 | Não definido | Não definido |
| A.S.9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,59 | Não definido | Não definido |
| A.S.10 | 0,00 | 0,00 | 17,44 | 36,73 | Não definido | Não definido |
| A.S.11 | 1,23 | 7,30 | 21,88 | 34,88 | Não definido | Não definido |
| A.S.12 | 13,13 | 11,60 | 19,28 | 31,28 | Não definido | Não definido |

O ensaio de granulometria (Tabela 2) permite perceber a graduação dos grãos de solo que cada amostra apresenta, visto que todas as amostras apresentam grãos de solo com tamanhos diferentes, mas com uma porcentagem grande de solo retido na peneira que corresponde a areia fina.

Tabela 10. Resumo dos ensaios de limites de plasticidade e liquidez

| Amostra | % IP | % LP | % LL |
|---------|-------|-------|-------|
| A.S.1 | 0,00 | SP | NL |
| A.S.2 | 0,00 | SP | 44,00 |
| A.S.3 | 13,00 | 21,00 | 8,00 |
| A.S.4 | 26,00 | 26,00 | NL |
| A.S.5 | 17,00 | 17,00 | NL |
| A.S.6 | 17,00 | 17,00 | NL |
| A.S.7 | 0,00 | SP | NL |
| A.S.8 | 5,00 | 20,00 | 15,00 |
| A.S.9 | 15,00 | 17,00 | 2,00 |
| A.S.10 | 0,00 | SP | NL |
| A.S.11 | 8,00 | 26,00 | 18,00 |
| A.S.12 | 23,00 | 22,00 | 45,00 |

Das doze amostras analisadas, apenas 33,34% não apresentam índice de plasticidade, que é uma propriedade do solo que indica a capacidade de ser moldado de acordo com o teor de umidade o que é uma característica de solo argilosos, sendo assim deduz-se que as amostras a que se refere a porcentagem acima seja de solo arenoso.

Na Tabela 4 observa-se a classificação das amostras de solos obtidas pelas análises deste trabalho.

Tabela 4. Classificação das amostras de solo

| Amostra | % | | | % IP | % LP | % LL | Classificação | | | |
|---------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|---------------|------------|---------------------------|--------------------------|
| | Nº 10 | Nº 40 | Nº 200 | | | | Grupo princ. | Grupo sec. | Material predominante | |
| A.S.1 | 89,11 | 77,08 | 33,85 | 0,00 | SP | NL | A-2 | A-2-4 | Areia siltosa ou argilosa | Solo granular |
| A.S.2 | 37,66 | 37,66 | 13,29 | 0,00 | SP | 44,00 | A-1 | A-1-a | Pedregulho e areia | Solo granular |
| A.S.3 | 95,90 | 88,25 | 2,59 | 13,00 | 21,00 | 8,00 | A-2 | A-2-6 | Areia siltosa ou argilosa | Solo granular |
| A.S.4 | 67,77 | 57,31 | 30,75 | 26,00 | 26,00 | NL | A-2 | A-2-6 | Areia siltosa ou argilosa | Solo granular |
| A.S.5 | 0,00 | 92,34 | 36,34 | 17,00 | 17,00 | NL | A-6 | A-6 | Solos argilosos | Solo siltoso ou argiloso |
| A.S.6 | 0,00 | 99,48 | 60,23 | 17,00 | 17,00 | NL | A-6 | A-6 | Solos argilosos | Solo siltoso ou argiloso |
| A.S.7 | 72,89 | 52,28 | 15,83 | 0,00 | SP | NL | A-2 | A-2-4 | Areia siltosa ou argilosa | Solo granular |
| A.S.8 | 75,14 | 58,55 | 37,48 | 5,00 | 20,00 | 15,00 | A-4 | A-4 | Solos siltosos | Solo siltoso ou argiloso |
| A.S.9 | 0,00 | 100,00 | 86,41 | 15,00 | 17,00 | 2,00 | A-6 | A-6 | Solos argilosos | Solo siltoso ou argiloso |
| A.S.10 | 0,00 | 53,97 | 17,24 | 0,00 | SP | NL | A-2 | A-2-4 | Areia siltosa ou argilosa | Solo granular |
| A.S.11 | 89,48 | 53,97 | 32,72 | 8,00 | 26,00 | 18,00 | A-2 | A-2-4 | Areia siltosa ou argilosa | Solo granular |
| A.S.12 | 63,82 | 44,55 | 13,27 | 23,00 | 22,00 | 45,00 | A-1 | A-1-b | Pedregulho e areia | Solo granular |

Através dos resultados, é possível afirmar que 66,67% das amostras trata-se de solo granular, mais especificamente areia fina, dado que pode ser observado também na Tabela 2, onde o percentual retido entre as peneiras 0,42 e 0,075mm foram maiores que nos outros itens em todas as amostras. Isso demonstra que o tipo de solo dessa região permite a infiltração mais rápida de água no solo, pois segundo Reinet e Reichert (2006), solo arenoso possui boa drenagem e mais macro poros que são responsáveis por uma maior contribuição na infiltração. No entanto, observa-se no local que havia lixo

doméstico inorgânico, resíduo de construção civil, pneus, entre outros sendo descartados no entorno do rio, modificando seu estado natural e interferindo na capacidade de absorção de água pelo solo. De acordo com Collischonn e Tassi (2008), a modificação do solo nas bacias urbanas pelo homem, pode diminuir sua capacidade de infiltração em relação da intensidade de água da chuva, gerando um aumento do escoamento superficial.

Na Figura 6 observa-se os tipos de solos encontrados e a variedade de distintos grupos na área de estudo. Nas amostras AS1, AS7, AS10 e AS11 constata-se que pertencem ao grupo A-2 (areia siltosa ou argilosa) e A-2-4 (solo granular).



Conclusão

Constatou-se que, o uso de SIG facilitou a localização do trecho com mais eficiência e agilidade, tornando possível visualizar e analisar os dados da área de preservação permanente e a área degradada.

Observou-se que, a área de APP analisada não está sendo preservada, pois 42,74% dela está ocupada por construções irregulares, sendo um percentual alarmante com praticamente metade da área infringida, com tendência de crescimento.

Conclui-se que 78,57% das construções foram de casas, ressaltando a importância dos resultados obtidos para a prefeitura de Cacoal como alerta para àquele espaço, com projetos que possam intervir positivamente.

Referências

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Amostra de solo-preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. NBR 6457. Rio de Janeiro, 1986.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo-análise granulométrica. NBR 7181. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo-determinação do limite de plasticidade. NBR 7181. Rio de Janeiro, 1984.
- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Solo-determinação do limite de liquidez. NBR 6459. Rio de Janeiro, 1984.
- ALMEIDA, J. R. de. Urbanização em área de risco: Diagnóstico dos impactos socioambientais do rio Pirarara no Município de Cacoal Rondônia. Revista Presença Geográfica, v.3, n.2, p.25-44, 2016.
- BAPTISTA, C. Sistemas de Informações Geográficas. Campina Grande: Universidade Federal de Campina

- Grande, 2009. 66 slides, color. Disponível em: <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~baptista/cursos/SIG>>. Acesso em: 05 nov. 2018.
- BARBOSA, L. S. Análise da qualidade da água e o processo de uso e ocupação das terras na bacia hidrográfica do rio Pirarara no município de Cacoal-Rondônia. 151f. Dissertação (Mestrado). Curso de Mestrado em Geografia. Núcleo de Ciências Exatas e da Terra. Universidade Federal de Rondônia. Porto Velho, 2012.
- BRASIL. Lei 12.727, 17 de outubro de 2012. Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília 2012. Disponível em: <<http://planalto.gov.br>>. Acesso em: 29 set. 2017.
- CASAGRANDE, P. G1 Rondônia, 14 jan. 2013. Famílias temem nova enchente com cheia do rio Pirarara, em Cacoal, RO: em 2012, 50 famílias foram afetadas com perdas materiais, diz bombeiro: No domingo nível do rio chegou a 3,9 metros, um a mais do recomendado. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2013/01/familias-temem-nova-enchente-com-cheia-do-rio-pirarara-em-cacoal-ro.html>>. Acesso em: 04 abr. 2017.
- COLLISCLONN, W.; TASSI, R. Introduzindo Hidrologia: Geração de escoamento durante a chuva. 5. ed. Rio Grande do Sul: IPH UFRGS, 2008. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/Hidrologia/apostila_Completa_2008.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.
- COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo Hidrologia: Movimento de água no solo e infiltração. 5. ed. Rio Grande do Sul: IPH UFRGS, 2008. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/Hidrologia/apostila_Completa_2008.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2018.
- GUIMARÃES JÚNIOR, S. A. M. Avaliação por geoprocessamento das áreas de preservação permanente hídricas, no município de Maceió, Alagoas-Brasil: uso da terra, cobertura vegetal, impactos ambientais e vulnerabilidade social. 150f. Dissertação (Mestrado). Curso de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. População no último censo. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ro/cacoal/panorama>. Acesso em: 12 de abr. 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2015. Unidades locais. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/1LAX>>. Acesso em: 12 de abr. 2017.
- JESUS, A. S. de. Geomorfologia antrópica, riscos geomorfológicos e hidrológicos na porção centro-leste Anápolis (GO). Boletim Goiano de Geografia, v.24, n.1, p.69-79. 2004.
- LIMA, P. F. de. Identificação, caracterização e evolução dos usos da terra nas APP's da bacia hidrográfica do Rio Urupá, Rondônia. 75f. TCC (Graduação). Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Rondônia. Ji-Paraná, 2014.
- MACARO, L. A. M. Geotecnologias aplicadas à caracterização da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do igarapé Pintado, Ji-Paraná-RO. 43f. TCC (Graduação). Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Rondônia. Ji-paraná, 2013.
- MUNIZ, T. G1 Cruzeiro do Sul e Região. Enchente histórica faz 3ª cidade do Acre decretar situação de emergência: mais de 1.700 pessoas estão sendo afetadas em Rodrigues Alves. Prefeitura iniciou campanha para arrecadar doações para vítimas da cheia. 03 fev. 2017. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ac/cruzeiro-do-sul-regiao/noticia/2017/02/enchente-historica-faz-3-cidade-do-acre-decretar-situacao-de-emergencia.html>>. Acesso em: 04 mar. 2017.
- OLIVEIRA, M. Z. de; VERONEZ, M. R.; THUM, A. B.; REINHARDT, A. O.; BARETTA, L.; VALLES, T. H. A.; ZARDO, D.; SILVEIRA, L. K. da. Delimitação de áreas de preservação permanente: um estudo de caso através de imagem de satélite de alta resolução associada a um sistema de informação geográfica (SIG). In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. Anais...Florianópolis: INPE, 2007. p.4119-4128.
- OLIVEIRA, M. G1. Rondônia. Famílias temem nova enchente com cheia do rio Pirarara, em Cacoal, RO: Pelo menos 450 famílias foram atingidas pela enchente no fim de semana. Prefeitura decretou estado de emergência, mas pode decretar calamidade, 24 mar. 2014. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2014/03/familias-atingidas-pela-enchente-em-cacoal-ro-retornam-para-casa.html>>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. (Comp.). Propriedades física do solo. In: REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Propriedades física do solo. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. p.1-18.

- SANTOS, C. L. dos. Análise da suscetibilidade a ocorrência de enchentes e inundações na bacia do rio Jaguaribe - João Pessoa/PB. 109f. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-graduação em Geografia. Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Departamento Ciências Geografia. Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.
- SANTOS, W. L. dos. O processo de urbanização e impactos ambientais em bacias hidrográficas: o caso do igarapé Judia-Acre-Brasil. 171f. Dissertação (Mestrado). Curso de Ecologia e Manejo de Recursos Naturais. Universidade Federal do Acre. Rio Branco, 2005.
- SILVA, C. C. R. da; SANTOS, R. P. Análise das construções irregulares em área de preservação permanentes, em trecho do rio Pirarara no município de Cacoal-RO. In: Jornada Científica-UNESC, 15, 2017, Cacoal. Anais...Cacoal, 2017.
- SOUZA, J. S.; BASTOS, C. W. da Mota. Mecânica dos solos. Cap. 1. Origem, formação e classificação dos solos. NT Editora e Figuramundo, 2005. 187p.
- TOREZANI, J.; GAMA, R. H. F. Diagnóstico ambiental da microbacia do igarapé Pirarara em Cacoal-RO. 94f. TCC (Graduação). Curso de Engenharia Ambiental. Faculdade Integradas de Cacoal. Cacoal, 2015.
- TUCCI, C. E. M. Programa de Modernização do Setor Saneamento. Gestão de águas pluviais urbanas: Saneamento para todos. 4. ed. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. 20p. Disponível em: <<http://www.capacidades.gov.br/media/doc/acervo/06906898a257ceb3ec8687675e9e36c8.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. Impacto no escoamento do desenvolvimento urbano: Cap. 14. Água Doce. Rio Grande do Sul: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997. 35p. Disponível em: <http://www.pec.poli.br/sistema/material_disciplina/fotos/águanomeio_urbano.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2017.
- TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Disponível em: https://labgeologiaambiental.jatai.ufg.br/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais_.PDF?1370615799. Acesso em: 23abr. 2017.

APLICAÇÃO DE SIG NA CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO AÇUDE CACHOEIRA DOS ALVES, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Haile Silvino Guimarães¹

Gutemberg da Silva Silvino²

Maria Cristina dos Santos Pereira³

Saulo Cabral Gondim⁴

Maurício Javier De Leon⁵

Emanuela Gonçalves dos Santos⁶

¹Acadêmico em Agronomia, CCA/UFPB/ Campus II Areia, hailesguimaraes@gmail.com

²Professor Associado, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, guttembergs@gmail.com

³Técnica Administrativa, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, mariacristtina@yahoo.com.br

⁴Professor Associado, UFPB/CCA/DSER/Campus II Areia, saulogondim@gmail.com

⁵Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSER Campus II Areia, mjleon@gmail.com

⁶Técnica Administrativa, UFPB/CCA Campus II Areia, manu.cravoecanela@gmail.com

Introdução

A bacia hidrográfica corresponde a uma unidade natural sendo definida, segundo Oliveira e Antônio (2015), como uma unidade física de captação natural da água de precipitação determinada pela rede de drenagem composta pelo seu rio principal e por seus afluentes, limitada por divisores de águas, que distribuem a água por toda a bacia desde os divisores até o exutório. Reconhecendo-se nessa unidade natural a inter-relações entre o manejo, uso da terra, geomorfologia, declive e solo (CHANDRASHEKAR et al., 2015).

Atualmente, existe uma preocupação mundial com a quantidade e qualidade dos recursos hídricos, conseqüentemente, conferindo à bacia hidrográfica unidade fundamental para fins administrativos, para conservar os recursos naturais, principalmente solo e água, que são as questões-chave no manejo de bacias hidrográficas (CHANDRASHEKAR et al., 2015). No contexto do semiárido brasileiro, os estudos com bacias hidrográficas são ainda mais relevantes, sobretudo devido à escassez natural dos recursos hídricos que leva à necessidade de diversas práticas de convivência com esta realidade, reforçando ainda mais, a necessidade de utilização de modelos computacionais e matemáticos capazes de simular os processos hidrológicos e as diversas variáveis que o configuram, a fim de se estabelecer padrões de uso sustentável dos recursos hídricos em regiões onde esse recurso é escasso (SOUSA et al., 2016).

Um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, é a caracterização morfométrica, também denominadas morfológicas ou simplesmente físicas da bacia hidrográfica. O entendimento do comportamento hidrológico da bacia hidrográfica é fundamental para o conhecimento da sua dinâmica interna, devendo sua análise partir do levantamento das suas características morfométricas como área, forma, rede de drenagem, geologia e geomorfologia (SOUSA et al., 2016), elucidando as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional (TEODORO et al., 2007), bem como favorecendo a compreensão da influência da morfometria de drenagem na formas de relevo e suas características (CHANDRASHEKAR et al., 2015).

Os autores Deodoro e Fonseca (2014), indicam as áreas de possíveis aplicações de um estudo hidrológico e das características físicas de uma bacia hidrográfica, como por exemplo, controle de erosão, regularização de corpos d'água, suscetibilidade e potencialidade a erosão, e suscetibilidade a inundação e preservação do meio ambiente, preservação e desenvolvimento da vida aquática. Tais características são extremamente úteis na orientação dos técnicos durante a elaboração de projetos hidro agrícolas, na construção de barragens, na escolha de fontes de abastecimento de água, na regularização e regionalização de vazões, dentre outros (NOVAES et al., 2004). Estes índices são fundamentais para qualquer estudo hidrológico, sendo de grande importância para a definição de uma seqüência de prioridades na gestão e elaboração de planos de ação.

Segundo Moreira et al. (2016), vários estudos são realizados para caracterização morfométrica de bacias hidrográficas, demonstrando o quão importante é este tipo de análise para estratégias de tomada de decisões no planejamento urbano, agrícola e florestal, e como o SIG (Sistemas de Informações

Geográficas) pode ser um aliado na obtenção dos dados necessários para este tipo de análise. Nesse contexto, para Alves et al. (2014), o sensoriamento remoto, o geoprocessamento, e os SIG's são importantes ferramentas, pois auxiliam nos estudos de caracterização do relevo e do ambiente físico, especialmente por meio da utilização de produtos como o SRTM (Shuttle Radar Topography Mission).

Face ao exposto, este trabalho objetiva realizar análise morfométrica da bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves no município de Itaporanga- PB, usando imagens SRTM e Sistema de Informação Geográfica.

Material e Métodos

Caracterização da área de estudo

A unidade de análise adotada neste trabalho foi a sub-bacia hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, localizado, no sertão paraibano no município de Itaporanga, PB (Figura1), com área de aproximadamente 199 ha, com capacidade de reserva hídrica de 10.611.196 m³ localizada entre as latitudes 07° 17" 56,83"" S e 07° 19" 19,65"" S e longitudes 38° 13" 11,02"" W e 38° 14" 32,60"" W.

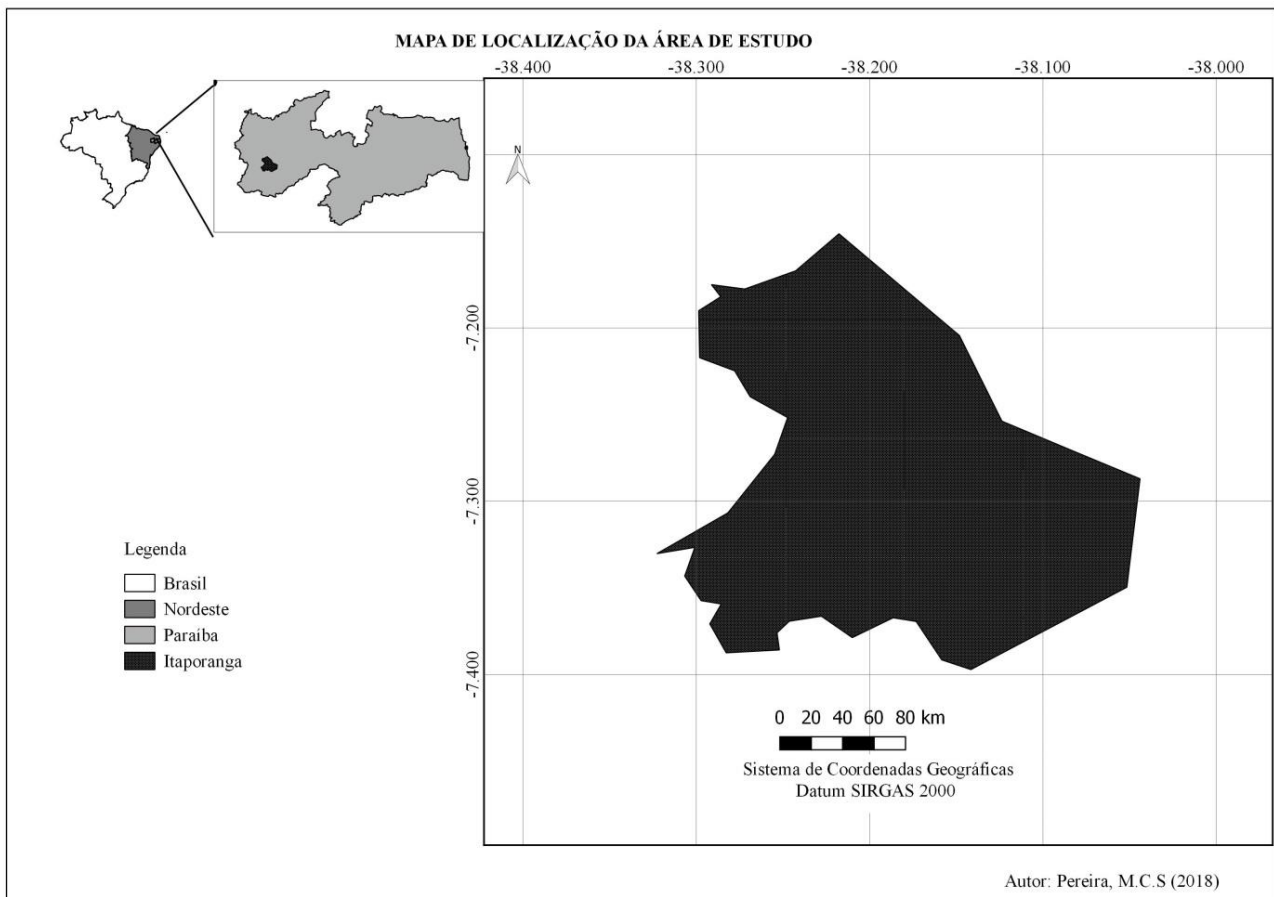


Figura 1. Localização geográfica da área de estudo. Fonte: Adaptado de IBGE (2009).

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Topografia e Geoprocessamento-LabTGeo/CCA/UFPB. Foi realizado a aquisição das imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 30m, no site USGS (United States Geological Survey).

Através da imagem SRTM foi gerado um MDE e elaborado a extração da drenagem utilizando o ArcGis 9.3.3® através da ferramenta *Spatial Analyst Tools* do aplicativo *ArcToolbox*. Neste processo foram gerados mapas de direção de fluxo, fluxo acumulado e drenagem, e a delimitação da bacia a partir do ponto exutório na rede de drenagem gerada.

Análise Morfométrica

A análise morfométrica foi feita a partir das características geométricas, de relevo, e das características da rede de drenagem.

*Características relacionadas a Forma**Coefficiente de compacidade (Kc)*

Na metodologia foi utilizado o Kc ou índice de Gravelius (Ld), dado pela Equação 1, que permitiu relacionar a forma da bacia com um círculo construindo uma relação entre o perímetro da bacia (P) e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia (A) (OLIVEIRA & ANTÔNIO, 2015).

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}} \quad [\text{Eq.1}]$$

Onde: P é o perímetro total da bacia hidrográfica em Km e A é sua área total em Km².

O coeficiente de compacidade (Kc) é dado por um número adimensional que será maior quanto mais irregular for a forma da bacia, e quando mais próximo de 1, mais se aproxima de um círculo (COLLISCHONN, 2013). Quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (VILLELA & MATTOS, 1975). Sendo assim, o Kc foi interpretado conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Suscetibilidade da bacia hidrográfica à grandes enchentes de acordo com o coeficiente de compacidade

| Valor de Kc | Suscetibilidade da bacia hidrográfica a enchentes |
|-------------|---|
| 1,00 – 1,25 | Alta propensão a grandes enchentes |
| 1,25 – 1,50 | Tendência mediana a grandes enchentes |
| >1,50 | Não suscetível |

Fator de forma (Kf)

Nesta etapa foi calculado o fator de forma (Kf) que é dado pela relação entre a área da bacia (A), em km², e o comprimento axial da bacia (Lx), em km (Equação 2).

$$Kf = \frac{A}{Lx^2} \quad [\text{Eq.2}]$$

Uma bacia com fator de forma baixo, indica que, a mesma é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior (VILLELA & MATTOS, 1975). Quanto menor o Kf, mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente. Sendo assim, o fator de forma foi interpretado conforme a Tabela 2.

Tabela 2. Suscetibilidade da bacia hidrográfica a enchentes de acordo com o fator de forma

| Valor de Kf | Suscetibilidade da bacia hidrográfica a enchentes |
|-------------|---|
| 1,00 – 0,75 | Suscetível a enchentes |
| 0,75 – 0,50 | Tendência mediana |
| 0,50 | Não suscetível |

Razão de alongação (Re)

Após foi elaborado o cálculo da Razão de alongação conforme a Equação 3, que é a relação entre o diâmetro do círculo de área igual à área da bacia (A^{0,5}) e o comprimento do eixo da bacia (Lax).

$$Re = 1,128 \left(\frac{A^{0,5}}{Lax} \right) \quad [\text{Eq.3}]$$

Índice de circularidade (Ic)

Em seguida foi calculado o índice de circularidade pela relação entre a área (A), em km², e o perímetro (P), em km (TONELLO, 2005). Resultado da relação entre a área da bacia e um quadrado de lado igual ao comprimento axial da bacia, expressando a capacidade da bacia em gerar enchentes. Quanto mais próximo de 1, maior a propensão a enchentes, pois a bacia fica cada vez mais próxima de um quadrado.

Índice entre o comprimento e a área da bacia (ICO)

O ICO foi calculado através da Equação 4, dividindo-se o diâmetro da bacia ($\frac{P}{\pi}$) pela raiz quadrada da área (\sqrt{A}), de acordo com EPAGRI (1997), onde o diâmetro da bacia equivale ao diâmetro

da circunferência de mesmo perímetro da bacia. Quando o valor do ICO estiver próximo de 1,0, a bacia apresenta forma semelhante a um quadrado; quando o valor for acima da unidade, mais alongada será a forma bacia (EPAGRI, 1997).

$$ICO = \frac{P}{\sqrt{\pi A}} \quad [\text{Eq.4}]$$

Densidade de Drenagem (Dd)

Este índice é indicativo da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica, dando uma ideia a respeito do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem, ou seja, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia (GUARIZ, 2008). Este índice, fornece uma indicação da eficiência da drenagem da bacia, sendo expressa pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede (Lt_{tot}, km) e a área total da bacia (A, km²) (ANTONELI & THOMAZ, 2007). Sendo calculado pela Equação 5.

$$Dd = \frac{L_{tot}}{A} \quad [\text{Eq.5}]$$

A densidade de drenagem foi interpretada segundo França (1968), onde: baixa (< 1,5 km/km²), média (1,5 a 2,5 km/km²), alta (2,5 a 3,0 km/km²) e super alta (> 3,0 km/km²).

Densidade Hidrográfica (Dh)

A densidade hidrográfica é um parâmetro importante por indicar a capacidade de gerar novos cursos de água na bacia hidrográfica em função das características pedológicas, geológicas e climáticas da área. Os parâmetros para o cálculo do Dh são o número de rios da rede de drenagem (N) e a área da bacia (A, km²) calculada previamente. Obteve-se essa relação através da Equação 6.

$$Dh = \frac{N}{A} \quad [\text{Eq.6}]$$

Segundo Lollo (1995), é possível classificar a densidade hidrográfica (Dh) em: menor que 3 como baixa; entre 3 e 7 como média; entre 7 e 15 como alta; e maior que 15 com densidade muito alta.

Características relacionadas a Rede de Drenagem

Coefficiente de torrencialidade (Ct)

Para quantificar a tendência de uma bacia hidrográfica em relação à ocorrência de inundações, através da multiplicação da densidade hidrográfica (Dh) pela densidade de drenagem (Dd) foi utilizada a Equação 7.

$$Ct = Dh \cdot Dd \quad [\text{Eq.7}]$$

Sinuosidade do curso d'água (SIN)

A sinuosidade do canal principal é um fator controlador da velocidade do fluxo de água (NOVAES et al., 2004), pois quanto maior a sinuosidade, maior a dificuldade encontrada pelo deslocamento da água no seu caminho até a foz, implicando numa menor velocidade. A sinuosidade é representada pela relação entre o comprimento do rio principal (L_p, km) e o comprimento de seu talvegue (L_t, km), que é o comprimento reto do canal medido da nascente até a foz conforme Alves e Castro (2003). Para isso foi utilizado a Equação 8.

$$SIN = \frac{L_p}{L_t} \quad [\text{Eq.8}]$$

Características relacionadas ao relevo

As características do relevo: Lado maior do retângulo equivalente (L), Lado menor do retângulo equivalente (L_r), Declividade máxima do rio (I_{max}), Declividade média do rio (I_{med}), Elevação média bacial (C_{med}), Índice de declividade Média da bacia (I_p), Índice de declividade Global (IG) e Desnível específico (DS), foram calculados com auxílio da ferramenta *HydroCharacteristics*, desenvolvida por Silva et al. (2009). Segundo Sousa et al. (2016) essas características apresentam influência direta sobre os fatores meteorológicos e hidrográficos, pois a medida que as variações na altitude influenciam nas

variações de pressão, temperatura e umidade, as variações na declividade estão diretamente relacionadas com a velocidade e o perfil de escoamento superficial da água.

Coefficiente de rugosidade (CR)

O coeficiente de rugosidade foi utilizado para estimar o risco de degradação ambiental em bacias hidrográficas, obtido do produto entre a densidade de drenagem (Dd) e sua declividade média (Hdm, m/m) conforme a Equação 9.

$$CR = Hdm.Dd \quad (\text{Eq.9})$$

O coeficiente de rugosidade direciona o uso potencial do solo em microbacias hidrográficas. A análise do CR, baseia-se em classes definidas por Pissarra et al. (2004), desta forma, as classes (A, B, C e D), foram assim estipuladas: Classe A (solos apropriados para a agricultura) CR < 23; Classe B (solos apropriados para pastagens/pecuária) CR entre 23 e 43; Classe C (solos apropriados para pastagem/reflorestamento) CR entre 44 e 63; Classe D (solos apropriados para reflorestamento) CR > 63.

Declividade

A declividade da bacia (I) é uma característica de grande interesse hidrológico, especialmente para as bacias pequenas, nas quais o escoamento superficial foi determinante na forma do hidrograma, sendo expressa pela Equação 9.

$$I = \frac{\Delta H}{L} \quad (\text{Eq.9})$$

Em que: I é a declividade (m/m); H é a diferença de cota (m) entre os pontos que definem o início e o fim do canal e L é o comprimento do canal entre estes pontos.

Para o parâmetro declividade, foram estabelecidas classes de interpretação dos valores conforme Tabela 3.

Tabela 3. Classes de declividade

| Intervalo de declividade (%) | Classe |
|-------------------------------------|----------------|
| < 3 | Plano |
| 3 – 8 | Suave ondulado |
| 8 – 20 | Ondulado |
| 20 – 45 | Forte ondulado |
| 45 – 75 | Montanhoso |
| > 75 | Escarpado |

Resultados e Discussão

Caracterização da Forma

Delimitação da bacia hidrográfica e rede de drenagem

A bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves possui uma área de drenagem de 111,5 km² e perímetro de 59,2 km. Como a área de drenagem da bacia hidrográfica em estudo encontra-se entre 100 e 700 km², segundo a classificação de Faustino (1996), pode ser considerada uma sub-bacia hidrográfica.

Segundo Teodoro et al. (2007), do ponto de vista da hidrologia, a classificação em grandes e pequenas bacias (sub-bacias e microbacias hidrográficas), não é vista somente na sua superfície total, mas considerando os efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio, tendo as pequenas bacias como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator de uso do solo (cobertura vegetal), sendo assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e/ou nas mudanças de uso do solo, são detectadas com mais sensibilidade quando comparadas à grandes bacias hidrográficas.

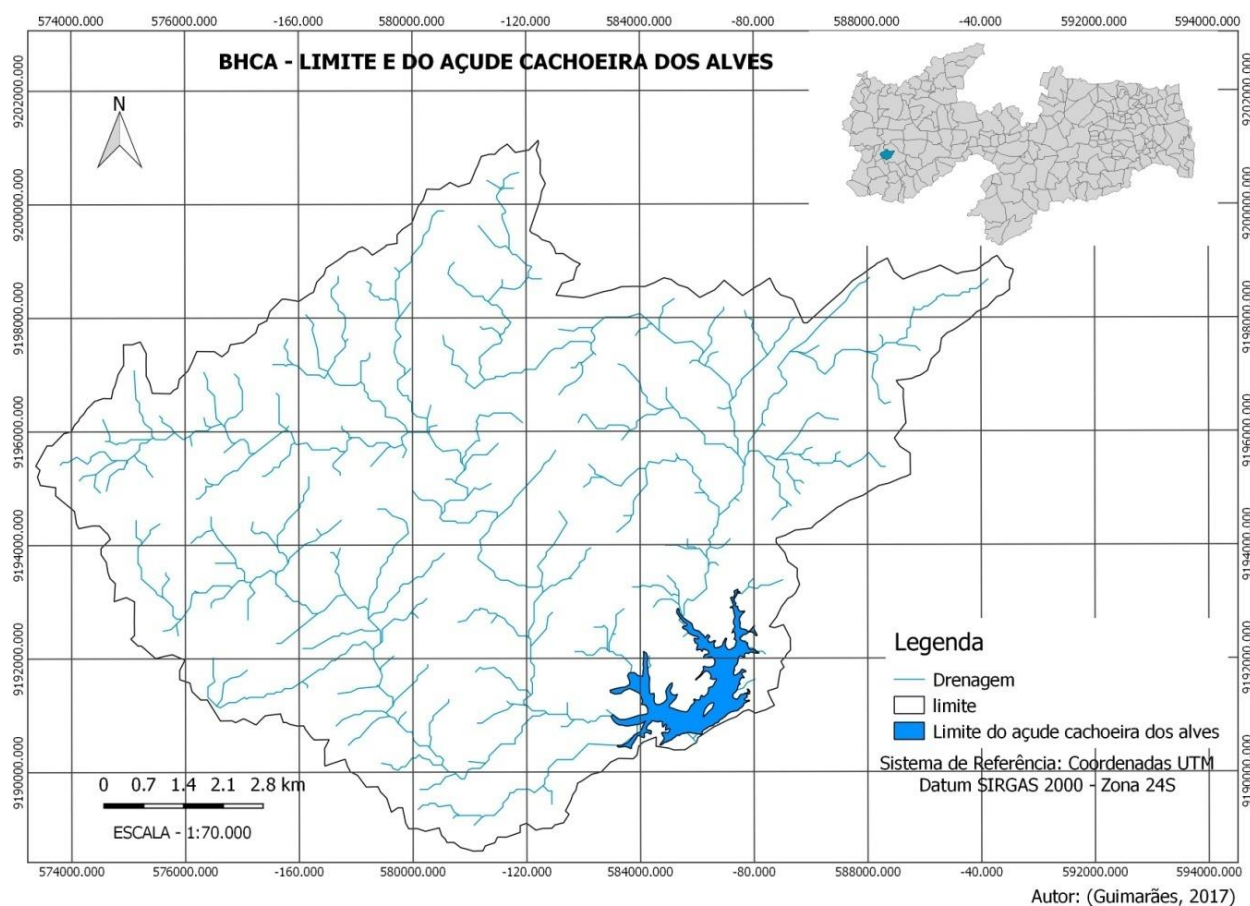


Figura 2. Delimitação e rede de drenagem da bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves.

Caracterização morfológica

Na Tabela 4 estão apresentadas as características geométricas encontradas por este trabalho da bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves. Na Tabela 4 também estão incluídos os resultados das pesquisas de Santos et al. (2012), Santos et al. (2018), Feitosa et al. (2011) e Sousa et al. (2016).

Tabela 4. Comparação das características geométricas da bacia hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves (BHCA)

| Características Geométricas | BHCA | Santos et al. (2012) | | Santos et al. (2018) | Feitosa et al. (2011) | Sousa et al. (2016) |
|--|--------|----------------------|-----------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| | | Sub-bacias Perdizes | Sub-bacias Fojo | | | |
| Área (km ²) | 111,5 | 12,7 | 13,97 | 7625,9 | 16335,69 | 512,873 |
| Perímetro (km) | 59,2 | 19,87 | 19,74 | 526,4 | 1041,74 | 181,859 |
| Linha de fundo (km) | 14,33 | - | - | - | - | - |
| Comprimento curso perímetro (km) | 187,77 | - | - | - | - | - |
| Largura média | 7,78 | - | - | - | - | - |
| Coefficiente de compacidade | 1,57 | 1,56 | 1,48 | 1,7 | - | 2,0248 |
| Fator de Forma | 0,54 | 0,27 | 0,29 | 0,46 | 0,139 | 0,095 |
| Razão de Elongação | 0,46 | - | - | - | - | - |
| Índice de Circularidade | 0,4 | 0,41 | 0,45 | 0,34 | 0,189 | 0,194 |
| ICO | 1,78 | - | - | - | - | - |
| Densidade hidrográfica (canais/km ²) | 1,123 | 6,14 | 8,3 | 0,34 | 0,611 | - |

Ao comparar os resultados obtidos na BHCA com o da literatura, observou-se que, apenas o coeficiente de compacidade e o índice de circularidade são semelhantes aos encontrados por Santos et al. (2012), os demais parâmetros são diferentes entre os autores. Essa diversidade de resultados denota a importância de realizar a análise morfométrica para cada bacia hidrográfica, pois leva em consideração características próprias de cada região, requerendo assim, que essa pesquisa seja replicada quantas vezes forem necessárias, sendo adotada como passo para planejamento ambiental em bacias hidrográficas.

A forma da bacia é determinada por índices que relacionam com formas geométricas conhecidas, como o fator de forma (F), coeficiente de compacidade (Kc) e índice de circularidade (IC). A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a sua saída após uma precipitação (TONELLO et al., 2006). Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características (VILLELA & MATTOS, 1975).

O coeficiente de compacidade (kc) observado é de 1,57, com esse valor pode-se inferir que, em condições normais de precipitação, excluindo-se eventos de intensidade extrema, a bacia hidrográfica estudada apresenta baixa susceptibilidade a ocorrência de enchentes (ALVES et al., 2014). Segundo Sousa et al. (2016), esses valores de Kc permite estimar um longo tempo de concentração da água precipitada no interior da bacia, à medida que este valor está bem acima da unidade. Com esse valor de Kc há uma indicação de que a bacia não possui forma circular, possuindo, portanto, uma tendência a forma retangular (ALVES et al., 2014). Além do resultado do Kc, observa-se baixa razão de alongação (0,46), ratificando o formato alongado e o comportamento à ocorrência de enchentes.

Quanto ao Fator de Forma (Kf) da bacia, observa-se o valor de 0,54. Esse valor ratifica o formato retangular da bacia hidrográfica em estudo, no entanto, diante do Kf verifica-se a possibilidade mediana haver enchentes na bacia.

O índice de circularidade encontrado é de 0,4, segundo Schumm (1956), valores menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada, favorecendo o processo de escoamento (SCHUMM, 1956). Esse valor de Ic junto com as outras características geométricas Kc e Kf, ratifica o formato mais retangular e, portanto, segundo Villela e Mattos (1975), possuem menor concentração de deflúvio.

A densidade hidrográfica encontrada é de 1,123 canais/km², indicando uma baixa capacidade das sub-bacias gerarem novos canais, pois, de acordo com Lana et al. (2001), se esse índice estiver acima de 2,00 canais/km², a bacia teria grande capacidade de gerar novos cursos d'água.

As características geométricas calculadas na bacia hidrográfica do açude cachoeira dos Alves demonstram baixa predisposição a inundações, com um formato mais alongado. Esses resultados corroboram com Santos et al. (2018), que analisaram as características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Piracuruca no semiárido brasileiro, sendo possível inferir que a mesma apresenta baixa suscetibilidade a inundações bruscas, fato confirmado pelo seu fator forma (Ff) de 0,46, índice de circularidade (Ic) de 0,34 e coeficiente de compacidade (Kc) de 1,7.

Caracterização da Rede de Drenagem

Na Tabela 5 observa-se os dados das características hidrográficas da bacia e constitui-se por aproximadamente cinco cursos d'águas, sendo o rio Piancó, o principal. Strahler (1964) estabeleceu que, os rios de primeira ordem correspondessem às nascentes, onde o volume de água ainda é baixo. Os rios de segunda ordem correspondem à junção de dois rios de primeira ordem, e os rios de terceira ordem, a junção de dois de segunda, assim sucessivamente, formando uma hierarquia. Nesta análise proposta por Strahler elimina o conceito de que, o rio principal deve ter o mesmo número de ordem em toda extensão, e surge a necessidade de se refazer a numeração a cada confluência (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Dentro da classificação realizada, a hidrografia foi considerada como de ordem cinco, de acordo com o método de Strahlers. Considera-se que, quanto mais ramificada for à rede, mais eficiente será o sistema de drenagem (TONELLO et al., 2006).

A densidade de drenagem (1,684 km/km²) foi considerada como média, pois o valor encontrado foi entre 1,5 e 2,5 km/km² indicando que, esta bacia hidrográfica apresenta tendência mediana ao escoamento superficial. Segundo Barros et al. (2017), a densidade de drenagem (Dd) é um índice importante, pois reflete a influência da geologia, topografia, do solo e da vegetação da bacia hidrográfica. Essa variável se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, conseqüentemente, para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico dos solos e rochas, sendo assim, nos mais impermeáveis, as condições para

ocorrer escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem (SANTOS et al., 2012).

O coeficiente de torrencialidade medido na área estudada é de 1,901. De acordo com Damasco et al. (2014), esse parâmetro afere a predisposição natural da bacia hidrográfica a sofrer inundações, sendo o parâmetro mais utilizado na predição de inundações.

Tabela 5. Características hidrográfica do açude Cachoeira do Alves

| Características da Hidrografia | |
|---|------------------------------------|
| Dd - Densidade de Drenagem 1,684 km/km ² | Or - Ordem cursos d'água 5 |
| Ct - Coeficiente de torrencialidade 1,901 | RL - Índices dos comprimentos 0,96 |
| SIN - Sinuosidade do Curso d'água 1,434 | Ra - Índices das áreas 0,765 |
| Le - Extensão média do escoamento superficial 1,945 | IR - Índice de rugosidade 634,875 |
| Rb - índice de bifurcação 3,7 | |

Caracterização do Relevo

Na Tabela 6 observa-se as características do relevo encontradas para a bacia em estudo.

A declividade média do maior curso foi de 0,0145 m/m. Vale salientar que esse parâmetro é relevante na morfometria, pois interfere na velocidade do escoamento da água no curso. Nesse caso, verifica-se uma pequena declividade, no entanto, segundo Tonello et al. (2006), quando esse valor for elevado, como o identificado neste trabalho, declividade média: 0,999 m/m, faz-se necessário um manejo de solo e água mais intensivo, pois esse parâmetro está indicando maior escoamento de água e menor tempo de permanência da água.

Tabela 6. Características do relevo da bacia hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves

| Características do Relevo |
|---|
| Lr - Lado maior do retângulo equivalente 25,17 km |
| lr - Lado menor do retângulo equivalente 4,43 km |
| Imax - Declividade máxima do rio 0,0285 m/m |
| Imed - Declividade média do rio 0,0145 m/m |
| Cmed - Elevação média bacial 464,15 m |
| Ip - Índice de declividade Média da bacia 15,96% |
| IG - Índice de declividade Global 12,13% |
| DS - Desnível específico 128,12 |

A declividade da bacia hidrográfica representa um dos parâmetros mais significativos ao planejamento e gestão de uso dos recursos naturais, influenciando na quantidade e a qualidade da água que é absorvida pelo solo e/ou que é evapotranspirada para a atmosfera ou escoada na rede de drenagem, pois é fator que interfere na velocidade do escoamento, além do aumento no potencial de transporte de sedimento das porções mais elevadas do relevo (SOUSA et al., 2016). Na Figura 3 apresenta-se o mapa de declividade da bacia hidrográfica em estudo.

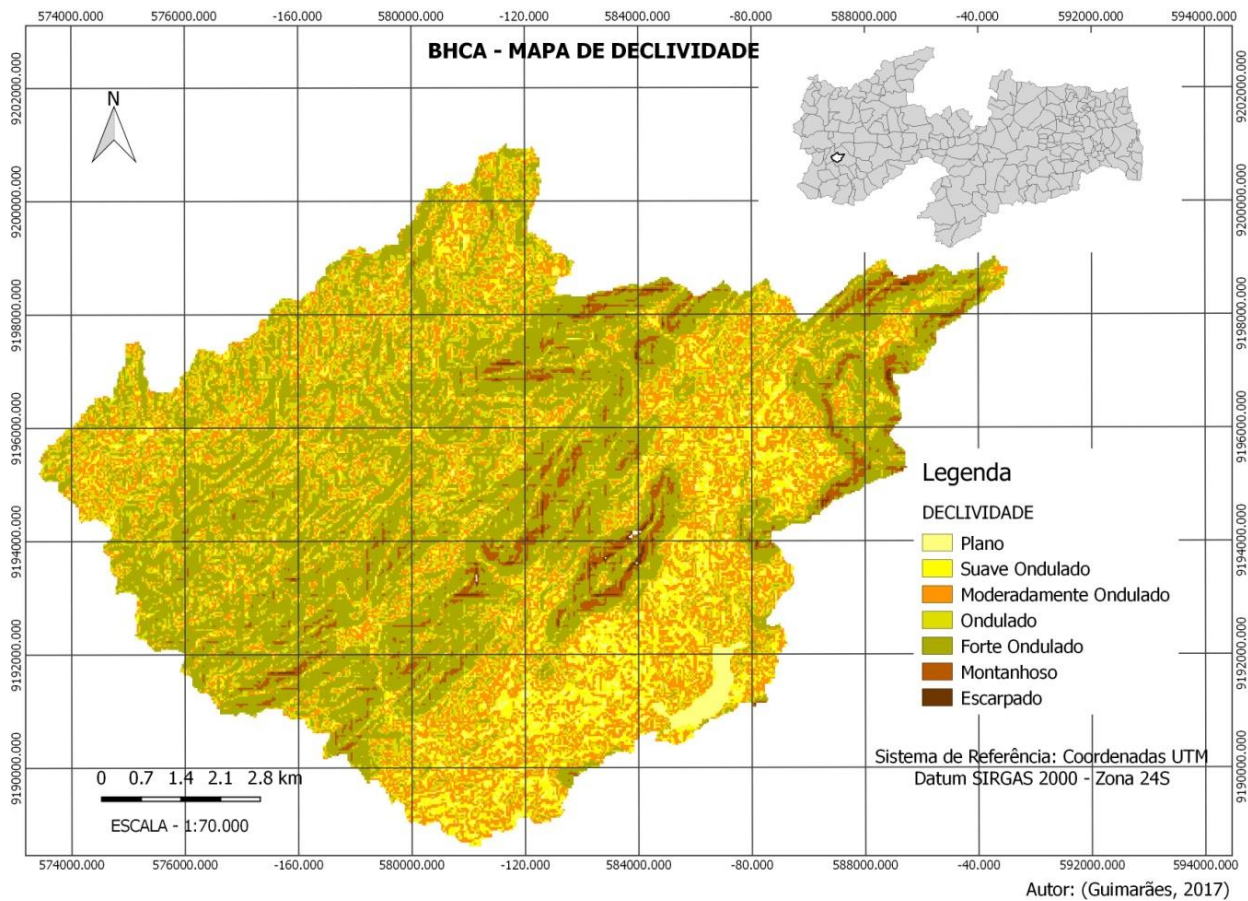


Figura 3. Declividade da bacia hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves.

Fonte: Adaptado de SRTM (2002).

Conclusão

A Bacia Hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves não possui uma forma circular, apresentando-se próximo da forma retangular, com menor suscetibilidade a enchentes.

O relevo da bacia hidrográfica caracterizado foi predominantemente forte ondulado.

Considerando os resultados alcançados, pode-se afirmar que as técnicas de geoprocessamento em ambiente SIG favoreceram a sistematização, agilidade no cálculo dos parâmetros morfométricos, bem como no ganho de informação ao aperfeiçoar a comparação dos distintos parâmetros morfométricos.

Referências Bibliográficas

- ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. *Revista Brasileira de Geociências*, v.33, n.2, p.117-124, 2003.
- ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, M. T. Análise morfométrica da bacia hidrográfica riacho Namorado, São João do Cariri-PB: uma ferramenta ao diagnóstico físico. *Revista de Geografia (UFPE)*, v.31, n.3, 2014.
- ANTONELI, V; THOMAZ, E. L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. *Rev. Caminhos da Geografia*, v.8, n.21, p.46-58, 2007.
- BELTRÃO, B. A. et al. (Org.). Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea no Estado da Paraíba. Diagnóstico do município de Areia de Baraúnas, Estado da Paraíba. Recife - PE: CPRM/PRODEEM, 2005.
- BELTRAME, A. V. Diagnóstico do meio físico em bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994. 112p.
- CHANDRASHEKAR, H.; LOKESH, K. V.; SAMEENA, M.; ROOPA, J.; RANGANNA, G. GIS-BASED MORPHOMETRIC ANALYSIS OF TWO RESERVOIR CATCHMENTS OF ARKAVATI RIVER, RAMANAGARAM DISTRICT, KARNATAKA. *AQUATIC. PROCEDIA*, v.4. P.1345-1353, 2015.
- CHRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

- COLLISCHONN, W. Hidrologia para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: Associação Brasileiras de Recursos Hídricos – ABRH, 2013. 336p.
- DAMASCO, F. S.; FURTADO, T. V.; GONÇALVES, A. J. B. Risco de inundação em áreas rurais: bacia do rio Luís Alves (SC). *Geografia Ensino & Pesquisa*, v.18, n.1, p.99-118, 2014.
- DEODORO, S. C.; FONSECA, B. M. Análise da bacia hidrográfica do rio Santa Bárbara (MG) baseada em análises morfométricas e multicriteriais. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 26, Congresso Brasileiro de Geoprocessamento, 5 Expositiva, 25, 2014, Gramado. *Anais...Rio de Janeiro: SBC*, v.1, p.1-14, 2014.
- EPAGRI. Gerência Regional da E. E. de Urussanga. Plano de gestão e gerenciamento da bacia do Rio Araranguá – Zoneamento da disponibilidade e da qualidade hídrica. Análise das Características Físicas. v.3. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente/Secretaria de Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura. Florianópolis-SC, 1997.
- FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.
- FEITOSA, A.; SANTOS, B.; ARAÚJO, M. S. B. Caracterização morfométrica e identificação de áreas susceptíveis a erosão na bacia do rio Pajeú, PE: o estudo de caso da bacia do rio Pajeú/PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.4, n.1, p.820-836, 2011.
- FRANÇA, G.V. de. Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba. 151f. Tese (Doutorado). ESALQ. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1968.
- GUARIZ, H.R. Morfometria e atributos físicos do solo da microbacia do Córrego Jaqueira-Alegre, ES. 275f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2008.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. T. A. Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG-Brasil. *Revista Escola de Minas*, v.54, n.2, p.121-126, 2001.
- LOLLO, J. A. O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. Tese (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos, 1995.
- MOREIRA, G. L.; ARAÚJO, E.; ANDRADE, S. S. M.; CYNTHIA, M.; LIMA, D.; OLIVEIRA, F. R. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil. *Agropecuária Científica no Semiárido*, v.12, p.403-409, 2016.
- NOVAES, L. F.; AMARAL, L. G. H.; TERRA, A. A. Determinação das características físicas da bacia hidrográfica do rio Corrente. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 14, 2004, Porto Alegre. *Anais...Porto Alegre*, 2004.
- OLIVEIRA, B. R.; ANTÔNIO, G. B. Caracterização da bacia do Maxixe com auxílio de Sistemas de Informação Geográficas. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.19, n.3, 2015.
- PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.2, p.297-305, 2004.
- SANTOS, A. M.; TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DIAS, N. W. Análise morfométrica das sub-bacias hidrográficas Perdizes e Fojo no município de Campos do Jordão, SP, Brasil. *Ambi-Agua*, v.7, n.3, p.195-211, 2012.
- SANTOS, F. A.; MENDES, L. M. S.; CRUZ, M. L. B. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Piracuruca, situada entre os estados do Ceará e do Piauí: Subsídios ao estudo das inundações. *Revista Equador (UFPI)*, v.6, n.1, p.60-75, 2018.
- SCHUMM S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands of Perth Amboy. *Geological Society of America Bulletin*, v.67, p.597-646, 1956.
- SILVA, G. N. S.; SILANS, A. P.; DINIZ, L. S.; PORTO, R. Q. Aquisição automatizada de parâmetros morfológicos de bacias hidrográficas. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 18, 2009. *Anais...Campo Grande*, 2009.
- SOUSA, F. R. C. de; PAULA, D. P. de. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Tapuio (Ceará-Brasil). *Revista de Geociências do Nordeste*, v.2, p.555-564, 2016.
- STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography. *Geological Society America Bulletin*, n.63, p.1117-1142, 1952.
- TEODORO, V. L. L.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. *Revista Uniara*, v.20, p.137-156, 2007.

TONELLO, K. C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas. Guanhães, MG. 85f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2005.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

PRODUÇÃO E RENDA DO COMPONENTE ARBÓREO CUMARU (*Dipteryx spp.*) EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS NA REGIÃO OESTE DO PARÁ

Ádria Fernandes da Silva¹
Daniela Pauletto²
Helinara Laís Vieira Capucho³
Verena Santos de Sousa¹
Arystides Resende Silva⁵
Cleise Rabelo Pimentel⁶

^{1,5,6}Acadêmicas em Engenharia Florestal, UFOPA/IBEF Campus Tapajós, adriafernandes39@gmail.com; verena-ssousa@gmail.com

²Professora, UFOPA/IBEF, Campus Tapajós, danielapauletto@hotmail.com

³Mestranda em Ciências Florestais e Ambientais, UFAM, laisrick21@gmail.com

⁴EMBRAPA, Embrapa Amazônia Oriental, arystides.silva@gmail.com

Introdução

As florestas e outros tipos de vegetação florestada proporcionam uma grande diversidade de produtos exploráveis e benefícios que são bastantes conhecidos e utilizados pelas populações rurais (SANTOS et al., 2003). Na região Amazônica, a floresta é fonte importante de recursos naturais para as atividades humanas, como a comercialização e o autoconsumo pelas comunidades locais (PASTORE JUNIOR & BORGES, 1995). Apesar da importância das florestas naturais, o aumento dos plantios florestais vem se destacando na região e tem levado à utilização de áreas alteradas ou degradadas, com condições edáficas muito diversas (SOUZA, 2013). Segundo Moreira et al. (2016), a floresta plantada pode ser manejada com diferentes finalidades, possibilitando ao produtor alcançar diferentes mercados de produtos florestais, com a variação na data de colheita em alguns anos.

Uma das formas de utilização dos recursos naturais é por meio do aproveitamento dos produtos florestais não-madeireiros (PFMNs). Utilizar esses produtos florestais não lenhosos de origem vegetal oriundos do manejo das florestas nativas, de plantações ou de sistemas agroflorestais como alternativa econômica em meio à exploração madeireira predatória, é uma forma de minimizar os efeitos dos impactos ambientais negativos, além disso, colabora para a sustentabilidade (RÊGO, 2014). Segundo Soares et al. (2008), no Brasil e em todo o mundo, o potencial de mercado dos PFMNs cresce a cada dia com o aumento da variedade de produtos tradicionais, seja em função das florestas ou do cultivo em sistemas agroflorestais (SAFs).

Neste cenário, destacam-se a introdução de espécies lenhosas em cultivos para a obtenção de PFMNs, onde tem-se os sistemas agroflorestais, que por definição, são formas sustentáveis de uso e ocupação da terra, que combinam simultaneamente, ou em sequência temporal na mesma unidade de manejo, espécies arbóreas com herbáceas, com cultivos agrícolas e/ou animais, com alta diversidade de espécies e interações ecológicas entre os componentes (ABDO et al., 2008).

A implantação de SAFs é uma das opções entre os sistemas de produção, tendo o objetivo de contribuir para a segurança alimentar e o bem-estar social e econômico dos produtores rurais de baixa renda, assim como, para a conservação dos recursos naturais (ARCO-VERDE, 2008). Para o processo de implantação, a escolha das espécies é um dos grandes fatores a serem ressaltados com relevância para atingir altas produtividades (TONINI & ARCO VERDE, 2005).

Estudos com SAFs na Amazônia indicam que, as associações de diversas espécies possibilitam a rápida recuperação do capital investido com a geração de renda imediata nos primeiros anos pela comercialização das culturas agrícolas de ciclo curto e médio, e ao longo da duração do sistema com a venda de diversos produtos, com destaque para frutas e madeira (SÁ et al., 2000; SANTOS, 2000; RAIOL & ROSA, 2012). A introdução de árvores nesses sistemas pode contribuir com a redução de custos com a atividade agrícola ao minimizar os gastos com a conservação do solo, e no combate a pragas e doenças, podendo servir como cerca ou fonte energética e renda alternativa com o comércio da madeira e subprodutos (ABDO et al., 2008). Apesar da importância evidenciada quanto a introdução de árvores nesses sistemas, Silva et al. (2008) afirmam que, é grande o número de espécies florestais utilizadas nos SAFs, porém existem poucos estudos a respeito das espécies.

Uma das espécies que apresenta potencial tanto madeireiro, quanto para fins não madeireiros, e que, segundo Santos (2002), vem ganhando destaque sendo reconhecida como excelente alternativa para o reflorestamento e sistemas agroflorestais, é o cumaru (*Dipteryx odorata Willd.*), principalmente em razão do rápido crescimento e da boa forma de fuste, podendo ser consorciado com outras espécies de menor porte e tolerantes a sombra. Silva et al. (2008) identificaram essa espécie florestal como uma das mais utilizadas em SAFs na Amazônia brasileira, tanto para o enriquecimento de capoeira, quanto para outros tipos de sistema (SOUZA et al., 2010; MESQUITA et al., 2009). Gonzaga (2006) ressalta que, esta espécie é uma excelente árvore para reflorestamento por causa da rápida germinação e frutificação.

O cumaru também possui boa taxa de crescimento em plantio a pleno sol nas regiões amazônicas (TONINI et al., 2008), e uma elevada taxa de sobrevivência (MACHADO, 2008). Segundo Ducke (1939), o cumaruzeiro é uma espécie comum na parte oriental da Amazônia, desde o litoral do Pará até Manaus, e nos afluentes meridionais até os médios cursos do Tocantins e Tapajós. O cumaru é conhecido vulgarmente, nas Unidades Federativas em que ocorre, como cumaru-ferro no Acre e no Pará; cumaru, cumaru-do-amazonas, cumaru-ferro, cumaru-da-folha-grande, cumaru-roxo, cumaru-verdadeiro, cumbari e sarrapia no Amazonas; cumari, no Maranhão; no Mato Grosso, Pernambuco e Rondônia, como cumaru, e internacionalmente é conhecido como Tonka (CARVALHO, 2009). Árvores desta espécie apresentam copa globosa, com tronco ereto e cilíndrico revestido por casca acinzentada e descamante, chegando a medir 30 m de altura. Carvalho (2009) destaca que, o cumaru frutifica precocemente, aos 4 ou 5 anos de idade, e os frutos amadurecem geralmente entre os meses de abril a julho, no Pará. Seus frutos tipo legume drupáceo, ovalado, de mesocarpo fibro-esponjoso, contém uma única semente de cor marrom e com forte aroma de cumarina (KINUPP & LORENZI, 2015).

Esta espécie tem importância econômica muito diversificada, sendo utilizada desde a alimentação humana e animal até na produção de corantes, óleos, perfumes, inseticidas, e ainda apresentar uso medicinal, agrônômico (enriquecimento de solos), ornamental e, principalmente, para produção de madeiras nobres e valiosas usadas na marcenaria, entalhadura e construções em geral (FERREIRA et al., 2004). Estudos realizados com essa espécie destacam que, o cumaru é bastante conhecido por suas propriedades medicinais. Carvalho et al. (1998) e Embrapa Amazônia Oriental (2004) afirmam que, é utilizado para curar úlceras bucais, coqueluche, dores de cabeça e das articulações, tuberculose e adenopatia. Rêgo et al. (2016) relatam que, o extrativismo desta matéria prima representa mais uma atividade remunerada para as famílias extrativistas do Norte do Brasil.

A semente de cumaru é um produto com grande importância na economia da região amazônica devido a presença da cumarina (LOREIRO et al., 1979; SILVA, 2006). Seus frutos maduros caem das árvores e são recolhidos do chão para a extração das sementes que são utilizadas para remédio e condimento (aromatizante). A amêndoa de cumaru, é conhecida em razão da sua substância denominada de cumarina ou anidrido cumarínico que possuiu um odor característico (CARVALHO et al., 1998).

A avaliação da renda gerada pela introdução do cumaru em sistemas agroflorestais ainda é escassa pois o cultivo desta espécie é recente neste tipo de sistema. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo estudar a produção e renda obtida por meio da semente do componente arbóreo Cumaru (*Dipteryx spp.*) em dois sistemas agroflorestais localizados nos municípios de Belterra e Mojuí dos Campos, no estado do Pará.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em dois sistemas agroflorestais localizados nos municípios de Belterra (2°40'57.7" S 54°38'33.7" W) e Mojuí dos Campos (2°49'38.6" S 55°00'28.8" W), no estado do Pará no período de janeiro de 2016 a dezembro de 2017.

Nos dois municípios é registrada a predominância de Latossolo Amarelo Distrófico. O clima é do tipo tropical úmido, com temperatura média anual de 25,5°C e variação térmica anual inferior a 5°C, classificado como Ami no sistema Köppen. A precipitação média anual é de 1.900-2110mm, sendo as maiores precipitações observadas nos meses de janeiro a maio (IBAMA, 2004).

Nesse estudo os sistemas agroflorestais foram identificados como ILPF (Integração Lavoura, Pecuária e Floresta) e SAF (Sistema Agroflorestal) (Figura 1).



Figura 1. Características gerais dos sistemas de cultivo.

O primeiro sistema, ILPF, está localizado nas proximidades do município de Belterra, a 35 quilômetros do município de Santarém. Esse sistema possui uma área de 1 hectare, onde as árvores de cumaru são da espécie *Dipteryx odorata* Willd. (Figura 2) com 6 anos de idade, que se encontram em um espaçamento de 5 x 7m e eventualmente há rotação de bovinos. Nesse sistema o componente arbóreo foi consorciado com outras culturas como arroz e milho.

O segundo sistema, SAF, localiza-se na comunidade Águas Claras no município de Mojuí dos Campos, a cerca de 30 quilômetros de Santarém na Rodovia PA 431. As árvores de cumaru nesse sistema são da espécie *Dipteryx punctata* (Blacke) Amsh. (Figura 2), com 8 anos de idade e apresentam um espaçamento de 4 x 8m, num arranjo composto por cumaru e laranja, abrangendo uma área de 0,5 hectare. Nos primeiros anos do consórcio houve a introdução de cultivos agrícolas o que atualmente não ocorre neste SAF. A condução do componente cumaru nos dois sistemas é destinada a produção e comercialização de sementes.

Em cada sistema foram monitorados, quanto ao crescimento, sanidade e fenologia, 45 indivíduos da espécie florestal cumaru selecionados de forma aleatória nos plantios. Os indivíduos receberam placas de alumínio contendo numeração para controle.



Figura 2. Espécies arbóreas encontradas nos sistemas ILPF e SAF.

Produção de frutos

As observações foram realizadas mensalmente em cada indivíduo nos anos de 2016 e 2017. Para determinar a produção de frutos foram realizadas as seguintes avaliações: número de frutos por árvore e produção total anual por árvore (kg), obtida a partir do peso da amêndoa seca de cumaru. Este método utilizado tem a mesma condição de secagem utilizada pelos produtores para comercializar suas sementes de modo que, assim pôde-se avaliar o rendimento após a secagem equivalente ao obtido pelos mesmos.

O número de frutos por árvore foi obtido com a contagem de todos os frutos (maduros e imaturos) produzidos em cada um dos indivíduos monitorados nos dois sistemas durante o período de observação. Para determinar a produção total anual por árvore (kg) foram coletados frutos maduros de cumaru em 20 matrizes do SAF no ano de 2017. Em cada matriz foram coletados 10 frutos, totalizando 200 frutos.

Após as coletas, os frutos foram acondicionados em sacos de polietileno e encaminhados ao Laboratório de Sementes Florestais da Universidade Federal do Oeste do Pará, onde os frutos e sementes foram submetidos a caracterização biométrica, sendo medidos quanto ao comprimento, largura e a espessura, além da obtenção da massa fresca destes. Esses procedimentos foram realizados, de acordo com Gusmão et al. (2006). O comprimento foi medido segundo o eixo longitudinal, a largura em ângulo reto com o anterior, e a espessura ainda em ângulo reto na parte mais espessa (Figuras 3A e 3B). A pesagem dos frutos e sementes foi realizada em balança de precisão.

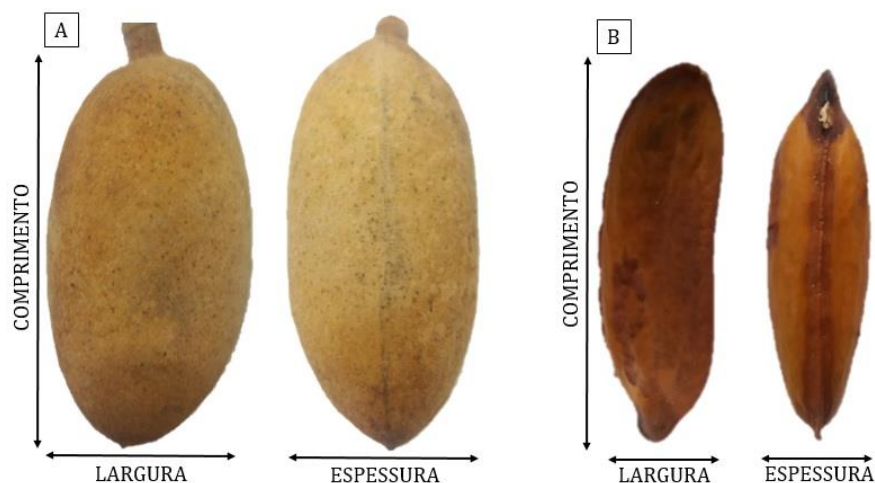


Figura 3. Dimensões consideradas para biometria em (A) frutos e (B) sementes de cumaru.

Após, as sementes foram secas por meio do método de secagem natural, em temperatura ambiente e na sombra por 12 dias, de acordo com Garcia et al. (2004). Após foi determinada a massa seca das sementes obtida pela pesagem individual, com uso de uma balança de precisão e quantificados o número de sementes necessárias para compor 1 kg, sendo observadas as médias do Peso Total (PT) e do Peso Comercial (PC). A média do PT foi obtida considerando todas as sementes independentemente do seu peso individual. Já para a obtenção da média do PC foram consideradas apenas as sementes com peso $\geq 0,50$ g que são os exemplares com dimensão mínima para aceitação comercial, conforme relatos dos produtores de cumaru. Os dados apresentados para análise da produção total por árvore e por sistema nos anos de 2016 e 2017 deste trabalho utilizaram a média do PC ($\geq 0,50$ g).

Renda Bruta

Os valores da renda bruta obtida pela venda das amêndoas secas de cumaru, advinda dos sistemas agroflorestais, foram estimados com base em informações dos produtores proprietários das áreas de estudo para o valor de mercado na região para este produto.

A partir dos dados de produtividade obtidos pelo monitoramento (frutos e amêndoas secas) foram analisados a renda bruta por sistema em cada ano de observação, não sendo considerados custos com mão-de-obra para colheita e processamento. Para análise dos dados foi considerada a produção máxima de frutos por indivíduo, ou seja, o mês mais produtivo de cada indivíduo em cada ano.

As informações climatológicas utilizadas neste estudo foram obtidas na estação meteorológica de Belterra, cujo, os dados referentes aos anos de 2016 e 2017 foram consultados no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET.

Os resultados da produtividade foram correlacionados com as variáveis climáticas utilizando o cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, a fim de conhecer quais eventos meteorológicos influenciaram na produção de frutos. Para análise dos dados foi utilizado planilha do Excel® 2013.

Resultados e Discussão

No primeiro ano de observação (2016), o período chuvoso, ocorreu de março a julho. Já o período menos chuvoso foi observado de agosto a outubro. A precipitação total foi de 1.478mm. No segundo ano de observação (2017), a estação chuvosa ocorreu de janeiro a junho, e a menos chuvosa ocorreu de julho a dezembro (Figura 4).

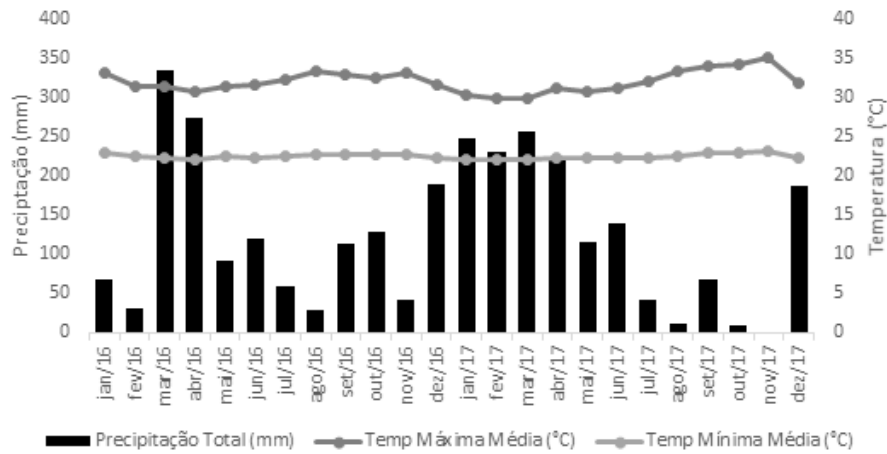


Figura 4. Temperatura máxima e mínima (°C) e precipitação total (mm) mensal nos anos de 2016 e 2017 na estação Meteorológica no município de Belterra, Pará.

Na Figura 5 (A e B) observa-se os resultados da produção média mensal de frutos de cumaru por indivíduo em cada sistema nos anos de 2016 e 2017. Os dois sistemas de cultivo analisados (6 e 8 anos de plantio) apresentaram produção ativa de frutos de cumaru durante o período da pesquisa.

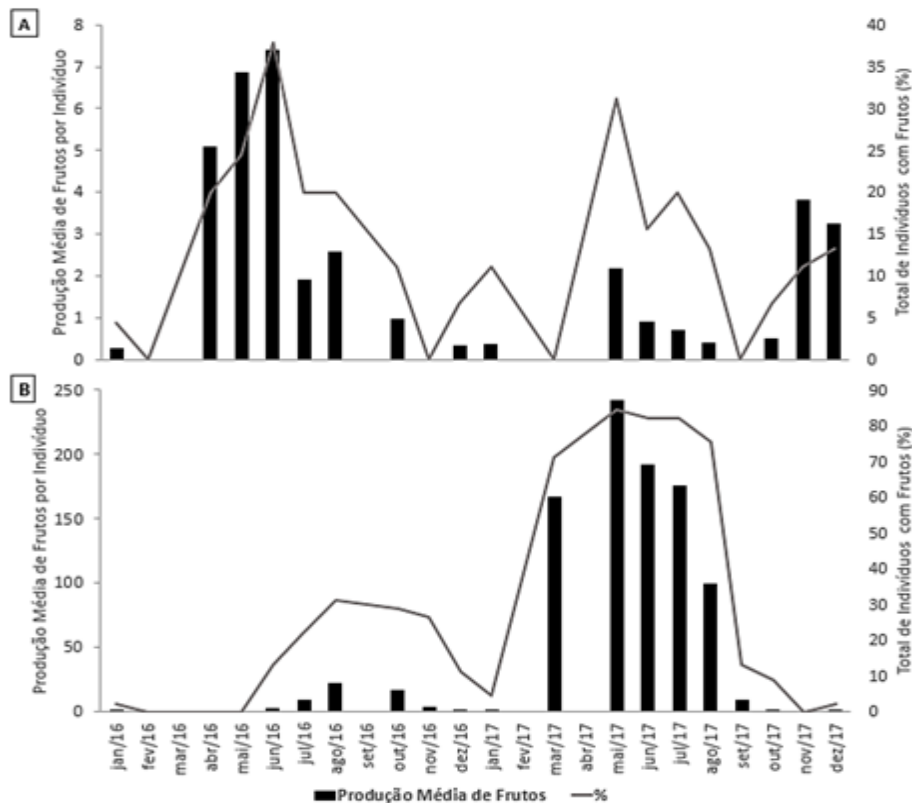


Figura 5. Produção média de frutos por indivíduo e porcentagem de indivíduos de cumaru com frutos (A) ILPF; (B) SAF.

No sistema ILPF (Figura 5A), com árvores da espécie (*D. odorata*), no ano de 2016 observa-se que, o mês mais produtivo foi maio com média de 7 ± 26 frutos por árvore, enquanto que as menores médias observadas foram do mês de outubro com $1 \pm 4,1$ frutos por árvore. No ano de 2017 houve uma redução no número de frutos observados nesse sistema, com a maior média observada no mês de novembro ($4 \pm 14,8$ frutos por árvore), e a menor média no mês de outubro ($1 \pm 1,9$ frutos por árvore).

No sistema SAF (Figura 5B), com árvores da espécie (*D. punctata*), a produção de frutos foi superior em relação ao sistema ILPF no ano de 2016, com as maiores médias constatadas no mês de agosto (22 ± 61 frutos por árvore), e as menores médias no mês de dezembro (1 ± 4 frutos por árvore). Já no segundo ano de estudo (2017), a produção foi mais intensa no SAF, destacando-se o mês de maio

com a maior média de frutos por indivíduo (241 ± 267), enquanto que, a menor média observada foi no mês de janeiro (1 ± 4 frutos por árvore).

No que diz respeito a produção mensal observada, destaca-se que nos anos mais produtivos em cada sistema (ILPF em 2016 e SAF em 2017), a maior quantidade de árvores frutificando podem ser responsáveis pelas maiores médias de produção de frutos obtidas em maio/2016 ILPF e maio/2017 no SAF. No ano menos produtivo no ILPF (2016), constata-se que a maior quantidade de árvores produzindo frutos observada foi no mês de maio/2017, porém a maior média de produção de frutos observada foi no mês de dezembro/2017, ou seja, muitas árvores produziram poucos frutos, e poucas árvores produziram muitos frutos. No SAF, o ano com menor produção foi 2016, sendo que a maior quantidade de árvores frutificando pode ter influenciado na maior média de produção de frutos ocorrida em maio/2016.

Quanto ao número de indivíduos que produziram frutos no sistema ILPF no ano de 2016, dos 45 monitorados 20 frutificaram, enquanto que, em 2017 foram registrados 22 indivíduos emitindo frutos. Já no SAF, dos 45 indivíduos, 16 emitiram frutos em 2016, e 38 exemplares no ano de 2017.

No que se refere a caracterização biométrica dos frutos e sementes, o parâmetro comprimento do fruto (CF) varia de 42 a 62,1mm com média de 51,8mm (Figura 6). Quanto a largura (LF) houve variação entre 23,2 e 38,3mm, com média de 31,1mm. Por outro lado a espessura dos frutos (EF) varia de 19,5 a 34,6mm, apresentando média 30,2mm. A massa fresca do fruto (MFF) varia de 13,6 a 43,4 g, apresentando média de 24,3 g por frutos. Os resultados de médias obtidas na caracterização biométrica de frutos são similares aos relatados por Ismael (2009), em estudos realizados em três regiões do estado do Pará, onde foram constadas médias de 49,4, 29,9, 28,1mm e 20,7 g para os parâmetros CF, LF, EF e MFF, respectivamente, em frutos de *Ananindeua*.



Figura 6. Frutos de *Dipteryx punctata*.

Pela análise da largura das sementes (LS) de cumaru, constata-se variação entre 4,4 e 19,2mm com média de 11,1mm (Figura 6). A espessura das sementes (ES) varia de 0,95 a 11,2mm, com média de 8,5mm. No comprimento das sementes (CS) ocorre variação entre 13,4 e 39,3mm com média de 29,5mm. Quanto a massa fresca da semente (MFS), constata-se média de 1,7mm.



Figura 6. Sementes de *Dipteryx punctata*.

A massa seca obtida pelo peso das 200 sementes de cumaru, colhidas em 20 matrizes, resulta na média de 1,05 g por semente com variação de 0,01 a 2,00 gramas. Assim, considerando esta média, constata-se que seriam necessárias 952 sementes secas para compor 1 quilograma de sementes secas (PT). Já para compor este peso com sementes com aceitação comercial (PC), considerando amostras com peso de 0,50 a 2,00 g, que correspondem a 91,5% das sementes analisadas, são necessárias 887 sementes que apresentam média de 1,13 g.

Na Tabela 1 observa-se os principais resultados sobre a produção de cumaru, bem como uma estimativa de renda bruta pela comercialização das amêndoas secas.

Tabela 1. Número de árvores por hectare, média e desvio padrão de frutos por árvore, média de produção de amêndoas seca por árvore e por hectare e estimativa de renda bruta com cumaru nos dois sistemas de cultivo nos anos de 2016 e 2017

| Sistema | Árvore/ha | Fruto/ árvore | Produção de amêndoa seca | | Estimativa renda bruta anual R\$ |
|--------------|-----------|------------------|-----------------------------|-------|--|
| | | | Kg/árvore | Kg/ha | |
| ILPF 2016 | 286 | 9 ± 27 | 0,01 | 2,9 | 130,43 |
| SAF 2016 | 313 | 24 ± 63 | 0,03 | 8,4 | 378,67 |
| ILPF 2017 | 286 | 7 ± 16 | 0,01 | 2,3 | 105,63 |
| SAF 2017 | 313 | 259 ± 283 | 0,29 | 91,0 | 4.099,09 |

Observa-se que ocorre grande variabilidade na produção anual de frutos, em ambos os sistemas. As espécies apresentam divergências quanto a produção de frutos, respondendo de forma diferente ao longo dos dois anos. Enquanto no ILPF, com a espécie *D. odorata*, a produção de frutos constatada no ano de 2016 é superior em relação ao ano de 2017, no SAF (*D. punctata*), ocorre baixa produção de frutos no primeiro ano (2016), tendo a produção mais intensa no ano de 2017. Anos com alta produção de frutos seguidos de anos com baixa produção também foram constatados por Nepomuceno (2006) em estudos com a espécie *Dipteryx alata*, relatando alta produção de frutos nos anos de 1998 e 2000, e baixíssima produção no ano de 1999 no município de Pirenópolis, Goiás. Variações na produção de frutos ao longo dos anos também foram observadas por Sano e Simon (2008) em 1997, e 1999 com baixa produção de frutos e 1998 apresentando alta produção. Esses resultados assemelham-se a dinâmica observada neste trabalho para as espécies *D. odorata* no ILPF e *D. punctata* no SAF. Dessa forma, com a produção das espécies florestais sendo abundantemente em determinado ano e escassa em outros, Carneiro e Aguiar (1993), sugerem que o armazenamento se torna, portanto, necessário para garantir a demanda anual de sementes, possibilitando o estoque para anos de baixa produção.

Esta variação na produção anual pode estar relacionada a diversos fatores como ao espaçamento, idade, manejo da área, condições edáficas e a características intrínsecas das espécies (genéticas, fisiológicas, reprodutivas) e pelos fatores ecológicos (polinização, predação, competição) e não somente pelas variáveis climáticas (ALENCAR, 1994).

Neste trabalho, *D. odorata* encontrada no ILPF, tem sua maior produção registrada no ano com menos precipitação (2016), ano influenciado pelo fenômeno El Niño ocorrido em 2015, sendo que para a precipitação anual registrou-se 1.030mm. Nesse sistema a produção de frutos correlaciona-se moderadamente com a temperatura mínima, indicando que a frutificação é favorecida por essas condições. No SAF a maior produção de frutos observada é no ano com mais precipitação (2017), porém, a produção média de frutos maduros correlaciona-se moderadamente apenas com as temperaturas máximas ($r= 0,56$) e mínimas ($r= 0,40$) indicando influência desses fatores na produção de frutos. Estudos realizados por Oliveira e Sigrist (2008) e por Bulhão e Figueiredo (2002) com a espécie *Dipteryx alata*, indicaram que, o pico de frutificação ocorreu no período seco. Esses resultados estão de acordo com os observados no sistema ILPF.

No ILPF a produção da amêndoa apresenta-se decrescente ao longo dos dois anos de observação, com 2,9 kg/ha em 2016, quantidade 26% maior em relação a produção obtida no ano de 2017 (2,3 kg/ha). Já no SAF a produção de amêndoas ocorre de forma crescente com 8,4 kg/ha em 2016, quantidade muito inferior a constatada no ano de 2017 com 91,0 kg/ha resultando em uma produção dez vezes maior em relação ao ano anterior.

Considerando o valor praticado para compra de semente seca do cumaru no mercado local que é de R\$ 45,00 por quilograma, o sistema ILPF gera uma renda bruta de R\$ 130,43 em 2016 e R\$ 105,63 no ano de 2017. Da mesma forma no SAF, a produção de amêndoas gera uma renda bruta de R\$ 378,67 no ano de 2016 e R\$ 4.099,09 em 2017.

Em relação a renda bruta obtida com a produção de amêndoas nos dois sistemas, o sistema ILPF é inferior em relação ao SAF. Para a espécie *Dipiteryx odorata*, apesar da baixa produção anual, constata-se que a produção é contínua gerando uma renda distribuída ao longo dos meses. No SAF, a alta produção gera uma renda mais elevada, com destaque para o ano de 2017 com R\$ 4099,09/ha/ano. Rêgo et al. (2014), analisando economicamente a produção de amêndoa, em dois sistemas agroflorestais no município de Alenquer no estado do Pará, constatou uma receita bruta de R\$ 22.583,16 em 10 anos, e R\$ 81.277,46 em 20 anos no primeiro SAF com espaçamento de 6 x 6 m e, no segundo sistema com espaçamento de 12 x 12m, obteve em 10 anos receita de R\$ 2.707,81 e em 20 anos R\$ 9.745,50. Segundo Silva et al. (2010), a economia gerada pela comercialização da semente de cumaru nos municípios do estado do Pará é incipiente, pois não gera grandes contribuições para o Produto Interno Bruto, mas representa um adicional na renda anual de muitos extrativistas, colaborando para o sustento de suas famílias. Nesse trabalho, os resultados para renda bruta indicam que, o cumaru ainda não se constitui a principal fonte de renda, porém, gera uma renda extra para os produtores ao longo dos anos.

Na Tabela 2, observa-se os resultados da correlação entre a produção de frutos de cumaru com a precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima.

Tabela 2. Correlação entre a produção de frutos de cumaru e precipitação, temperatura máxima e mínima

| Fruto de cumaru | | ILPF | | | SAF | | |
|-----------------|--------|--------------|------------|-----------|--------------|------------|-----------|
| | | Precipitação | Temp. máx. | Temp. min | Precipitação | Temp. máx. | Temp. min |
| Imaturo | Máximo | -0,23 | 0,27 | 0,42 | -0,47 | 0,50 | 0,31 |
| | Soma | 0,15 | -0,12 | -0,08 | 0,05 | -0,30 | -0,30 |
| | Média | 0,12 | -0,13 | -0,11 | 0,09 | -0,36 | -0,32 |
| Maduro | Soma | 0,12 | -0,13 | -0,11 | 0,09 | -0,36 | -0,32 |
| | Média | -0,20 | 0,25 | 0,42 | -0,40 | 0,56 | 0,40 |

Na análise do coeficiente de correlação observa-se que, para a produção máxima de frutos imaturos ocorre moderada correlação negativa com a precipitação ($r = -0,47$) e moderada correlação positiva com a temperatura máxima ($r = 0,50$) no SAF. No ILPF a produção máxima de frutos imaturos indica moderada correlação positiva com a variável ambiental temperatura mínima ($r = 0,42$).

Para a soma de frutos imaturos, média de frutos imaturos e soma de frutos maduros, constata-se fraca correlação com todas variáveis ambientais analisadas para os dois sistemas.

Quanto a média de frutos maduros, observa-se moderada correlação negativa com a variável precipitação ($r = -0,40$), e moderada correlação positiva com a temperatura máxima no SAF ($r = 0,56$). Nos dois sistemas estudados observa-se moderada correlação positiva entre a média de frutos maduros e a temperatura mínima sendo $r = 0,42$ no ILPF e $r = 0,40$ para o SAF.

Conclusão

A produção de sementes de cumaru se mostrou variável de acordo com a espécie, espaçamento, idade de plantio e ano de colheita, indicando necessidade de estudos futuros para melhor compreensão dos fatores que mais influenciam nesta variável.

A renda estimada pela comercialização de sementes de cumaru, apesar de mostrar valores baixos por indivíduo, pode significar um complemento financeiro na renda familiar, visto que, os custos para a produção são baixos e o componente arbóreo, em sistemas agroflorestais, desempenha funções ecológicas benéficas a outras espécies cultivadas em sistema consorciado.

As duas espécies de cumaru avaliadas demonstraram que o ápice da produção ocorre em períodos diferentes ao longo do ano, o que pode indicar que seria vantajoso a introdução das duas espécies no mesmo sistema para possibilitar melhor distribuição de renda ao longo do ano para os produtores.

Referências

- ABDO, M. T. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. *Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária*, v.1, n.2, p.50-59, 2008.
- ALENCAR, J. C. Fenologia de cinco espécies arbóreas tropicais de sapotaceae correlacionada a variáveis climáticas na Reserva Ducke, Manaus, AM. *Acta Amazônica*, v.24, n.3-4, p.161-18, 1994.
- ARCO-VERDE, M. F. Sustentabilidade biofísica e socioeconômica de sistemas agroflorestais na Amazônia brasileira. 188f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.
- BULHÃO, C. B.; FIGUEIREDO, P. S. Fenologia de leguminosas arbóreas em uma área de cerrado marginal no nordeste do Maranhão. *Revista Brasileira de Botânica*, v.25, n.3, p.361-369, 2002.
- CARNEIRO, J. G. A.; AGUIAR, I. B. Armazenamento de sementes. In: AGUIAR, I. B.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FIGLIOLIA, M. B. (Coords.). *Sementes Florestais Tropicais*. Brasília: ABRATES, 1993. 350p.
- CARVALHO, J. O. P. DE; CARVALHO, M. S. P. DE; BAIMA, A. M. V.; MIRANDA, I. L.; SOARES, M. H. M. Silvicultura de cinco espécies arbóreas da Amazônia: indicações de usos de seus produtos madeireiros e não madeireiros. (Comunicado Técnico, 90). Belém: EMBRAPA-CPATU, 1998. 3p.
- CARVALHO, P. E. R. Cumaru-Ferro *Dipteryx odorata*. Embrapa Florestas, Comunicado Técnico, n. 225, Colombo-PR, 2009. 8p.
- DUCKE, A. O Cumaru na botânica sistemática e geográfica. Ministério da Agricultura – Serviço Florestal. Serviço de Publicidade Agrícola. Rio de Janeiro, 1939. 6p.
- FERREIRA, G. C.; HOPKINS, M. J. G.; SECC, R. S. Contribuição ao conhecimento morfológico das espécies de leguminosa e comercializadas no estado do Pará, como “angelim”. *Acta Amazônica*, v.34, n.2, p.219-232, 2004.
- GARCIA, D. C.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. de. A secagem das sementes. *Ciência Rural*, v.34, n.2, p.603-608, 2004.
- GONZAGA, A. L. Madeira: Uso e Conservação. *Cadernos Técnicos (6)*, Brasília, 2006. 246p.
- GUSMÃO, E.; VIEIRA, F. A.; FONSECA JÚNIOR, E. M.; *Biometria de frutos e endocarpos de murici (Byrsonima verbascifolia Rich. ex A. Juss.)*. *Cerne*, v.12, n.1, p.84-91, 2006.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Floresta nacional do Tapajós: plano de manejo. Brasília. 2004. 373p.
- ISMAEL, J. C. B. caracterização física de frutos e sementes, morfologia da plântula e secagem de semente de cumaru (*dipteryx odorata* (aubl.) Willd. 70f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2009.
- KINUPP, V. F.; LORENZI, H. Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil. 1.ed. São Paulo: ed. Instituto Plantarum, p.408-409, 2015.
- LOUREIRO, A.; SILVA, M. F. DA; ALENCAR, J. C. Essências madeireiras da Amazônia. Manaus: Instituto de Pesquisas da Amazônia. v.1, p.138-141, 1979.
- MACHADO, M. R. Plantios florestais na Amazônia Central: biometria, ciclagem bioquímica e alterações edáficas. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias). Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2008.
- MESQUITA, R. C. G.; JAKOVAC, A. C. C.; BENTOS, T. V. Enriquecimento de capoeiras na Amazônia Central: olhando o passado para prever o sucesso futuro do sistema. In: Congresso de Ecologia do Brasil, 9, 2009, São Lourenço. Anais...São Lourenço-MG, 2009.
- MOREIRA, J. M. A. P.; SIMIONI, F. J.; OLIVEIRA, E. B. Importância e desempenho das florestas plantadas no contexto do agronegócio brasileiro. *Floresta*, v.47, n.1, p.85-94, 2017.
- NEPOMUCENO, D. L. M. G. O extrativismo do Baru (*Dipteryx alata*) em Pirenópolis (GO) e sua sustentabilidade. 117f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Produção Sustentável). Universidade Católica de Goiás. Goiânia, 2006.
- OLIVEIRA, M. I. B.; SIGRIST, M. R. Fenologia reprodutiva, polinização e reprodução de *Dipteryx alata* Vogel (*Leguminosae-Papilionoideae*) em Mato Grosso do Sul, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v.31, n.2, p.195-207, 2008.
- PASTORE JUNIOR F.; BORGES, V. Extração florestal não-madeireira na Amazônia: Armazenamento e comercialização. ITTO, FUNATURA, IBAMA, LATEQ-UnB. 1995. 73p.
- RAIOL, C. S.; ROSA, L. S. Sistemas Agroflorestais na Amazônia Oriental: O caso de agricultores familiares de Santa Maria do Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.8, n.2, p.258-265, 2013.

- RÊGO, L. J. S. Análise econômica da produção da amêndoa de cumaru e caracterização do seu mercado em Santarém e Alenquer, Pará. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2014.
- RÊGO, L. J. S.; SILVA, M. L.; SILVA, L. F.; GAMA, J. R. V.; REIS, L. P. Comercialização da amêndoa de cumarunos municípios de Santarém e Alenquer, leste da Amazônia. Revista de Administração e Negócios da Amazônia, v.8, n.3, p.338-361, 2016.
- SÁ, C. P.; SANTOS, J. C.; LUNZ, A. M. P.; FRANK, I. L. Análise financeira e institucional dos três principais sistemas agroflorestais adotados pelos produtores do RECA. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 12p. (Circular Técnica).
- SANO, S. M.; SIMON, M. F. Produtividade de Baru (*Dipteryx alata*) em ambientes modificados, durante 10 anos. In: Simpósio Nacional Cerrado, 9, 2008, Brasília. Anais...Brasília, 2008.
- SANTOS, A. J. dos; HILDERBRAND, E.; PACHECO, C. H. P.; PIRES, P. de T. de L.; ROCHADELLI, R. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. Revista Floresta, v.33, n.2, p.215-224, 2003.
- SANTOS, M. J. Avaliação econômica de quatro modelos agroflorestais em áreas degradadas por pastagens na Amazônia Ocidental. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2000.
- SANTOS, S. H. M. Cumaru *Dipteryx odorata* Willd. família *Leguminosae*. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. (Embrapa Amazônia Oriental. Recomendações Técnicas). 2002.
- SILVA, P. de T. E.; BRIENZA JÚNIOR, S.; YARED, J. A. G.; BARROS, P. L. C.; MACIEL, M. de N. M. Principais espécies florestais utilizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia. Revista de Ciências Agrárias, n.49, p.127-144, 2008.
- SILVA, S. Árvores da Amazônia. São Paulo: Empresa das Artes. 2006. p.96-100.
- SILVA, T. M. S.; JARDIM, F. C. S.; SILVA, M. S. P. S. Mercado de amêndoas de *Dipteryx odorata* (cumaru) no estado do Pará. Floresta, v.40, n.3, p.603-614, 2010.
- SOARES, T. S.; FIEDLER, N. C.; SILVA, J. A.; GASPARINI JÚNIOR, A. J. Produtos Florestais não Madeireiros. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, n.11, 2008. 7p.
- SOUZA, C. R.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M.; ROSSI, L. M. B. Comportamento de espécies florestais em plantios a pleno sol e em faixas de enriquecimento de capoeira na Amazônia. Acta Amazônica, v.40, n.1, p.127-134, 2010.
- SOUZA, P. F. Estudo do crescimento e estado nutricional de *Carapa guianensis* em sistemas de plantios em área degradada na Amazônia central. 58f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia e Recursos Naturais). Universidade do Estado do Amazonas. Manaus, 2013.
- TONINI H.; ARCO-VERDE M. F. O crescimento da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa Bonpl.*) em Roraima. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, n.7, p.633-638, 2005.
- TONINI, H.; OLIVEIRA JUNIOR, M. M. C.; SCHWENGBER, D. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. Ciência Florestal, v.18, n.2, p.151-158, 2008.

ANÁLISE ESPACIAL DE PLANTAS DE QUIXABEIRA [*Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult. T.D. Penn.) EM BOA VISTA-PB

Talita Freitas Filgueira de Sá¹
Joel Martins Braga Júnior²
Túlio Freitas Filgueira de Sá³
Cosmo Rufino de Lima⁴
Luciano Medina Peres⁵

¹Doutora em Agronomia; Mestre em Manejo de Solo e Água, talitafsp@gmail.com

²Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Rondônia, Campus Cacoal, joel.martins@ifro.edu.br

³Pesquisador da Universidade Federal Rural de Pernambuco, tulio_filgueira@hotmail.com

⁴Doutor e Mestre em Agronomia, cosmoagr@hotmail.com

⁵Licenciado e Especialista em Matemática, Lmperes@bol.com.br

Introdução

Sideroxylon obtusifolium (Roem. & Schult.) T.D. Penn. é uma espécie pertencente à família Sapotaceae, nativa da flora da Caatinga (FORZZA et al., 2010) e é conhecida popularmente como quixabeira. A ocorrência geográfica desta, vai desde o Ceará ao Rio Grande do Sul (PEDROSA, 2012). Essa espécie florestal é muito utilizada na carpintaria regional e no artesanato, como também na medicina popular no tratamento de machucados, gripe, gastrite e inflamações (FERRAZ et al., 2006). Devido a essa pressão extrativista, *S. obtusifolium* foi considerada uma espécie vulnerável (IBAMA, 1992) e, por isso os estudos e ações promotoras para a regeneração natural da população devem ser incentivados.

O porte da quixabeira é definido como arbóreo e rústico, alcançando de 7 a 18 metros de altura, com copa densa, decídua ou semidecídua, com amadurecimento dos frutos nos meses de janeiro e fevereiro (REBOUÇAS et al., 2012). A madeira da *S. obtusifolium* é resistente (LORENZI, 2014) e sua ocorrência é propícia em solos argilosos (SANTANA, 2010). As inflorescências são em fascículos axilares, com 2-20 flores esbranquiçadas, perfumadas e discretas, formadas nos meses de outubro e novembro (SILVA et al., 2012). A polinização dar-se por abelhas, borboletas e besouros (GOMES et al., 2010). O fruto é classificado como drupa, com forma variável entre globosa a elipsóide, sendo sua superfície lisa e brilhante, coloração roxa escura e polpa succulenta esverdeada (SILVA et al., 2012). Quando maduro, o fruto da quixabeira é do tipo bacídio, segundo Barroso et al. (2004) contendo apenas uma única semente séssil que se encontra envolvida por polpa sucogelatinosa.

A propagação da semente e sua emergência ocorrem entre 30 a 50 dias, sendo classificada como uma semente ortodoxa (PAULINO et al., 2011), que para Marcos Filho (2015), significa que a semente, mesmo perdendo umidade a valores inferiores a 10%, ainda possui potencial para germinar.

Compreender a qualidade das sementes disponíveis na natureza é um ponto de partida para pesquisas que apoiam a conservação das populações, visto que este parâmetro está diretamente relacionado com o caráter qualitativo e quantitativo da descendência (PAULA, 2007). A descrição das características biométricas de frutos e sementes de cada planta matriz é essencial para o estudo da qualidade fisiológica das sementes. Para Araújo et al. (2012), o teste biométrico fornece subsídios para a diferenciação de espécies do mesmo gênero, permitindo também comparações de uma mesma espécie em localidades geográficas diferentes.

Identificar dentre os espécimes disponíveis em uma determinada área, quais possuem as características que a torna uma planta matriz, significa identificar a unidade escolhida para coletar as melhores sementes. A Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003 define planta matriz, como aquela planta fornecedora de material de propagação que mantém as características da planta básica da qual seja proveniente (BRASIL, 2003).

No estudo de plantas matrizes, as condições de campo podem ser observadas através de geotecnologias, as quais começaram a ser difundidas a partir do início deste século. O número de usuários de *softwares* de geoprocessamento tem-se ampliado continuamente em todo o mundo (FERREIRA, 2013), nas diversas áreas do conhecimento, e, portanto, tem desempenhado um papel importante nos estudos de planejamento e gestão territorial, permitindo a construção de cenários

futuros. Por exemplo, para o monitoramento do uso e cobertura da terra é um dos instrumentos de investigação dos avanços da ocupação antrópica sobre as remanescentes florestais (REIS et al., 2009).

O Sistema de Informação Geográfica (SIG), pode ser conceituado na visão de sistema ou de *software*. Como sistema, o SIG tem o objetivo de integrar numa única base de dados às informações espaciais provenientes de dados cartográficos, já os *softwares* de SIG combinam as várias informações, através de algoritmos de manipulação para gerar mapeamentos derivados, além de consultar, visualizar e plotar o conteúdo de bases de dados geocodificados (CAMARA & ORTIZ, 2015).

O uso do Sistema de Informação Geográfica (SIG), transforma o gerenciamento convencional do campo em Agricultura de Precisão (AP), definida como uma integração de diversas tecnologias em múltiplas fontes de dados (DE OLIVEIRA, 2016). O SIG foi aplicado por Gurgel et al. (2013) na conservação de recursos genéticos e resgate de novos acessos para reposição em caso de perda de plantas num conjunto de amostras representativas de um indivíduo ou de vários indivíduos da população.

A implementação de *softwares* de SIG trata a informação espacial (latitude, longitude e altitude) de forma gerenciada, com dados relativos a um determinado fator, e converte a informação espacial e temporal georreferenciadas em dados alfanuméricos (SANTOS, 2012), isto é, o SIG é capaz de observar a localização e uni-la a um banco de dados (BD) com descrição daquele alvo. Os cálculos de área e distâncias, num SIG, ajudam o usuário a analisar espacialmente o meio, como o caso do diagnóstico ambiental proposto por Silva et al. (2016), que observou inadequação quanto a lei nº 12.651 de 2012 na bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos, no município de Brotas-SP, visto que 32,1% das APPs (Áreas de Preservação Permanente) encontram-se ocupadas por cultivos agrícolas, pastagens e solo exposto.

Os *softwares* de SIG buscam encontrar padrões espaciais, observar as mudanças ao longo do tempo, planejar alternativas de campo e formular políticas de mitigação de efeitos negativos (RODRIGUEZ-BACHILLER & WOOD, 2009). São as análises multicritério que consultadas nos *softwares* de SIG ajudam a resolver um processo decisório, que se constitui em um sistema de apoio à decisão, com base na combinação de uma série de variáveis ou critérios, segundo diferentes métodos (FALCÃO, 2013).

Diante do exposto, este trabalho objetiva a criação de um Sistema de Informação Geográfica que seja capaz de indicar plantas matrizes com qualidade de sementes e que dê apoio ao monitoramento espaço-temporal dessas matrizes, tendo como modelo a espécie *Sideroxylon obtusifolium*.

Material e Métodos

A análise espacial de dezesseis plantas matrizes de *S. obtusifolium* foi realizada na área rural do município de Boa Vista-PB (Figura 1), que faz fronteira com os municípios de Campina Grande, Pocinhos, Soledade, Gurjão, São João do Cariri, Cabaceiras, Boqueirão e Caturité, e distante aproximadamente 152 Km da capital, João Pessoa-PB.

A escolha das dezesseis plantas matrizes, descritas na Tabela 1, utilizadas para esta pesquisa foi de acordo com a disponibilidade de frutos, bem como seguindo a recomendação de Kageyama e Gandara (2003), de que a coleta de sementes deve existir em pelo menos 12 ou 13 plantas matrizes, e de Paula (2007), que sugere evitar a coleta em árvore isolada, tanto natural quanto plantada.

A colheita dos frutos ocorreu entre a última semana do mês de fevereiro e início do mês de março de 2012. As análises ocorreram no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), do Departamento de Fitotecnia e Ciências Ambientais, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba (CCA-UFPB), em Areia-PB.

Os frutos foram retirados da copa das plantas matrizes e armazenados em sacos de polietileno para o transporte até o laboratório, onde foram realizadas as avaliações biométricos de frutos e sementes, bem como os testes de germinação.

As avaliações biométricas para os frutos foram executadas individualmente por planta matriz. Foram aferidos os valores de comprimento e diâmetro de 100 frutos com auxílio de um paquímetro digital, de precisão de 0,1mm, cujos resultados foram expressos em milímetros, bem como, a pesagem em balança de precisão de 0,001g, e os resultados foram expressos em gramas.

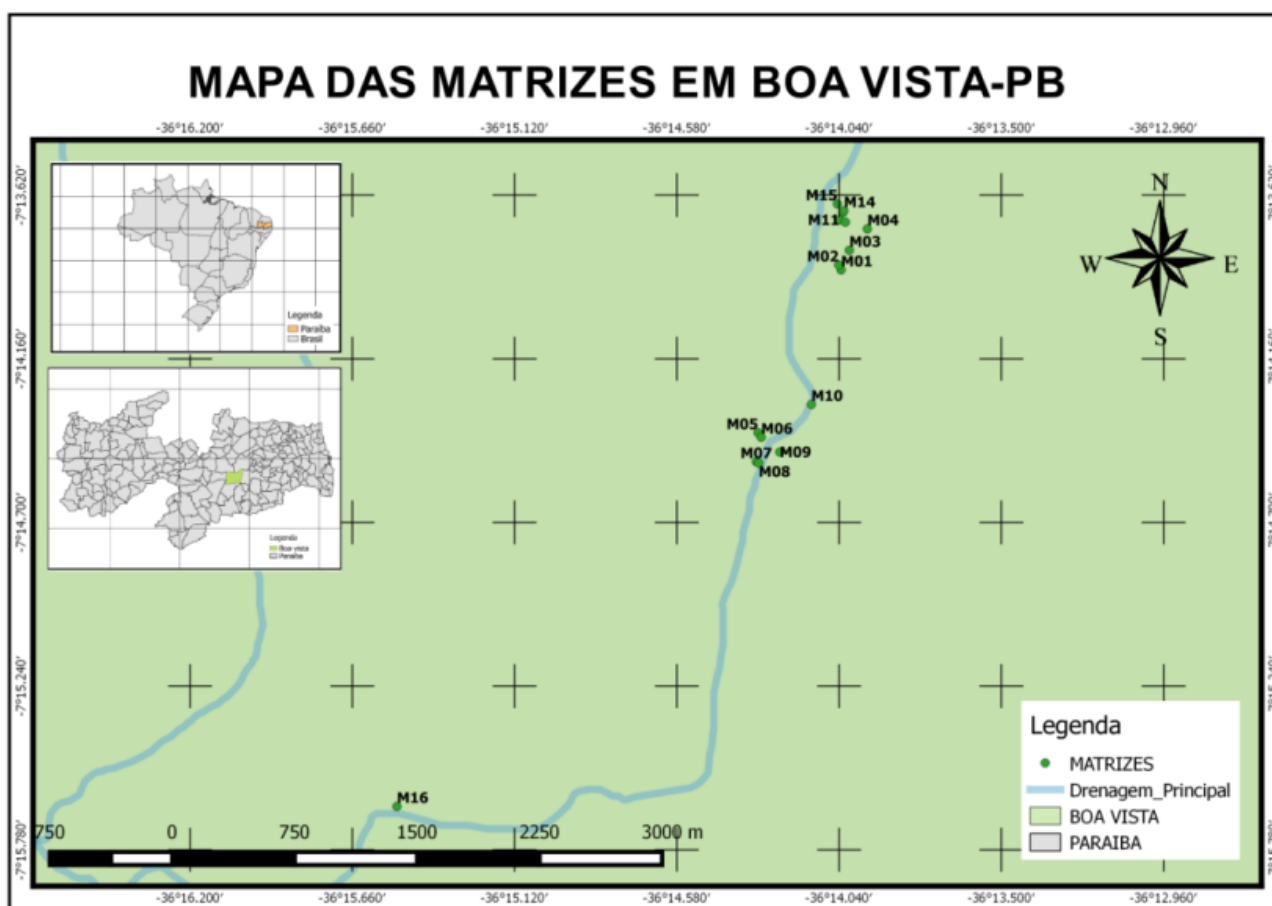


Figura 1. Mapa de localização das matrizes na área de estudo, município de Boa Vista/PB, Brasil.

A etapa seguinte foi o repouso dos frutos em sacos plásticos por 72 horas para o processo de fermentação como forma de facilitar a despolpa, que foi realizada manualmente, separando as sementes dos frutos, as quais foram lavadas em água corrente e colocadas para secar em papel toalha. De posse das sementes limpas e secas, as mesmas foram submetidas às avaliações biométricas do comprimento e diâmetro com auxílio de paquímetro digital, sendo os resultados expressos em milímetros, bem como o peso, realizados com auxílio de balança digital, e os resultados expressos em gramas.

O teor de água das sementes foi determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas de acordo com BRASIL (2009), porém com algumas modificações, uma vez que as regras não prescrevem esta avaliação especificamente para a espécie utilizada nesta pesquisa. Utilizou-se recipientes metálicos previamente limpos e secos em estufa a 105°C durante 24 horas. As sementes coletadas foram colocadas dentro desses recipientes metálicos em uma quantidade que cobria o fundo do recipiente, constando de quatro repetições para cada planta matriz. Estes recipientes foram colocados abertos em estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24 horas, após esse período os recipientes foram retirados da estufa, tampados e colocados em dessecador de vidro com sílica gel para que ocorresse a estabilização da temperatura da massa de sementes. Em seguida, os recipientes foram pesados com auxílio de balança analítica com precisão de 0,001g, os resultados foram expressos em % na base úmida através da fórmula: $TA (\%b.u) = (\text{massa de água/massa total}) \times 100$.

O teste de germinação foi conduzido em câmaras do tipo B.O.D. (Demanda biológica de oxigênio), reguladas a temperatura constante de 30°C e fotoperíodo de 8/16 horas de luz e escuro, e utilizadas 200 sementes, distribuídas em oito repetições de 25 sementes para cada planta matriz. As sementes foram escarificadas com lixa d'água nº 80 do lado oposto a micrópila, e em seguida tratadas com fungicida Captan® na concentração de 240 g para cada 100 kg de sementes e distribuídas entre o substrato vermiculita, previamente esterilizado em autoclave a 120°C durante uma hora e meia, dispostas em caixas acrílicas transparentes (gerbox) com dimensões de 11 x 11 x 3,5 cm.

As avaliações do número de sementes germinadas foram efetuadas diariamente, até a estabilização da germinação, sendo os resultados expressos em porcentagens de plântulas normais (BRASIL, 2009).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso, com quatro repetições e os resultados submetidos à análise de variância, com agrupamento das médias pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para avaliar espacialmente as plantas matrizes foi utilizado o *software* QGIS 2.10.1 Pisa, que promove a reunião de dados geográficos e banco de dados dos resultados das análises das sementes.

A localização das matrizes ocorreu com receptor-GPS (Sistema de Posicionamento Global) do tipo GPSMAP 60CSx no momento da coleta dos frutos da quixabeira. O processamento dos dados geográficos ocorreu no *Track Maker*, com o objetivo de possibilitar a comunicação entre os dados coletados pelo receptor GPS em campo com o computador. Os resultados dos testes foram tabulados em planilha Excel. No SIG foi unido (*join*) os pontos de receptor-GPS com o banco de dados.

Para a criação do SIG foram utilizadas bases cartográficas em formato *shapefile*, disponibilizadas por órgãos como Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e o Ministério do Meio Ambiente, estas foram tratadas no sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000, cujo objetivo é diminuir os erros de esfericidade. No ambiente SIG, os dados espaciais (latitude, longitude e altitude) de cada planta matriz de quixabeira foram importados diretamente, enquanto o banco de dados alfanuméricos, produzido pelos dados de laboratório, foi importado em planilha Excel, alterando suas integridades (texto, valores reais ou inteiros).

Com dados geográficos e banco de dados, produziu-se a análise espacial do comportamento das matrizes em campo, em função da biometria de frutos e sementes.

Resultados e Discussão

Na biometria dos frutos de *S. obtusifolium* os valores para o comprimento variaram entre 10,17 e 15,09mm, com moda de 11,25mm e média 11,75mm, enquanto que para o diâmetro a variação foi de 8,46 a 13,07mm, com valor modal de 9,1mm. O peso dos frutos variou de 2,23 e 0,51g.

Os frutos da planta matriz M09 obtiveram as maiores dimensões com comprimento de 14,51mm, diâmetro de 12,79mm e peso 2,19g (Tabela 1). Esta matriz localiza-se isolada em relação às demais espécies em campo.

Tabela 1. Biometria de frutos de *Sideroxylon obtusifolium* provenientes de diferentes plantas matrizes

| Matrizes | Comprimento | Diâmetro | Peso (g) |
|----------|-------------|----------|----------|
| | mm | | |
| M01 | 11,22 d | 9,33 f | 0,66 h |
| M02 | 13,40 b | 9,54 e | 1,05 d |
| M03 | 10,96 e | 8,75 g | 0,67 h |
| M04 | 10,48 f | 8,80 g | 0,54 i |
| M05 | 11,47 d | 9,36 f | 0,94 e |
| M06 | 11,35 d | 10,06 d | 0,90 e |
| M07 | 11,62 d | 10,14 d | 1,07 d |
| M08 | 13,27 b | 9,72 e | 1,15 c |
| M09 | 14,51 a | 12,79 a | 2,19 a |
| M10 | 11,25 d | 11,07 b | 1,16 c |
| M11 | 11,39 d | 9,06 f | 0,90 e |
| M12 | 10,85 e | 9,26 f | 0,84 f |
| M13 | 12,15 c | 10,60 c | 1,19 c |
| M14 | 11,64 d | 9,12 f | 0,69 h |
| M15 | 10,30 f | 8,84 g | 0,74 g |
| M16 | 12,09 c | 10,37 c | 1,29 b |

Médias seguidas, por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Em estudos biométricos de frutos realizados por Silva et al. (2014) com plantas matrizes da mesma espécie, mostraram resultados próximos aos desse estudo, com média de 12,21mm de comprimento, 9,73mm para o diâmetro e 1,1 g para o peso.

As plantas matrizes M04 e M15 foram aquelas com os menores valores para comprimento, diâmetro e peso dos frutos.

A partir do banco de dados geográficos em ambiente SIG, observou-se que as matrizes mais ao norte, daquelas pesquisadas, foram as que obtiveram menores valores de comprimento (Figura 2), diâmetro (Figura 3) e peso (Figura 4).

Quanto à biometria das sementes de quixabeira, foi registrada uma média de 8,8mm para o comprimento, 5,24mm para o diâmetro e 0,131g para o peso. A maior expressão também foi obtida pela planta matriz M09, com 6,06mm de diâmetro 0,215g de peso, enquanto que o maior comprimento das sementes (11,26mm) foi proveniente da planta matriz M02 (Tabela 2).

Tabela 2. Médias biométricas de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* provenientes de diferentes plantas matrizes

| Matrizes | Comprimento | Diâmetro | Peso (g) |
|----------|-------------|----------|----------|
| | mm | | |
| M01 | 7,83 j | 4,48 h | 0,109 h |
| M02 | 11,26 a | 5,18 e | 0,166 b |
| M03 | 8,27 h | 4,76 f | 0,103 i |
| M04 | 7,21 k | 4,35 h | 0,065 l |
| M05 | 8,78 f | 5,35 d | 0,135 f |
| M06 | 8,35 h | 5,25 e | 0,125 g |
| M07 | 8,90 f | 5,80 b | 0,161 c |
| M08 | 10,39 c | 5,58 c | 0,168 b |
| M09 | 10,66 b | 6,06 a | 0,215 a |
| M10 | 7,78 j | 5,64 c | 0,127 g |
| M11 | 9,44 d | 5,30 d | 0,142 e |
| M12 | 7,12 k | 4,40 h | 0,073 k |
| M13 | 9,18 e | 5,85 b | 0,155 d |
| M14 | 8,56 g | 4,60 g | 0,094 j |
| M15 | 9,09 e | 5,56 c | 0,137 f |
| M16 | 8,01 i | 5,68 c | 0,125 g |

Médias seguidas, por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Quando se compara os resultados das dimensões das sementes de *S. obtusifolium* encontrados por Silva et al. (2014), observa-se valores semelhantes para comprimento variando de 6,98 e 11,35mm, diâmetro de 4,27 e 6,23mm e peso de 0,063 a 0,219g. Observa-se que o comportamento espacial dos resultados da biometria de sementes foi similar ao da biometria dos frutos, no qual as matrizes mais ao norte obtiveram menores valores de comprimento (Figura 5), diâmetro (Figura 6) e peso (Figura 7) de sementes.

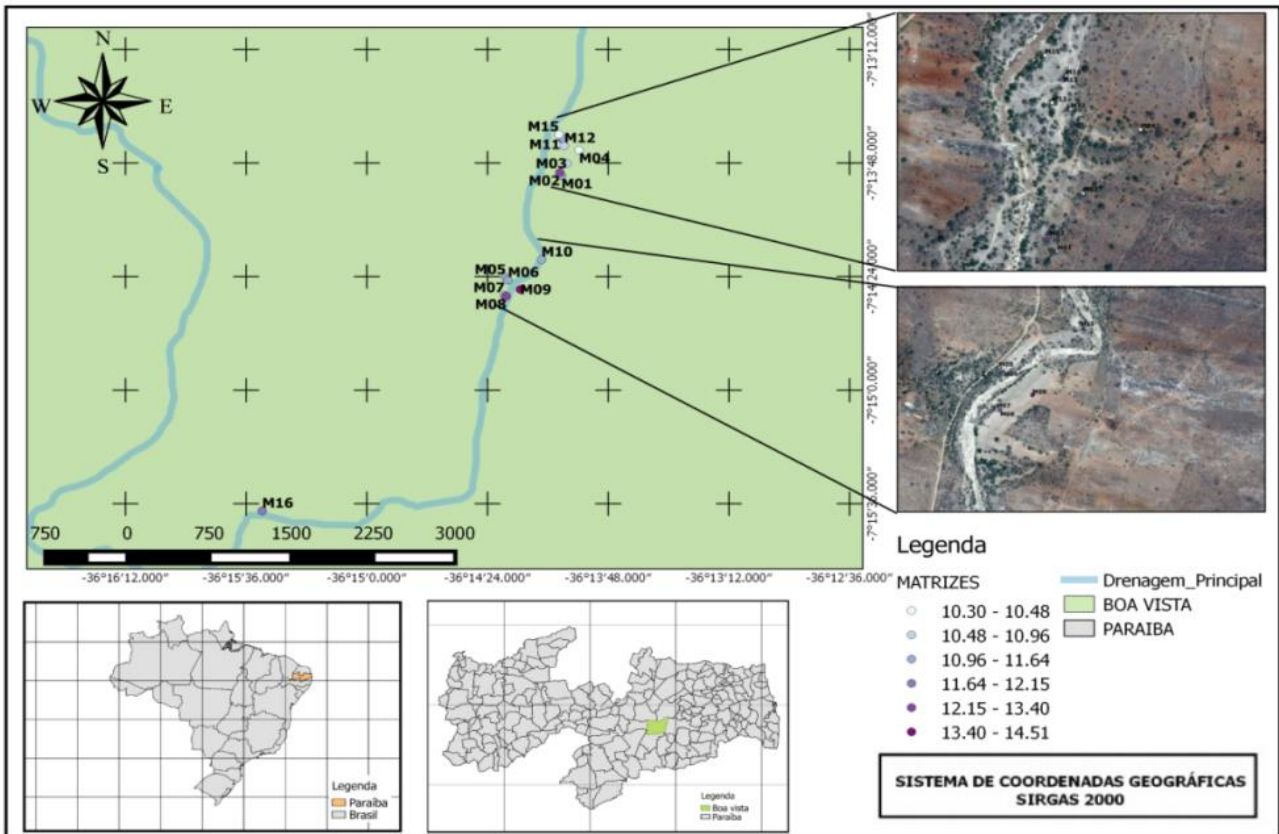


Figura 2. Mapa da distribuição espacial das plantas matrizes de *S. Obtusifolium* por valores de comprimento de frutos.

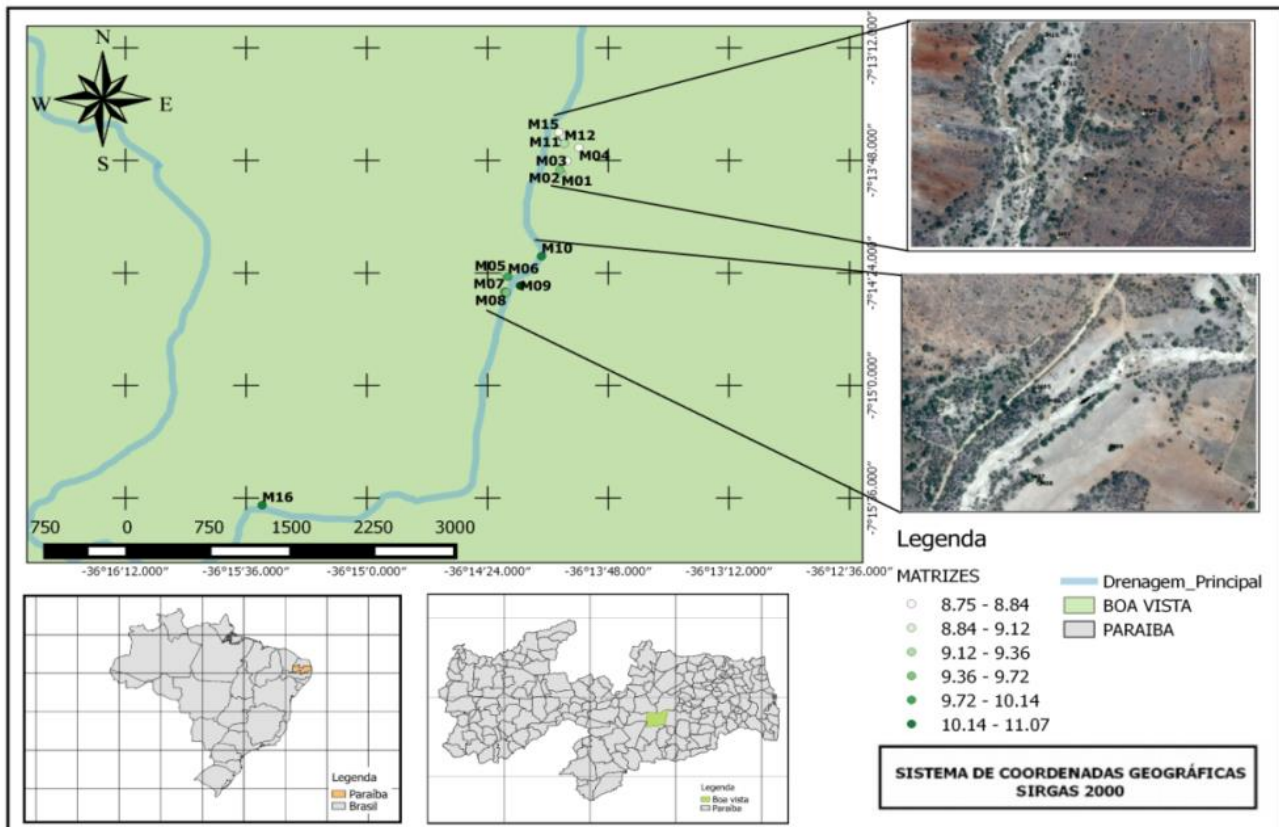


Figura 3. Mapa da distribuição espacial das plantas matrizes de *S. Obtusifolium* por valores de diâmetro de frutos.

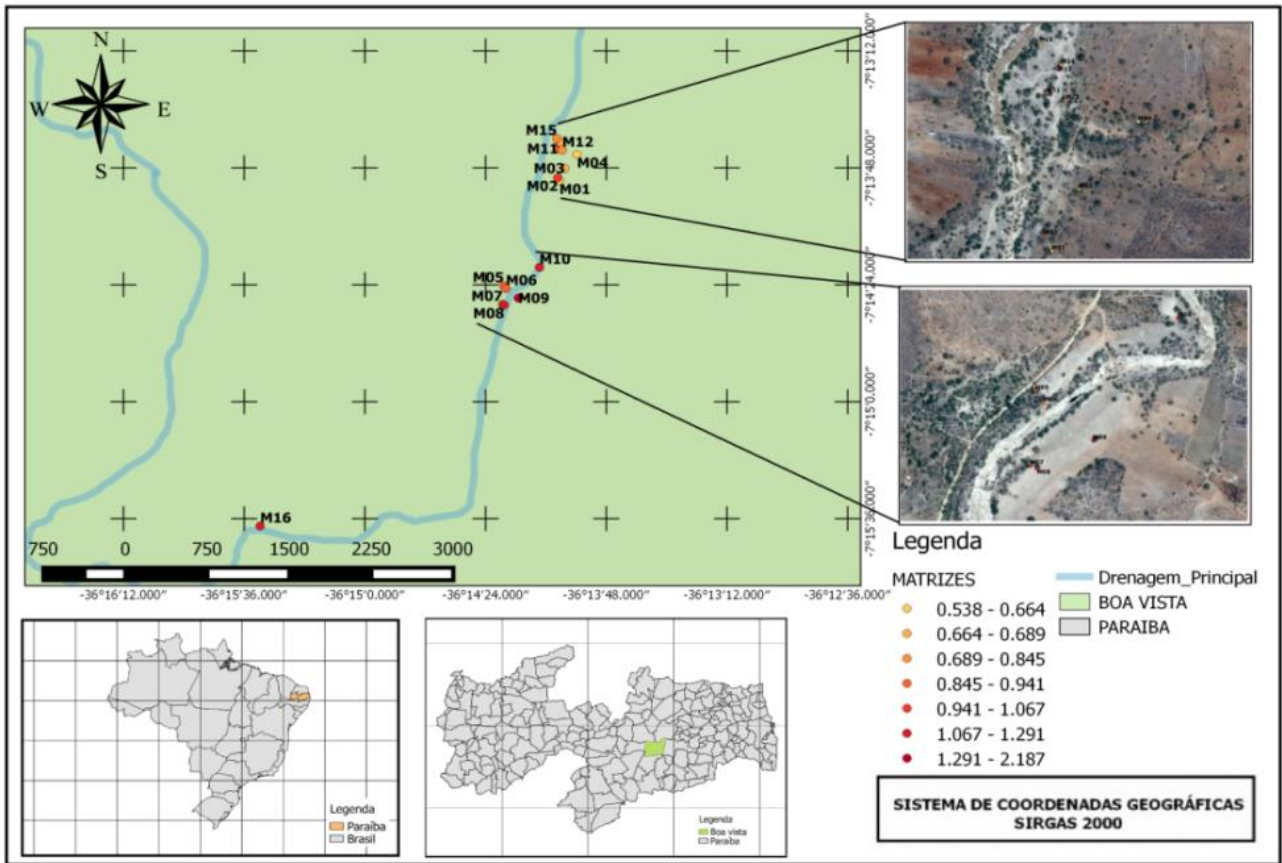


Figura 4. Mapa da distribuição espacial das plantas matrizes de *S. Obtusifolium* por valores de peso de frutos.

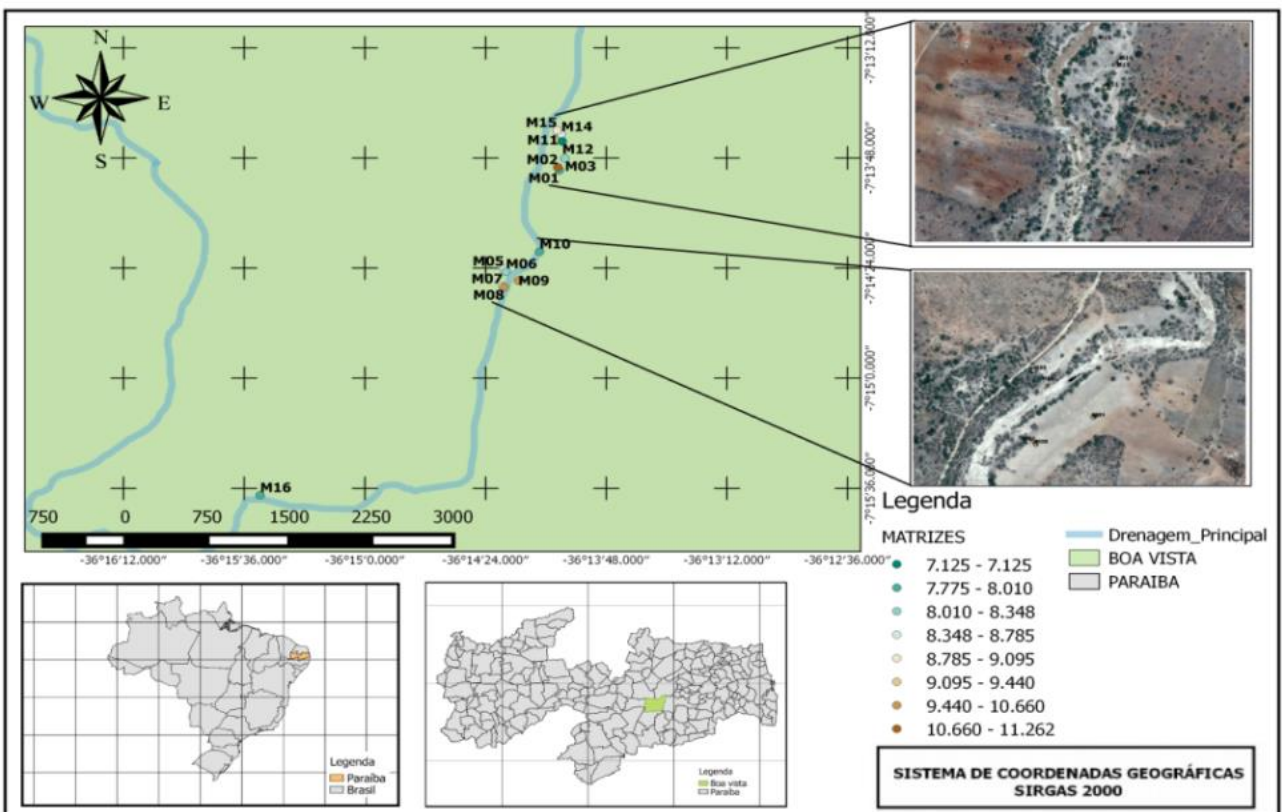


Figura 5. Mapa da distribuição espacial das plantas matrizes de *S. Obtusifolium* por valores de comprimento das sementes.

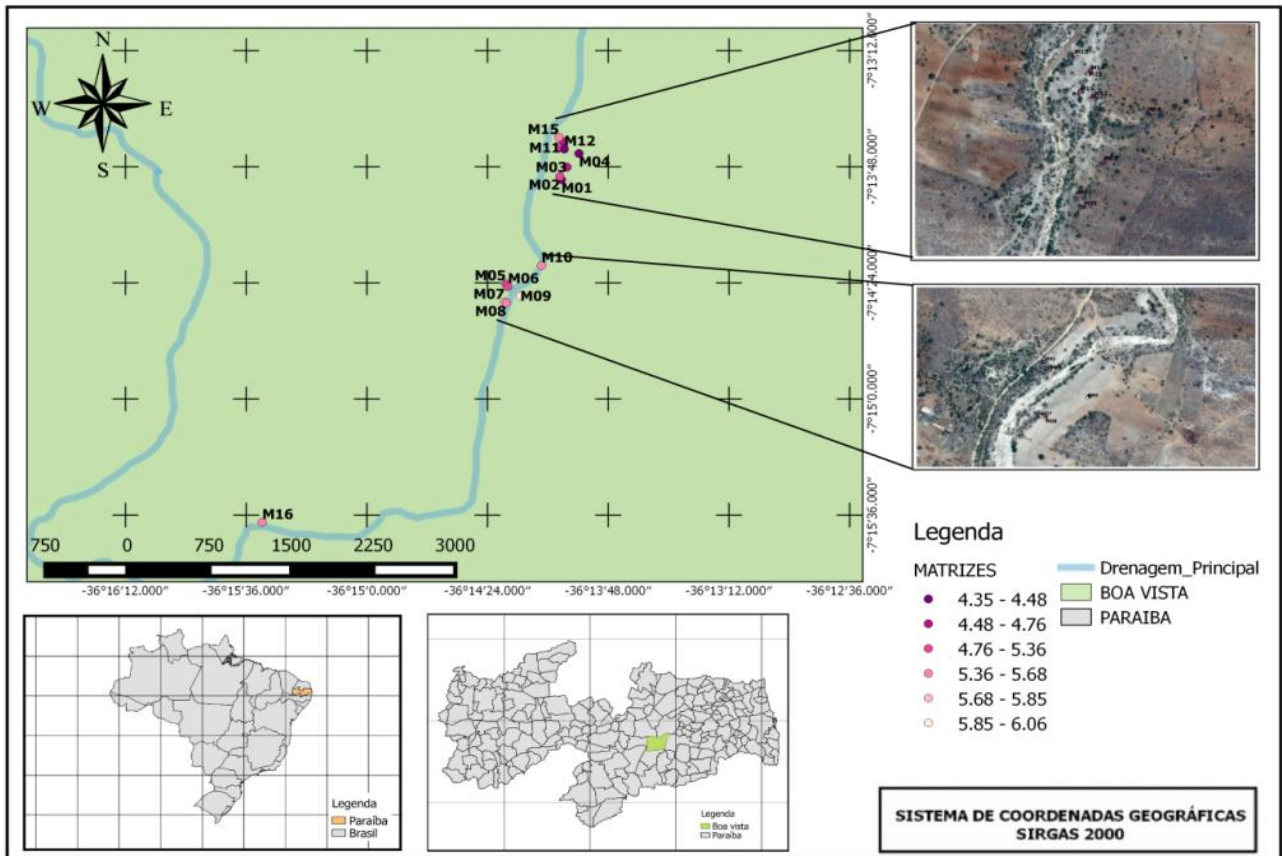


Figura 6. Mapa da distribuição espacial das plantas matrizes de *S. Obtusifolium* por valores de diâmetro das sementes.

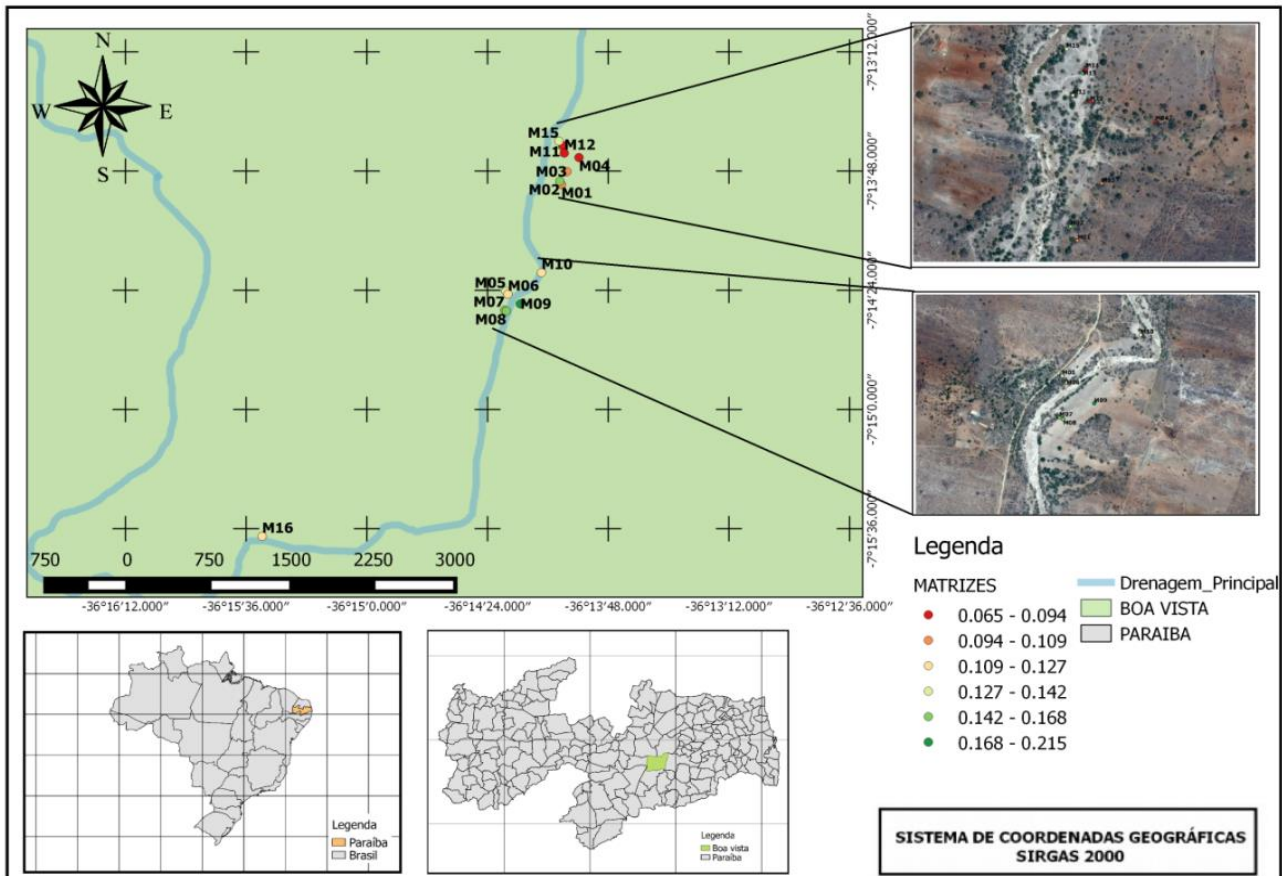


Figura 7. Mapa da distribuição espacial das plantas matrizes de *S. Obtusifolium* por valores de peso das sementes.

As sementes de *S. obtusifolium* apresentaram média de 7,3% de água na massa das sementes (Tabela 3). Os valores registrados por Silva et al. (2012) também foram semelhantes (7,42%).

Tabela 3. Teor de água (%) e germinação (%) de sementes de *Sideroxylon obtusifolium* provenientes de diferentes plantas matrizes

| Matrizes | Teor de Água (%) | Germinação (%) |
|----------|------------------|----------------|
| M01 | 7,6 a | 38 b |
| M02 | 6,7 b | 26 e |
| M03 | 6,7 b | 38 b |
| M04 | 7,3 b | 46 a |
| M05 | 7,0 b | 38 b |
| M06 | 7,2 b | 33 d |
| M07 | 8,4 a | 44 a |
| M08 | 7,8 a | 21 f |
| M09 | 7,9 a | 27 e |
| M10 | 7,2 b | 12 h |
| M11 | 7,8 a | 35 c |
| M12 | 7,2 b | 39 b |
| M13 | 6,9 b | 40 b |
| M14 | 7,2 b | 32 d |
| M15 | 6,7 b | 25 e |
| M16 | 7,3 b | 18 g |

Médias seguidas, por uma mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

O tamanho e o peso das sementes para algumas espécies podem ser considerados um indicativo de sua qualidade fisiológica (CARVALHO & NAKAGAWA, 2012). Num mesmo lote, sementes mais leves, normalmente, têm menor desempenho do que as mais pesadas, tanto na germinação ou, até mesmo, no crescimento inicial das plantas em decorrência da quantidade de reservas acumuladas e da formação do embrião (SANTOS NETO et al., 2009). Por exemplo, sementes de *Copernicia prunifera* de tamanho médio e grande apresentaram maior velocidade de protrusão do pecíolo cotiledonar (REIS et al., 2010).

Observando os valores do teste de germinação (Tabela 3) verifica-se que, apenas as sementes de duas plantas matrizes (M04 e M07) estavam com percentual de germinação acima de 40% (46 e 44%, respectivamente), ou seja, significativamente superiores às demais plantas matrizes estudadas.

O sistema de informação geográfica possibilitou a observação dos resultados em função do espaço. Além de ser uma ferramenta que pode ser atualizada e conseqüentemente uma análise temporal das matrizes.

Conclusão

Por esta pesquisa pode-se concluir que o Sistema de Informação Geográfica dispôs um ambiente que permite o cruzamento de dados referentes à qualidade de sementes de Quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) com a informação espacial.

O SIG foi capaz de selecionar plantas matrizes de *Sideroxylon obtusifolium* para o município de Boa Vista-PB, o que poderia ser reproduzido para qualquer outro lugar ou espécie.

O SIG permitiu a observação espacial dos resultados dos testes de biometria de frutos e sementes de quixabeira.

Sementes oriundas da matriz M9 obtiveram melhores resultados de biometria de fruto e sementes.

As sementes advindas das matrizes M4 e M7 apresentaram melhores resultados de germinação, em ambiente controlado, B.O.D. sugerindo a não relação entre biometria e germinação.

O uso de sistema de informação geográfica proporciona um monitoramento não apenas dos dados alfanuméricos, mas a observação do campo como elemento modificador, conseqüentemente o software de SIG demonstrou ser ferramenta que traz um diferencial na pesquisa científica.

Referências

- ARAÚJO, C.; ARAUJO NETO, A. C.; SANTOS, S. R. N.; MEDEIROS, J. G. F.; LEITE, R. P.; ALVES, E. U.; BRUNO, R. L. A.; OLIVEIRA, J. J. F. Biometria de frutos e sementes de *Operculina macrocarpa* (L.) Urban ocorrente no semiárido Norte-rio-grandense. *Scientia Plena*, n.8, v.4, p.1-5, 2012.
- BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas. Viçosa: Ed. UFV, 2004. 443p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395p.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.
- BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 5 ago. 2003. Revogação da Lei nº 6.507 de 19 de dezembro de 1977.
- CÂMARA, G. ORTIZ, M. J. Sistemas de informação geográfica para aplicações ambientais e cadastrais: Uma visão geral. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>. Acesso em: 16/03/2015.
- DE OLIVEIRA, R. P. Apoio à decisão na adoção da agricultura de precisão: A Tecnologia da informação em apoio ao conhecimento agrônômico. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, v.2, n.1, p.89-109, 2016.
- FALCÃO, E. C. Análise de riscos à degradação ambiental utilizando avaliação multicritério espacial, no município de Boa Vista - PB. 126f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande-PB. Campina Grande, 2013.
- FERRAZ, J. S. F.; MEUNIER, I. M. J.; ALBUQUERQUE, U. P. Conhecimento sobre espécies lenhosas úteis da mata ciliar do Riacho do Navio, Floresta, Pernambuco. *Zonas Áridas*, v.1, n.9, p.27-39, 2006.
- FERREIRA, M. C. Um modelo para formulação de perguntas geoespaciais em SIG, baseado na matriz geográfica de Berry (1964). *Revista do Departamento de Geografia*, v.26, p.252-269, 2013.
- FORZZA, R. C.; LEITMAN, P. M.; COSTA, A.; CARVALHO, A. A.; PEIXOTO, A. L.; WALTER B. M. T. Catálogo de plantas e fungos do Brasil. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson estúdio: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. v.1, p.871. 2010.
- GOMES, R.; PINHEIRO, M. C. B.; LIMA, H. A.; SANTIAGO-FERNANDES, L. D. R. Biologia floral de *Manilkara subsericea* e de *Sideroxylon obtusifolium* (Sapotaceae) em restinga. *Revista Brasileira de Botânica*, v.33, n.2, p.271-283, 2010.
- GURGEL, F. L.; GURGEL, R. S.; NASCIMENTO, W. M. O.; SOARES, A. C. S. Localização geográfica de acessos do banco ativo de germoplasma de camucamuzeiro (*Myrciaria dubia* H.B.K. McVaugh) da Embrapa Amazônia Oriental. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2013, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, PR, INPE, 2013.
- IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. Plano de manejo florestal para a região do Seridó do Rio Grande do Norte. Natal: PNUD/FAO/IBAMA. Governo do Rio Grande do Norte, 1992. p.1-92.
- LORENZI, H. Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativos do Brasil. 6 ed. Nova Odessa. 384p.
- MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Londrina: ABRATES, 2015. 659p.
- PAULINO, R. C.; HENRIQUES, G. P. S. A.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; AZEVEDO, R. A. B. Contribuição ao conhecimento e conservação da laranjinha. *Interações*, v.12, n.2, p.215-223, 2011.
- PAULA, R. C. Repetibilidade e divergência genética entre matrizes de *Pterogyne nitens* Tul. (Fabaceae - Caesalpinioideae) por caracteres biométricos de frutos e de sementes e parâmetros da qualidade fisiológica de sementes. 128p. Tese (Livre-Docência em Silvicultura). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Jaboticabal, 2007.
- PEDROSA, K. M. Uso e disponibilidade local de *Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D. Penn. (quixabeira) em três regiões da depressão sertaneja da Paraíba, nordeste do Brasil. 58f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Paraíba. Areia, 2012.
- REBOLÇAS, A. C. M. N.; MATOS, V. P.; FERREIRA, R. L. C.; SENA, L. H. M.; SALES, A. G. F. A.; FERREIRA, E. G. B. S. Métodos para superação da dormência de sementes de quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium* (Roem. & Schult.) T.D.Penn.). *Ciência Florestal*, v.22, n.1, p.183-192, 2012.

- REIS, R. B.; CARDOSO, P. V.; CRUZ, C. B. M.; VICENS, R. S. Classificação de uso e cobertura do solo na APA do São João em uma abordagem orientada a objeto. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. Anais...São Paulo: INPE, 2009. p.7087-7094.
- RODRIGUEZ-BACHILLER, A.; WOOD, G. Geographical Information System and EIA. In: MORRIS, P.; THERIVEL, R. Methods of environmental impact assessment. 3rd Edition. Routledge: Abingdon, 2009. p.434-459.
- SANTANA, M. F. Uso de planejamento fatorial da extração de lectinas de entrecasca de *Sideroxylon obtusifolium* (quixabeira): purificação e caracterização parcial. 72f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2010.
- SANTOS, F. A. Agricultura de Precisão. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro - Departamento de Agronomia, Vila Real, Portugal. 2012.
- SANTOS NETO, A. L.; MEDEIROS FILHO, S.; BLANK, A. F.; SANTOS, V. R.; ARAÚJO, E. Influência do peso da semente e promotores químicos na qualidade fisiológica de sementes de sambacaitá. Revista Caatinga, v.22, n.1, p.187-192, 2009.
- SILVA, A. M.; XAVIER, A. P. C.; MEDEIROS, I. C.; MARANHÃO, K. U. A.; SILVA, R. M. Análise multitemporal e atualização do mapa de uso e ocupação do solo do município de Monteiro/PB. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16, 2013, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, Brasil. 2013. p.1548-1555.
- SILVA, C. B.; PIVETTA, K. F. L.; OLIVEIRA, C. A. V. M.; RODRIGUES, M. A.; VIEIRA, R. D. Teste de envelhecimento acelerado para avaliação do potencial fisiológico de sementes de grama-bermuda. Revista Brasileira de Sementes, v.32, n.2, p.102-107, 2010.
- SILVA, J. L.; TONELLO, K. C.; VALENTE, R. A.; MINGOTI, R. Diagnóstico ambiental como subsídio à restauração florestal e manutenção hidrológica da Bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas-SP. Irriga, v.21, n.1, p.1-13, 2016.

APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE TEMPORAL DO FENÔMENO DE DESERTIFICAÇÃO EM BACIA HIDROGRÁFICA DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Nabor Galvão de Figueirêdo Neto¹
Maria Cristina dos Santos Pereira²
Gutemberg da Silva Silvino³
Saulo Cabral Gondim⁴
Maurício Javier De Leon⁵
Emanuela Gonçalves dos Santos⁶

¹Acadêmico em Agronomia, CCA/UFPB/ Campus II Areia, nabor.neto321@gmail.com

²Técnica Administrativa, UFPB/CCA/DSE/ Campus II Areia, mariacristina@yahoo.com.br

³ Professor Associado, UFPB/CCA/DSE/ Campus II Areia, guttembergs@gmail.com

⁴ Professor Associado, UFPB/CCA/DSE/ Campus II Areia, saulogondim@gmail.com

⁵ Professor Adjunto, UFPB/CCA/DSE/ Campus II Areia, mjleon@gmail.com

⁶Técnica Administrativa, UFPB/CCA Campus II Areia, manu.cravoecanela@gmail.com

Introdução

A desertificação é a degradação das terras em zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, como as do semiárido do Nordeste do Brasil, sendo decorrente da erosão, salinidade, deterioração das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SAMPAIO et al., 2005). No Brasil, esse fenômeno se restringe ao Semiárido Brasileiro, sendo que, as áreas susceptíveis à desertificação possuem 1.340.863 Km², englobando 1.488 municípios de nove estados da região nordeste, além de alguns municípios setentrionais de Minas Gerais e Espírito Santo (PEREZ-MARIN et al., 2012). Nessa região, segundo Sousa e Nascimento (2015), o cenário de degradação ambiental está associado a muitos fatores, entre eles as próprias condições climáticas, as formas tradicionais de uso e ocupação marcadas por um pastoreio extensivo, agricultura tradicional mal manejada e técnicas inadequadas de uso do solo.

O fenômeno de desertificação na região semiárida, quase sempre se inicia com o desmatamento e a substituição da vegetação nativa por outra cultivada, de porte e/ou ciclo de vida diferente, assim, a vegetação arbustiva e arbórea da caatinga, dominante no semiárido é substituída por pastos herbáceos ou culturas de ciclo curto, removendo a fertilidade natural, outras vezes, ocorre a salinização do solo em decorrência da irrigação com água salina (PEREZ-MARIN et al., 2012).

Diante desse cenário de suscetibilidade à degradação ambiental, econômica e social do semiárido brasileiro, foi criado em 2004, o Programa de Ação Nacional de Combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca (PAN-BRASIL), com o objetivo de combater diretamente à desertificação, combater a pobreza e a desigualdade, ampliar de forma sustentável a capacidade produtiva da região, e também preservar, conservar e promover o manejo sustentável dos recursos naturais. Vale salientar que, na região semiárida vivem aproximadamente 30 milhões de pessoas, cerca de 15% da população nacional. Esse número faz dessa área a região seca mais populosa do mundo, com precipitação média abaixo dos 800 milímetros, na qual, a irregularidade das chuvas é um obstáculo constante ao desenvolvimento de atividades agropecuárias, aliada a lacuna de sistemas eficientes para armazenamento de água, aumentam ainda mais as diferenças sociais (MARENCO, 2008).

Destaca-se, então, a necessidade de monitorar os processos de desertificação. Uma alternativa para esse planejamento ambiental é a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, em virtude das inter-relações entre geologia, geomorfologia, climatologia, hidrografia, pedologia, cobertura vegetal e ocupação da terra (SOUSA & NASCIMENTO, 2015).

Uma ferramenta que pode ser aproveitada para avaliar a desertificação no semiárido brasileiro é o sensoriamento remoto, visto que, a utilização do mesmo torna possível o conhecimento acerca das situações de usos do solo de forma prática, eficiente e econômica (VEIGA & REIS, 2011). Essa importância fica, ainda, mais evidente quando se verifica que, um dos quatro indicadores recomendados pela ONU para avaliar o problema é o índice de vegetação derivado de imagens de satélite (ACCIOLY et al., 2002).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é realizar a análise temporal do processo de desertificação na bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves, semiárido brasileiro, baseando-se no NDVI obtido através de imagens do satélite LANDSAT-5 (sensor TM).

Material e Métodos

Caracterização da Área de Estudo

A unidade de análise adotada na pesquisa é a sub-bacia hidrográfica do Açude Cachoeira dos Alves, localizado, no sertão paraibano no município de Itaporanga, PB (Figura1), com área de aproximadamente 199 ha, com capacidade de reserva hídrica de 10.611.196 m³ e localizada entre as latitudes 07° 17" 56,83" S e 07° 19" 19,65" S e longitudes 38° 13" 11,02" W e 38° 14" 32,60" W.

O clima da região é do tipo As tropical com verão seco (ALVARES et al., 2014). A predominância na área é de Luvisolo Hipocrômico em combinação com os Neossolos Litólicos Eutróficos, Neossolo Flúvico Eutrófico e Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico (PARAÍBA, 2006). O relevo predominante na bacia é o suave ondulado a ondulado, com declividade variando entre 3 e 20%, apresentando também, áreas com classificação de forte ondulado (20 a 45%), sendo este, em pequena proporção (GUIMARÃES et al., 2008). A vegetação predominante é a xerófila (PARAÍBA, 2006).

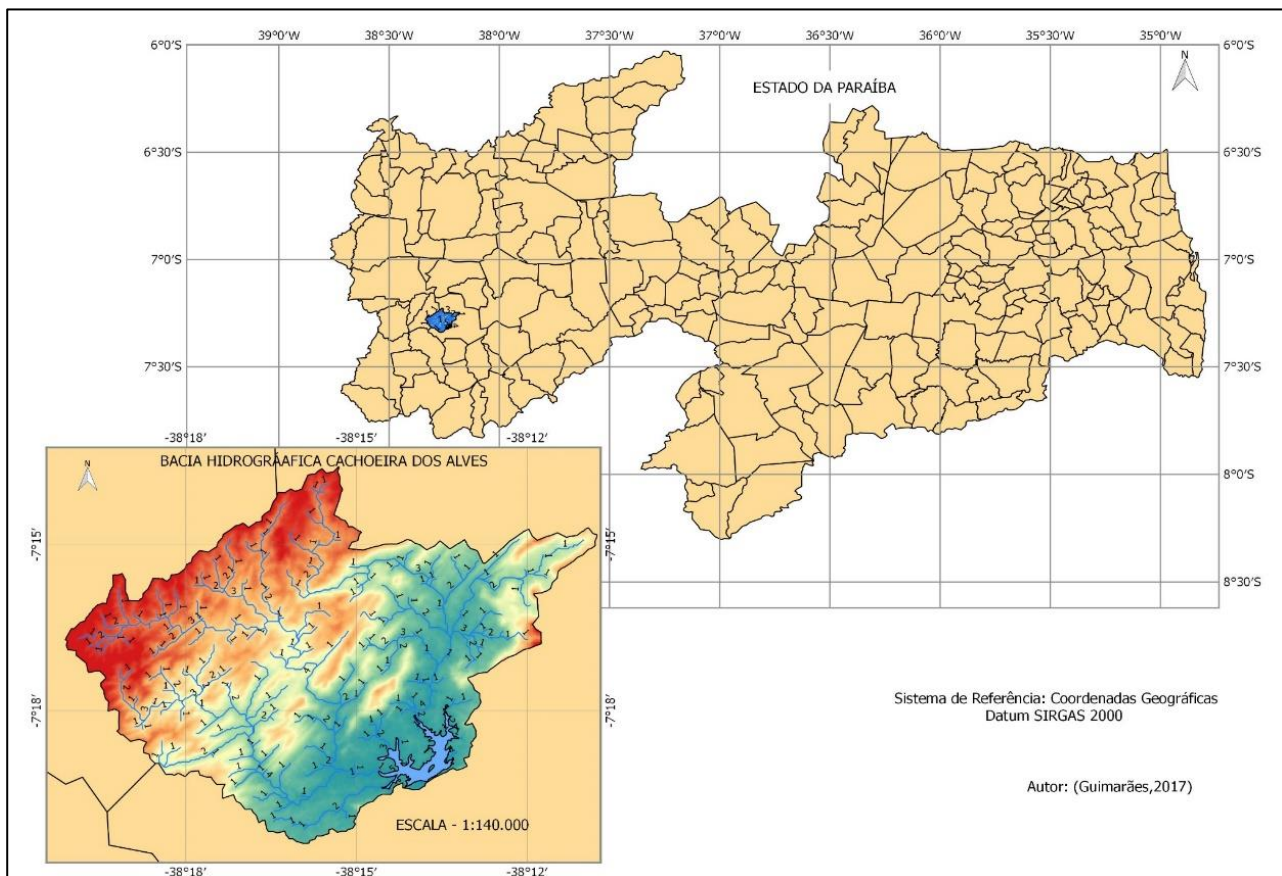


Figura 1: Localização geográfica da área de estudo.

Fonte: Adaptado de IBGE (2009); SRTM (2002).

O levantamento pluviométrico da região foi realizado no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) e do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET.

As imagens SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), com resolução de 30m, foram adquiridas no site do USGS (United States Geological Survey), seguido do tratamento das imagens, e obtenção do MDE. O trabalho foi realizado no laboratório de Topografia e Geoprocessamento – LabTGeo/CCA/UFPB, com auxílio do SIG QGIS, versão 2.16.1.

Aquisição das Imagens

As imagens do satélite Landsat-5 TM, referentes à área em estudo, foram adquiridas no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Foram selecionadas as imagens com menor cobertura de nuvens, sendo utilizada imagem do mês de agosto para os anos de 1996, 2006 e 2016, perfazendo um período temporal de 20 anos.

Pré-Processamento das Imagens

No pré-processamento foi realizada a correção geométrica, a conversão para valores de parâmetros físicos e a normalização radiométrica.

Processamento das Imagens

No processamento das imagens foi realizado o cálculo do NDVI foi obtido pela Equação 1.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \text{ (Eq.1)}$$

Onde: NIR = valor do pixel correspondente à banda TM-4, que corresponde à região do infravermelho próximo; R = valor do pixel correspondente à banda TM-3, que corresponde à região do vermelho.

Em seguida foi efetuado fatiamento e atribuição de classes a intervalos de NDVI, entre -1 a 1 (Figura 2), de acordo com Melo et al. (2011). O solo exposto ou com vegetação rala, é representado por valores positivos próximos de zero. A vegetação densa, bem desenvolvida apresenta os maiores valores de NDVI, próximos a 1 (POELKING et al., 2007).

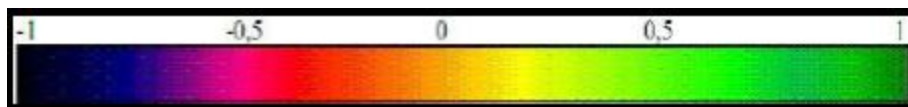


Figura 2. Valores da razão entre as bandas do Infravermelho e Vermelho (NDVI).

Fonte: Poelking et al. (2007).

Com esse intervalo, estabeleceu-se 4 classes representadas por vegetação densa, vegetação semidensa, vegetação rala e solo exposto, em seguida, foi realizada a confecção dos mapas de classes de uso e cobertura do solo e a análise temporal.

Resultados e Discussão

Através dos gráficos ombrotérmicos (Figura 3), observa-se que, nos meses que antecedem a data de aquisição da imagem (agosto de cada ano), a precipitação pluviométrica foi muito baixa, chegando a zero em junho, julho e agosto de 2016 para Itaporanga (Figura 1A) e São José de Caiana (Figura 1B). Torres (2013), utilizou imagens capturadas em julho de 2005 e 2008, para produzir mapas temáticos que retratem a evolução temporal da cobertura vegetal do município de Itaporanga, sendo constatado uma maior cobertura com vegetação em todo o município, no entanto, vale salientar que nesse período, a vegetação da caatinga ainda estava sob influência do período chuvoso, por isso que os resultados apontaram um menor percentual de solo exposto.

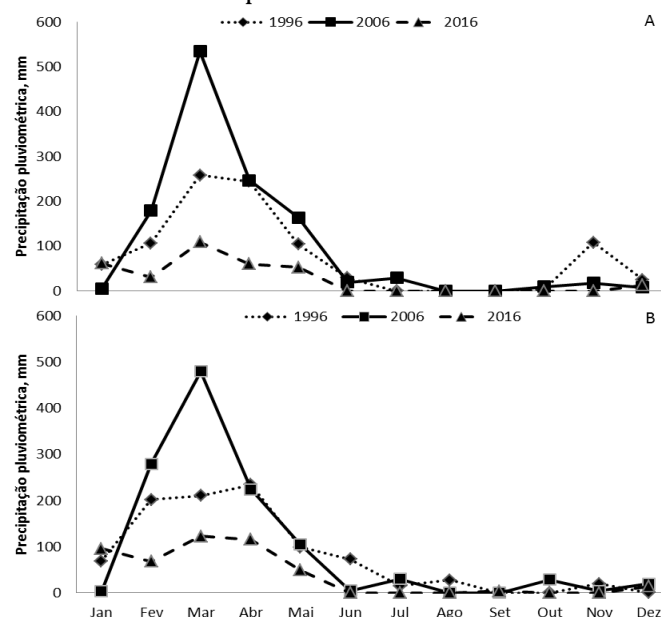


Figura 3. Gráfico ombrotérmico dos anos 1996, 2006 e 2016 para Itaporanga (A) e São José de Caiana.

Fonte: Adaptado de AESA (2017).

Considerando o resultado de Torres (2013), a aquisição das imagens no mês de agosto do presente trabalho, se adequa melhor as condições do semiárido brasileiro, pois de acordo com Nascimento et al. (2014) a análise das alterações da cobertura vegetal no semiárido tem que levar em consideração os efeitos das precipitações, visto que a caatinga tem uma resposta muito rápida à presença de umidade e há uma significativa mudança no seu aspecto em um curto período de tempo.

As alterações na cobertura vegetal da bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves, pode ser visualizada nas Figuras 4, 5 e 6 representam os mapas de uso e cobertura do solo da bacia com base no NDVI, para os anos, respectivamente, 1996, 2006 e 2016. Observa-se que a área vermelha se refere à classe solo exposto, a amarela corresponde à vegetação rala, a verde claro indica vegetação semidensa e o verde mais escuro a vegetação densa.

A nomenclatura adotada foi utilizada por Nascimento et al. (2014), mas não foi adotada por Aquino et al. (2012), que atribuiu uma nomenclatura diferente, assim, vegetação densa corresponde a caatinga arbórea; vegetação semidensa à caatinga arbustiva densa; vegetação rala à caatinga arbustiva aberta; e, na classe de solo exposto os autores agruparam agropecuária + solo exposto.

Outra forma para apresentação das classes de NDVI foi apresentada por Santos e Aquino (2015), eles associaram os intervalos de NDVI com a cobertura oferecida ao solo, sendo assim, obtiveram 6 classes: proteção alta ($0,8 < \text{NDVI} < 1,0$), proteção moderadamente alta ($0,6 < \text{NDVI} < 0,8$), proteção moderada ($0,4 < \text{NDVI} < 0,6$), proteção moderadamente baixa ($0,2 < \text{NDVI} < 0,4$), proteção baixa ($0 < \text{NDVI} < 0,21$) e solo exposto.

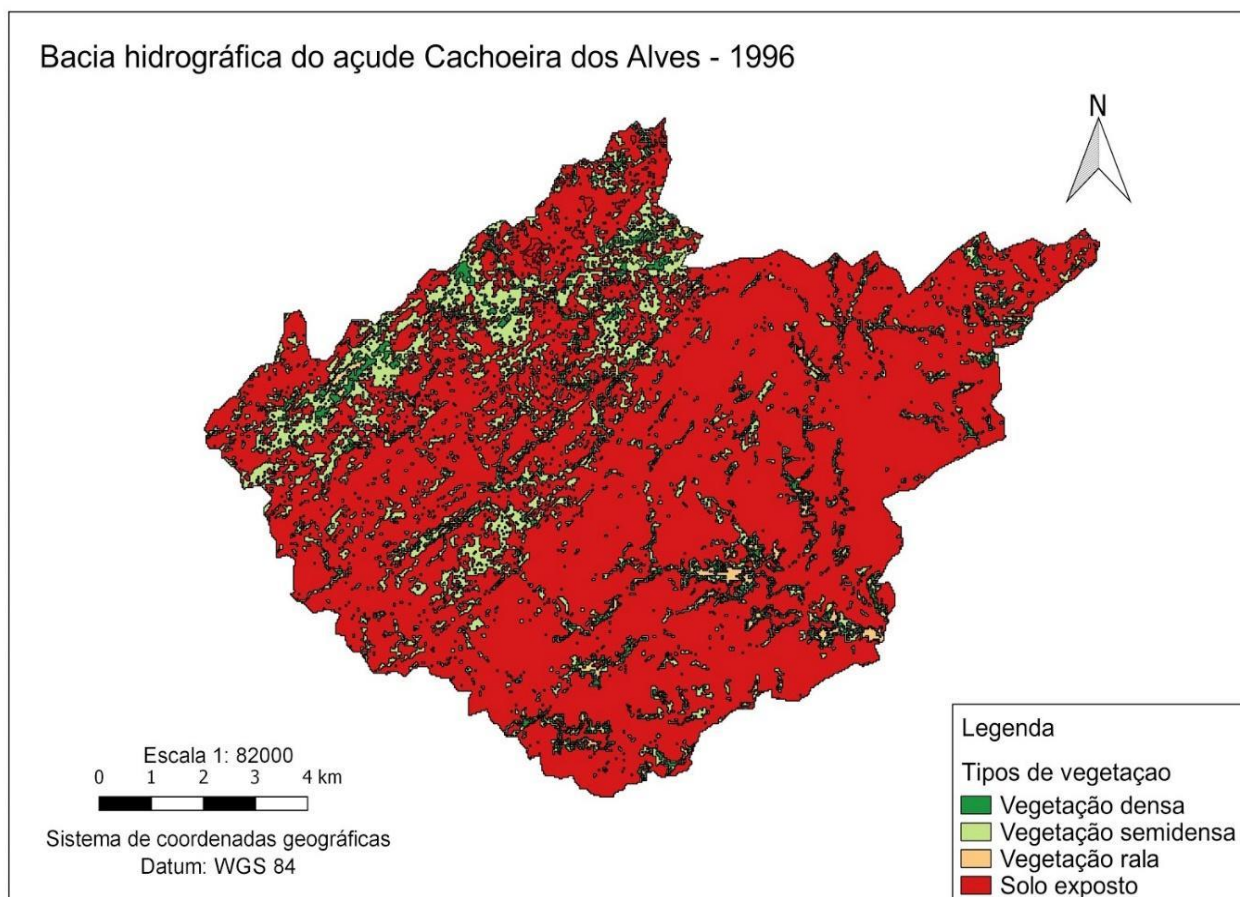


Figura 4. Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves em 1996.

De acordo com os dados obtidos de NDVI, dos três períodos analisados, perfazendo um total de 20 anos, observa-se a expansão do solo exposto em 30,75% na bacia hidrográfica, e conseqüentemente, uma maior vulnerabilidade ao processo de desertificação. Em 2016 (Figura 5), observa-se a menor cobertura com vegetação na área (2,75%), e o solo exposto ocupa 97,25% da área total. Já o ano de 1996 (Figura 3) apresenta os melhores índices de cobertura vegetal, em relação aos anos anteriores, com índices de solo exposto não perpassando os 66,5%. Esse aumento do solo exposto também foi verificado por Torres (2013) para o município de Itaporanga, que constatou um aumento de 3,01% para 10,61%,

em três anos. Vale salientar que sua pesquisa foi realizada no mês de julho, logo após o período chuvoso da região, mesmo assim, observou-se essa situação e conseqüentemente, uma maior suscetibilidade ao processo de erosão. Esses resultados para uma mesma região, em condições climáticas diferentes, sendo uma no final do período chuvoso (TORRES, 2013) e um no período seco denotam a fragilidade ambiental da bacia hidrográfica estudada ao processo de desertificação.

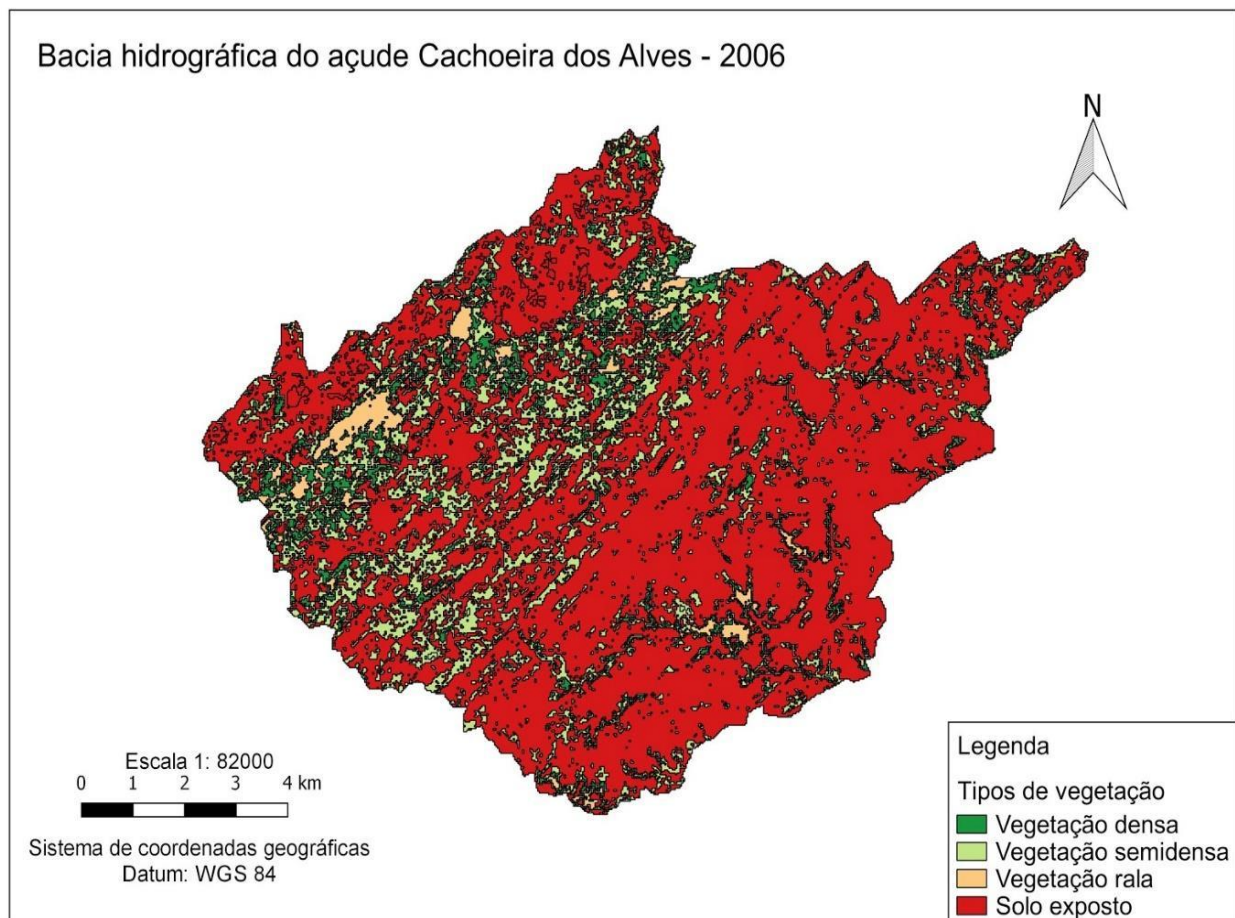


Figura 5. Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves em 2006.

Nos 20 anos analisados, observa-se que esse avanço das áreas de solo exposto pode estar relacionado às mudanças climáticas evidenciadas na região, uma vez que em dois períodos avaliados (2006 e 2016), a menor precipitação foi decorrente do *El Niño*. Haja vista que, o *El Niño* pode ocasionar alterações do comportamento climático que atingem o centro-sul brasileiro, o Nordeste, e também a região norte (MARCUIZZO & ROMERO, 2013).

O aumento do solo exposto também foi verificado por Viega e Reis (2011), no mapeamento da desertificação no sertão do São Francisco em Alagoas, aumentando de 624 km² em 1999 para 661 km² em 2008. Além do aumento das áreas de solo exposto, Nascimento et al. (2014) constataram uma diminuição da vegetação arbustiva arbórea em 1109,7 km², sendo essa área ocupada pela vegetação arbustiva semi-aberta e aberta, que conferem menor proteção do solo na sub-bacia do Alto Paraíba. Resultados semelhantes também foram encontrados por Almeida et al. (2014), verificando que para o ano de 2001 havia 2.330 Km² de áreas não vegetadas, e para o ano de 2010 a mesma classe apresentou o valor de 2.610 Km², aumentando 280 Km², o que significa crescimento nas áreas em processo de desertificação e degradação do solo na área semiárida do norte de Minas Gerais.

O processo de desertificação na região semiárida não está relacionado apenas com as condições climáticas, mas com o uso e o manejo inadequado dos solos são apontados como as principais causas de origem antrópica desse processo (GALINDO et al., 2008). Nesse sentido, Freire et al. (2005), consideram a diminuição da cobertura vegetal de caatinga e as áreas de solo exposto como indicadores de desertificação.

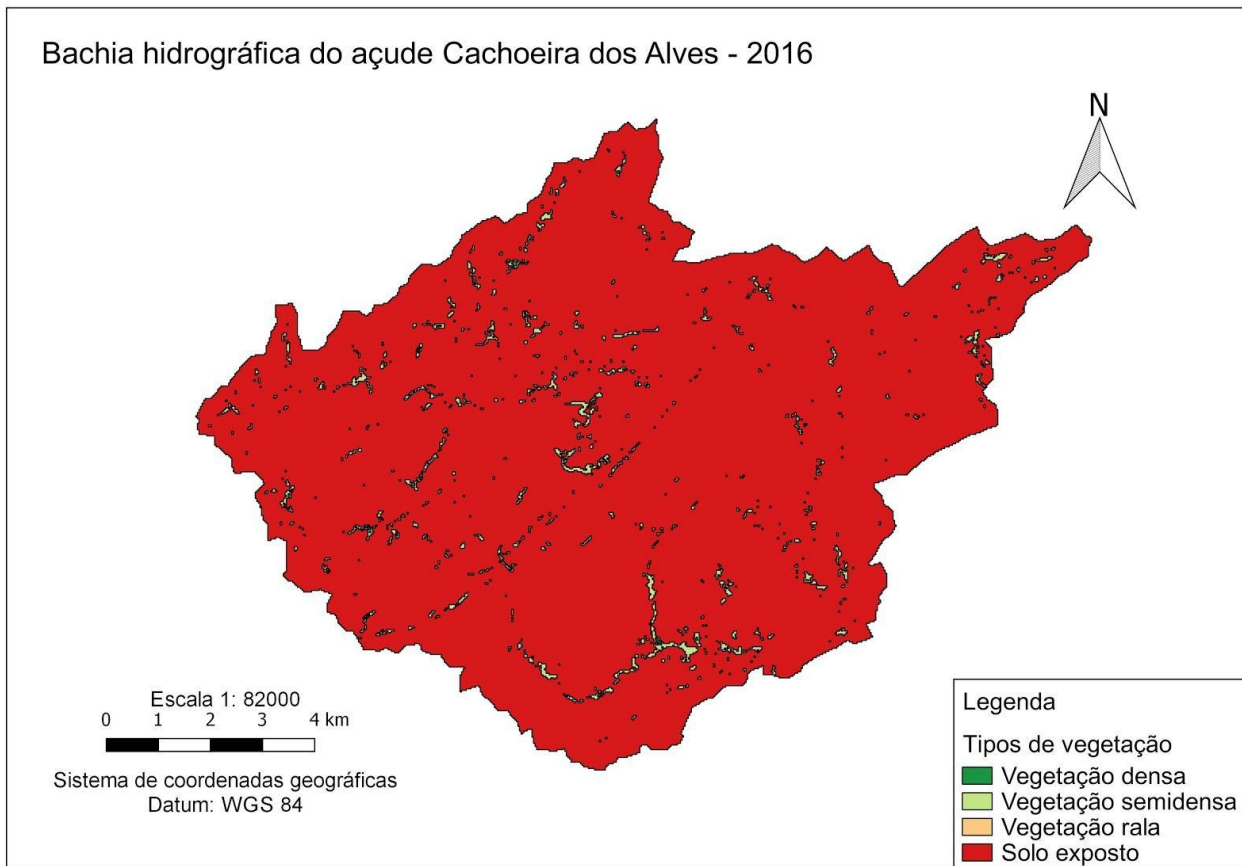


Figura 6. Mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do açude Cachoeira dos Alves em 2016.

A Figura 7 representa os valores quantitativos de cada classe vegetal em cada ano analisado (1996, 2006 e 2016), indicando o aumento das áreas de solo exposto. Mas além do aumento dessa classe de NDVI, observa-se também que, as poucas áreas cobertas por vegetação de caatinga foram diminuindo, conseqüentemente, nessas áreas o solo também ficou suscetível a formação de uma crosta superficial no período chuvoso, diminuindo as possibilidades de estabelecimento de cobertura vegetal, fenômeno esse decorrente do impacto direto das gotas de chuva (GALINDO et al., 2008).

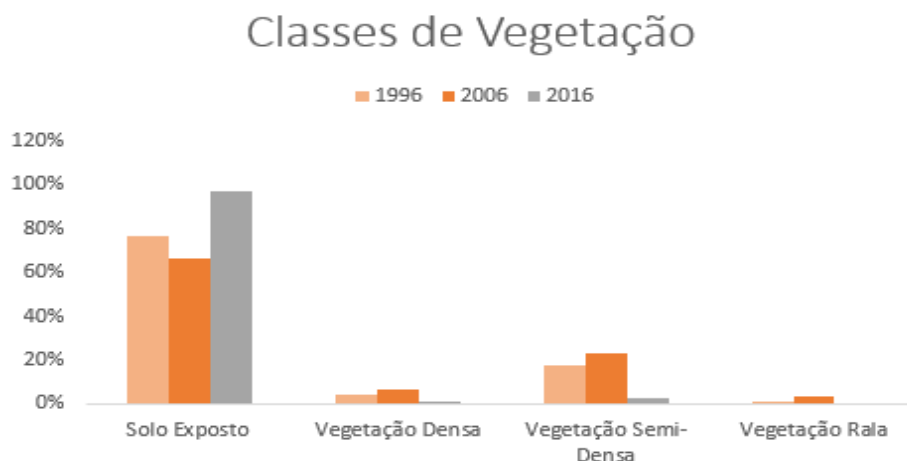


Figura 7. Classes de vegetação para cada ano em porcentagem.

Resultados obtidos por Nascimento et al. (2014), corroboram com esta pesquisa. Esses autores constataram que, as áreas com caatinga do tipo Arbustiva Aberta e Semi-aberta aumentaram em 15,4%, as áreas com solo exposto aumentaram em 0,8%, enquanto que as áreas com caatinga do tipo Arbustivo-arbórea foram reduzidas em 16,5%, durante um intervalo de 15 anos. Para esses autores o elevado

percentual de caatinga rala e solo exposto observado pode estar relacionado à maior pressão exercida sobre os recursos da caatinga, devido ao incentivo da atividade pecuarista, que teve um maior impulso a partir de 2000.

Conclusão

O período temporal de 20 anos evidenciou o aumento das áreas de solo exposto e, consequentemente, maior suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica.

A utilização das imagens LANDSAT5/TM foi eficiente na obtenção dos resultados esperados na produção do NDVI.

O sensoriamento remoto forneceu subsídios para as tomadas de decisão relacionadas ao planejamento e gestão ambiental, identificando-se de maneira eficiente e econômica núcleos suscetíveis ao processo de desertificação.

Referências Bibliográficas

- ACCIOLY, L. J. O.; PACHECO, A.; COSTA, T. C. C.; LOPES, O. F.; OLIVEIRA, M. A. J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/LANDSAT. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.3, p.492-498, 2002.
- ALMEIDA, J. B.; MOREIRA, A. A.; FERNANDES, F. H. S.; ALMEIDA, R. P.; NERY, C. V. M. O Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo da desertificação na região Semiárida do Norte de Minas Gerais. *Rev. Bras. Geom.*, v.2, n.2, p.31-39, 2014.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p.711-728, 2014.
- AQUINO, C. M. S. de; ALMEIDA, J. A. P. de; OLIVEIRA, J. G. B. de. Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no Núcleo de Degradação/Desertificação de São Raimundo Nonato-Piauí. *Ra'eGa*, v.25, p.252-278, 2012.
- FREIRE, N. C. F., PACHECO, A. P. Aspectos da detecção de áreas de risco à desertificação na região de Xingó. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia, 2005.
- GALINDO, I. C. de L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; LIMA, J. F. W. F.; FERREIRA, R.F.A.L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, v.32, n.3, p.1283-1296, 2008.
- GUIMARÃES, C. L.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, R. F. Uso de geotecnologias para análise da bacia hidrográfica do Açude cachoeira dos Alves, município de Itaporanga-PB. *Engenharia Ambiental*, v.5, n.1, p 065-076, 2008.
- MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. *Rev. Bras. Meteorol.*, v.28, n.4, p.429-440, 2013.
- MARENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. *Parcerias Estratégicas*, v.27, p.149-75, 2008.
- MELO, E. T.; SALES, M. C. L.; OLIVEIRA, J. G. B. Aplicação do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Riacho dos Cavalos, Crateús-CE. *RA'EGA*, v.23, p.520-533, 2011.
- NASCIMENTO, S. S.; LIMA, E. R. V.; LIMA, P. P. S. Uso do NDVI na análise temporal da degradação da caatinga na sub-bacia do Alto Paraíba. *Revista OKARA*, v.8, n.1, p.72-93, 2014.
- PARAÍBA. PDRH-PB - Plano Diretor de Recursos Hídricos da Paraíba. João Pessoa/PB: Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA)/Governo do Estado da Paraíba. 2006. Disponível em: http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2016/11/relatorioAtividades_2013.pdf. Acesso em: 03/12/2018.
- PEREZ-MARIN, A. M.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; TINOCO, L. B. M.; SALCEDO, I. H. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: Ocorrência natural ou antrópica? *Parcerias Estratégicas*, v.17, p.87-106, 2012.
- POELKING, E. L.; LAUERMANN, A.; DALMOLIN, R. S. D. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 12, 2007, Florianópolis. Anais...Florianópolis-SC, 2007. p.4145-4150.
- SANTOS, F. A.; AQUINO, C. M. S. Análise da dinâmica do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), dos aspectos econômicos e suas relações com a desertificação/degradação ambiental em Castelo do Piauí, Piauí, Brasil. *Revista Electrónica de Investigación e Desenvolvimento*, n.4, p.1-17, 2015.

- SOUSA, M. L. M.; NASCIMENTO, F. R. Estudos geoambientais de bacias hidrográficas em áreas suscetíveis à desertificação no Nordeste do Brasil. *Revista Colombiana de Geografía*, v.24, n.1, 2015.
- TORRES, S. E. L. G. Análise multitemporal e espacial do uso e ocupação do solo no Município de Itaporanga-PB. 70f. Monografia (Bacharelado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013.
- VEIGA, G. L.; REIS, R. S. O uso do NDVI no mapeamento da desertificação no Sertão do São Francisco em Alagoas. In: IWRA World Water Congress, 14, 2011, Ipojuca. Anais...Ipojuca, 2011.

USO DE SIG NO DIAGNÓSTICO DA OCUPAÇÃO IRREGULAR EM TRECHO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO PIRARARA, CACOAL-RO

Crislaine Viana Barros Jordão¹

Thauane Cintia Glanzel²

Talita Freitas Filgueira de Sá³

Lila Francisca de Oliveira Reis Matos⁴

Leonardo Rosa Andrade⁵

Vinissius Roberto Kwirant de Souza⁶

¹Engenheira Ambiental/UNESC-Faculdades Integradas de Cacoal; crislainejordao@gmail.com

²Engenheira Ambiental/UNESC- Faculdades Integradas de Cacoal; thauane.glanzel@hotmail.com

³Doutora em Agronomia (UFPB/CCA), Mestre em Manejo de Solo e Água (UFPB/CCA), Tecnóloga em Geoprocessamento (IFPB/João Pessoa), talitafsp@gmail.com

⁴Mestre em Educação (UFMT), Ciências Biológicas (UFMT), lila@unesnet.br

⁵Mestre em Engenharia Sanitária (UFRN), Engenheiro Ambiental (UNIR), leo.r.andrade@gmail.com

⁶Engenheiro Ambiental (PUCPR), vinissius_kwirant@hotmail.com

Introdução

A crescente degradação do meio ambiente, o uso não sustentável dos recursos naturais, as mudanças climáticas entre outros fatores, observa-se a dificuldade existente entre homem e natureza, que Teixeira (2006) revela ser um grande desafio para conciliar o desenvolvimento econômico-social com a proteção e a preservação ambiental, de forma a não inviabilizar a qualidade de vida das futuras gerações.

A ausência de uma estrutura administrativa eficaz, bem como um processo de fiscalização, permite a ocupação das margens de rios e lagoas por loteamentos clandestinos ou irregulares, em áreas urbanas (VARGAS, 2008). O autor cita que, o maior alvo desse processo são as áreas de preservação permanente que sofrem ameaça de esgotamento de seus recursos hídricos; o que, do ponto de vista social, representa um grave conflito socioambiental, pois contrapõe questões como a preservação do ambiente e a exploração econômica da propriedade privada e o direito à moradia.

Quando serviços essenciais para a população, como o abastecimento de água potável e eliminação de efluentes são colocados em questão, a preservação ambiental nas cidades é analisada, e reforçada, com mais cautela; uma vez que, em áreas de preservação permanente, as matas ciliares constituem a cobertura vegetal defensora dos cursos hídricos, assegurando uma melhor qualidade de água. Ademais, devido ao fato de que essa forma de cobertura vegetal contribuir para com o não surgimento de processos de erosão ou quaisquer outras problemáticas relativas ao solo; tornou-se de fundamental importância a criação de grupos que objetivam sua preservação, a fim de que, não se tornassem escassos os recursos hídricos e surgissem colapsos sociais (ARAÚJO, 2002).

As políticas públicas atuais garantem a proteção e a preservação do meio ambiente; vistos como de suma importância para a organização das relações entre os espaços naturais e sociais. Em decorrência disso, o Novo Código Florestal Brasileiro, instaurado em 25 de maio de 2012, surgiu como uma alternativa cujas determinações representam um importante arcabouço para que o Poder Público possa, de fato, coibir a ocupação de áreas de preservação permanente (SANTOS et al., 2013).

De acordo com a Lei 12.651, de 2012, área de Preservação Permanente (APP) é um espaço que deve ser protegido, coberto, ou não, por vegetação nativa, com o objetivo ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, bem como facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (2011), quando APP's são protegidas, o nível de ocorrência de desastres referentes ao uso e ocupação inadequada do solo, tais como enchentes, poluição de águas, assoreamento de rios, são menores. A conservação dessas áreas garante a prevenção em relação à ocorrência de inundações em trechos urbanos, a oferta de melhor qualidade de água para a população; além de servir como área verde equilibrada e refúgio para a fauna e a flora nativa, evitando desequilíbrios climáticos e o aumento de doenças para a população vive próxima ao perímetro de sua área.

A delimitação destas áreas de preservação é prevista pela Lei nº 12.651, em seu Capítulo II, Seção I, Art. 4º, como:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - As faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727 de 2012).

a) 30 metros, para os cursos d’água de menos de 10 metros de largura;

b) 50 metros, para os cursos d’água que tenham de 10 a 50 metros de largura;

c) 100 metros, para os cursos d’água que tenham de 50 a 200 metros de largura;

d) 200 metros, para os cursos d’água que tenham de 200 a 600 metros de largura;

e) 500 metros, para os cursos d’água que tenham largura superior a 600 metros;

II - As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d’água com até 20 hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 metros;

b) 30 metros, em zonas urbanas”.

Quando tratamos de rios da região norte, devemos lembrar que, muitos possuem grande porte e são utilizados como hidrovias, e os de médio e grande porte, historicamente deram apoio ao povoamento, que segundo Sousa et al. (2012), é a partir dos rios que os processos de ocupação desordenados se iniciam, bem como o uso indiscriminado dos maciços florestais. Com a crescente demanda populacional, o mapeamento para o estudo e controle do uso dos recursos naturais se torna necessário, neste caso, se torna de suma importância o auxílio da ferramenta do geoprocessamento, como Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

De acordo com Ferreira (2006), o SIG é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos, possuindo a capacidade de armazenar tanto os atributos descritivos como as geometrias dos diferentes tipos de dados geográficos. Pode-se integrar dados de diversas fontes distintas como imagens de satélite, mapas, dados coletados por receptores GPS, dados obtidos através de dispositivos, e etc.

Sendo essa integração capaz de gerar informações mais elaboradas para uma adequada tomada de decisão. Além disso, podem-se gerar mapas digitais resultantes da combinação desses demais dados. Facilitando a visualização e a interpretação do resultado (FERREIRA, 2006).

Os softwares de SIG baseiam-se um ciclo também denominado pelo mesmo nome: Sistema de Informação Geográfica. Inicialmente observa-se o campo (a vida real/objeto/alvo), mapeia-se através de técnicas de coleta de dados, tabula-se estes dados nos softwares de SIG para obter conseqüentemente a análise da área e a tomada de decisão.

Dada à relevância das áreas de preservação permanente, este trabalho objetiva analisar trecho urbano de APP's do rio Pirarara no município de Cacoal-RO, através de software de SIG, identificando ocorrências problemáticas e relacionando-as às suas causas e conseqüências e observar se o SIG é capaz de monitorar áreas de APP.

Material e Métodos

O estudo foi realizado no município de Cacoal, Estado de Rondônia, localizado na longitude 61º 26' 50" Oeste e uma latitude 11º 26' 19" Sul, à Centro-Leste do Estado de Rondônia, inserida na Amazônia Legal Brasileira (Figura 1). Possui uma população de 88.507 habitantes e uma área de 3.794,498 km², ocupando 1,6% do Estado (IBGE, 2016).

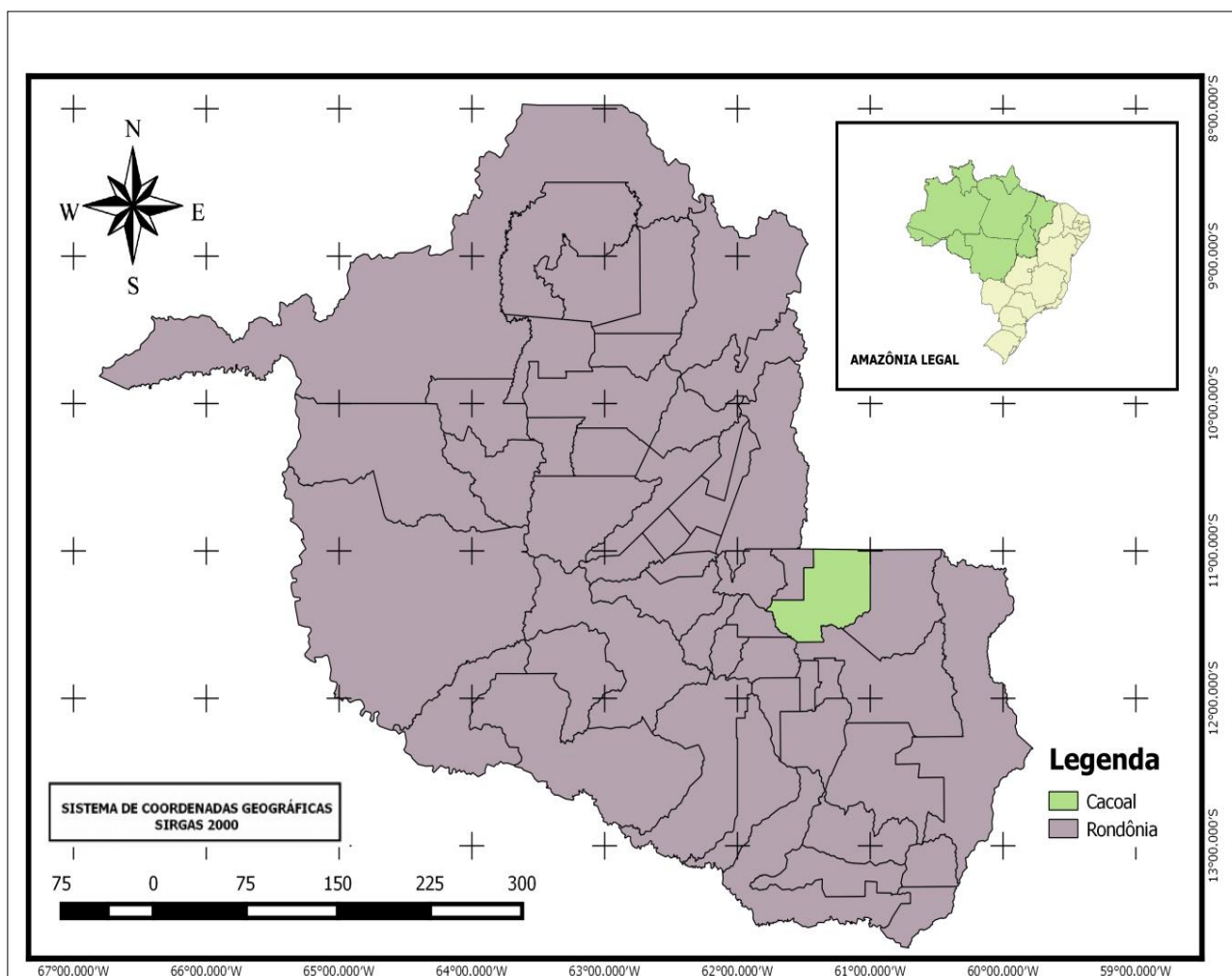


Figura 1. Mapa de localização de Cacoal-RO.

O clima da região, segundo Köppen, do tipo AM (Clima tropical úmido ou subúmido), corresponde às florestas tropicais com chuvas do tipo monção. Caracteriza-se por elevadas precipitações cujo total compensa a estação seca, permitindo a existência de floresta. Esse tipo climático domina toda a área, onde a temperatura média fica em torno de 24°C, com variações de 19 a 36°C, raramente sendo inferior a 17°C ou superior a 39°C. Variações de precipitações anuais entre 1.750 e 2.750mm. Umidade relativa em torno de 80 e 85% (WEATHER SPARK, 2017).

É uma característica das cidades de Rondônia a presença de rios nas áreas urbanas pela importância do recurso natural água para o desenvolvimento das cidades (IBGE, 2016), em Cacoal o Rio Pirarara corta um trecho importante da cidade (Figura 2), e insere-se na microbacia do Pirarara (Figura 3).

A área de estudo compreende um trecho urbano do rio Pirarara, que percorre uma área central do município, afluente da margem direita do rio Machado e sua bacia hidrográfica corresponde a uma área de 123,80 km², abrangendo o ambiente rural e urbano, segundo Almeida (2016). Trata-se de uma área que gradativamente vem sendo alterada e atualmente, é palco de problemas ambientais, dado à ocorrência de focos de poluição e de ocupações irregulares em sua APP.



Figura 2. Influência do Pirarara na área urbana da cidade.

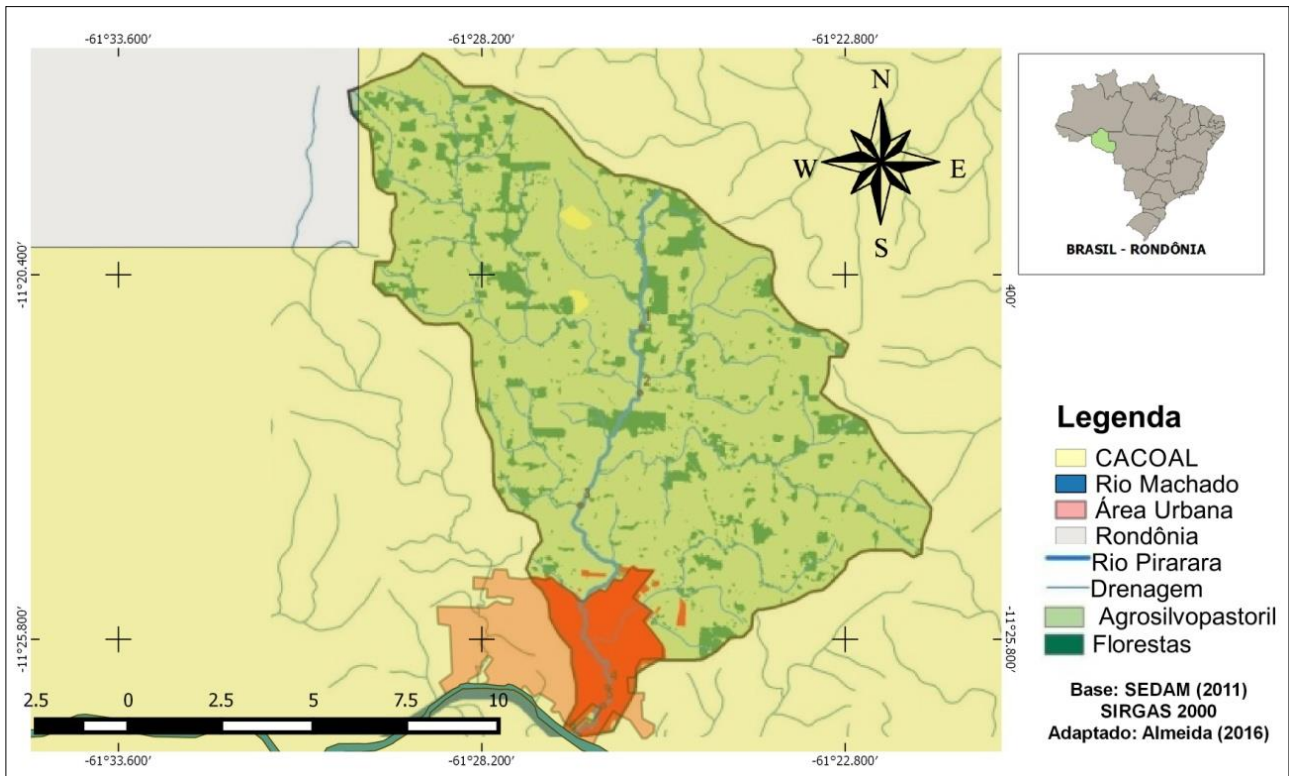


Figura 3. Mapa de localização da microbacia do Pirarara.

A coleta de dados na área de estudo (Figura 4) em campo foi desenvolvida em duas atividades: mensurações através de receptor-GPS e aplicação de questionário socioambiental. Foi utilizado receptor de navegação GPS Garmin GPSMAP 64 e dados primários tratados em software livre Track Maker. Com o receptor-GPS e outras técnicas topográficas foi mensurado a largura do rio em período de cheia e seca, para definir conforme código florestal a métrica de mata ciliar exigida.



Figura 4. Mapa da área de estudo.

Após foi aplicado questionário socioambiental aos moradores locais em treze residências. No questionário, foram abordadas questões como saneamento básico, buscando saber o conhecimento que a população tem sobre esse tema, e se sistemas e modelos públicos do município promovem o abastecimento de água, esgoto sanitário e destinação correta do lixo para essa região, bem como acerca da qualidade de vida por meio da aplicação de questionário descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Questões avaliadas com os moradores de áreas de APP

| Nº | Questões |
|----|--|
| 1 | Quantos membros da sua família moram com você? |
| 2 | Qual seu grau de escolaridade? |
| 3 | Você trabalha atualmente? |
| 4 | A casa onde você mora é alugada ou própria? |
| 5 | Marque as características estruturais que melhor descrevem a sua casa. |
| 6 | Qual destinação do seu óleo de cozinha? |
| 7 | Quantas vezes o caminhão de lixo passa na sua rua? |
| 8 | Já teve algum caso de dengue no seu bairro? |
| 9 | Já teve algum caso de leptospirose no seu bairro? |
| 10 | Existe presença de vetores próxima a sua casa? |

Para a tabulação e tratamento dos dados utilizou-se o software de SIG QGIS 2.10.1-PISA e como base utilizou-se carta imagem disponibilizada pela prefeitura de Cacoal. Os dados deste questionário foram utilizados em forma de banco de dados no SIG (Figura 5), o qual cada poligonal, que representa a área utilizada por um morador dentro da APP, possuiu informações de acordo com as respostas. A delimitação da APP foi gerada através de *buffer*, ao redor do trecho do rio em estudo.

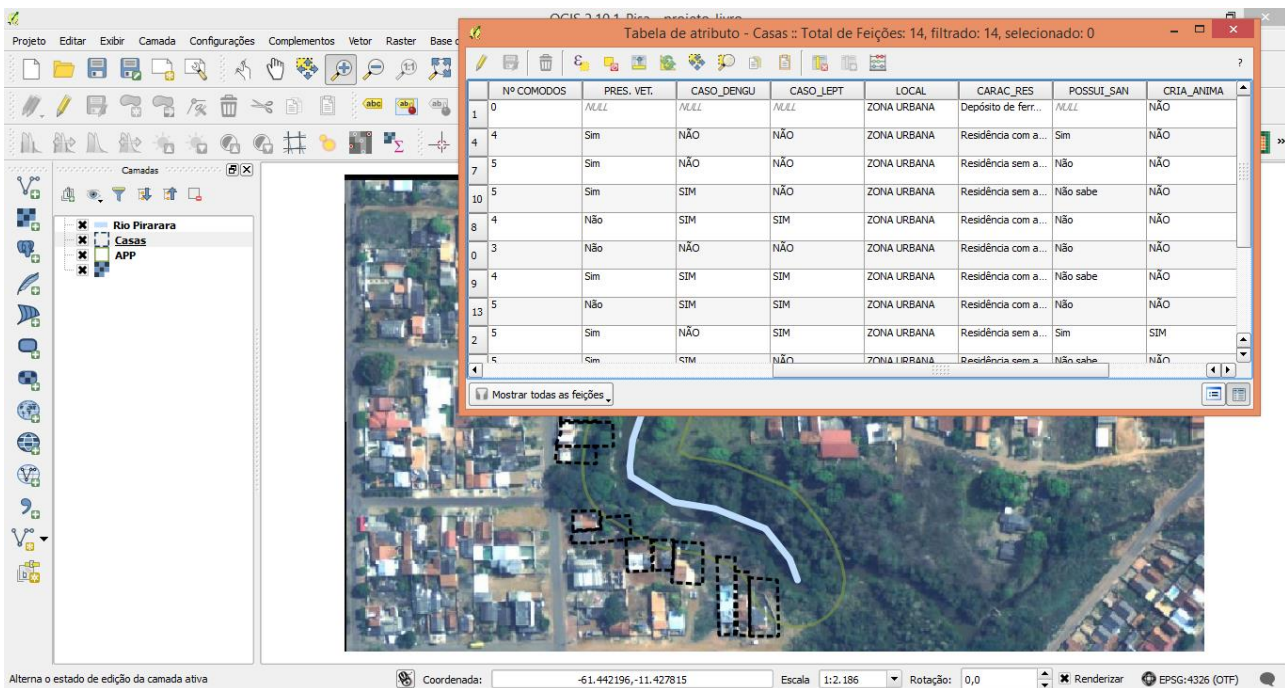


Figura 5. Banco de dados do projeto.

A última etapa foi análise do trecho conforme legislação e da verificação do SIG como ferramenta de apoio a análise espacial da APP.

Resultados e Discussão

Na visita em campo da APP observou-se as atividades antrópicas que estavam sendo realizadas em torno do leito do rio Pirarara, como a criação de animais, depósitos de suas fezes, resto de lixo orgânico, entulhos decorrentes de construções para novas residências irregulares e a existência de um depósito de ferro velho. Parte de terrenos dos moradores invadem a APP com cercas, resíduos sólidos, encanamento indevido e esgoto doméstico despejado diretamente no curso, ocorrências. A ocorrência desta interferência danosa a natureza fere a lei que Oliveira et al. (2011) elucida a importância de se preservar não apenas o recurso hídrico, mas também a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora e também o bem-estar humano.

De uma área total de APP de 24.970 m², apenas 43% de fato possui fauna e flora preservadas, tais como indica a legislação vigente, sendo este valor referente a 10.737,10 m². Com 57% de área com interferência antrópica, sendo esta com 14.232,90 m² (Figura 6).

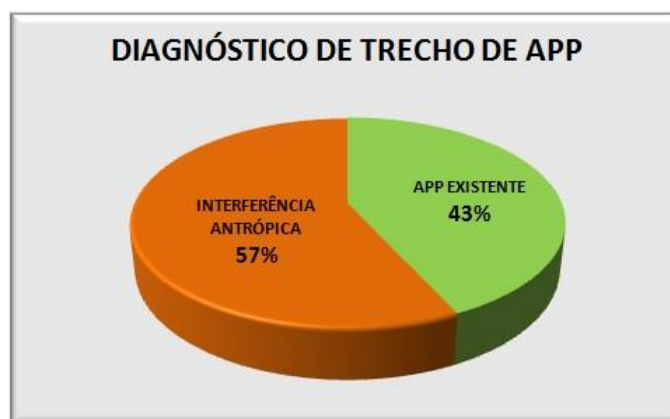


Figura 6. Diagnóstico de APP.

Na área em estudo observa-se que há presença de imóveis (Figura 7) e maior parte deles, possui documentação na prefeitura, sendo assim ferindo leis ambientais, que de acordo com a resolução do CONAMA 303/2002, que define a área mínima de preservação permanente para os cursos d'água com

menos de dez metros de largura, a área de APP deve ser no mínimo trinta metros de largura, sendo que o uso do solo não é exclusivamente de mata, havendo ainda pontes e ruas.

As matas ciliares desempenham funções de conexão entre fragmentos florestais remanescentes e preservação das funcionalidades ecológicas e hidrológicas do ambiente (FERNÁNDES et al., 2014). Além da mata ciliar, também tem sua função o solo, que Vaeza et al. (2010), cita que, o solo dispõe proteção contra impacto direto das gotas de chuva, diminuindo velocidade de escoamento superficial e favorecendo a infiltração de água no solo.



Figura 7. Imóveis na área de preservação permanente.

Em pesquisas recentes, Almeida (2016) conclui que, apesar das ações antrópicas no rio Pirarara, ainda se encontrava em bom estado, ou seja, passível de ser recuperado. Ações ambientais necessitam ser tomadas, no entanto vê-se a expansão urbana no trecho em estudo, que na Figura 8, observa-se o mapa das moradias cuja composição indica que a maioria (57,14%) são de imóveis declarados como próprio, seguido pelos alugados (35,71%), e apenas um sendo terreno baldio (7,14%).

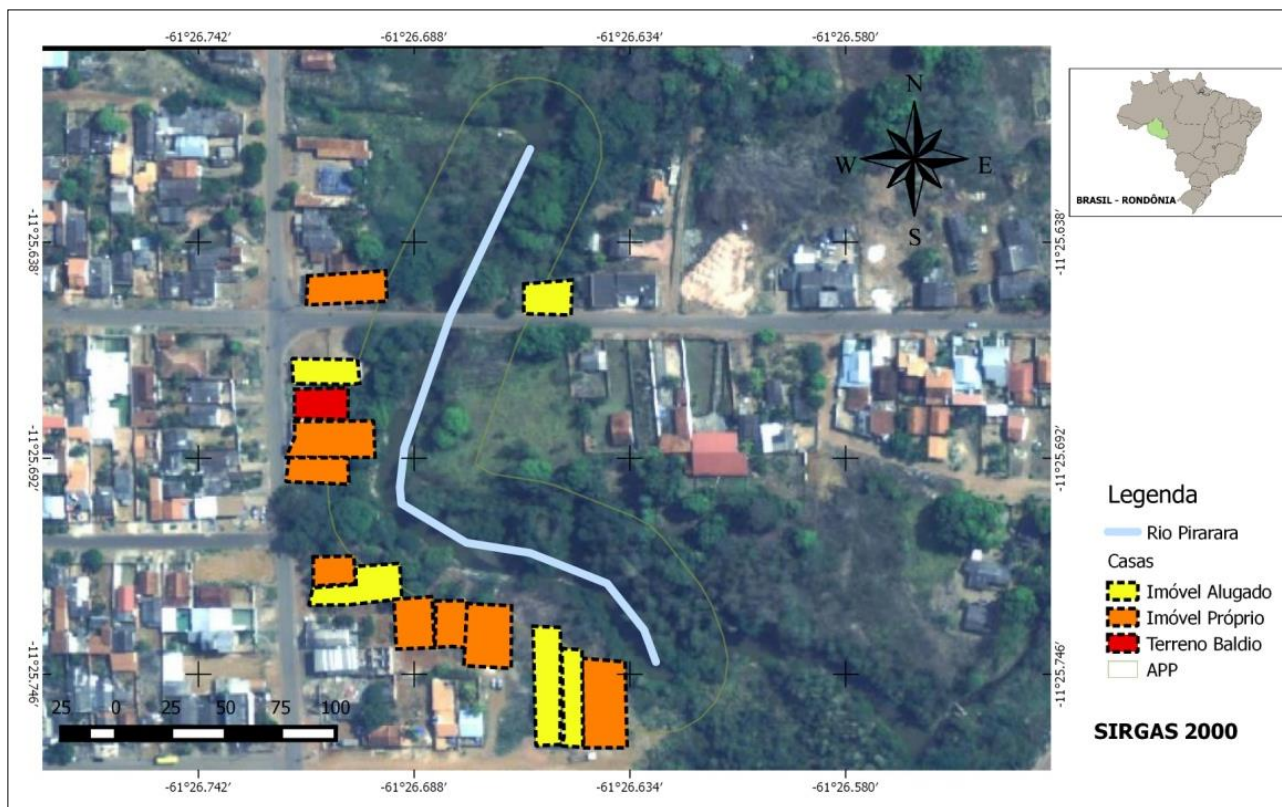


Figura 8. Moradias no trecho de APP.

Observa-se que esta ocupação desordenada das margens do rio Pirarara, ocorre devido à falta de fiscalização do município. Carvalho (2011), relata a necessidade de uma legislação específica para as áreas urbanas, e que há um conflito entre a atual e antiga legislação ambiental reguladora das APP's voltada ao espaço urbano. A resolução CONAMA 303, de 20 de março de 2002, define que os parâmetros e limites estipulados das APP's não foram baseados acerca de uma realidade urbana, este fato tem causado algumas pendências legais conflituosas entre os órgãos ambientais e empreendedores urbanos, públicos e privados, induzindo para as ocupações irregulares, a criação de uma lei específica voltada para a regulação das APP's no espaço urbano, na qual se torna uma alternativa viável para a fim de tentar solucionar alguns problemas ambientais.

No Rio Pirarara, Almeida (2016) observou que, essas atividades causam impactos como a contaminação da água do rio por lançamentos de seus resíduos domésticos, provocando efeitos adversos ao ambiente. Durante as entrevistas, os moradores culpavam exclusivamente o lavador de carros, que fica próximo, pela contaminação da água do rio; no entanto em resposta aos questionários fica provado que seus resíduos também eram lançados no rio. Durante o questionário foi perguntado sobre o modo de descarte do óleo de cozinha (Figura 9) e observou-se que 46,15% descartam em seus quintais óleo de cozinha, que 23,07% despejam na pia da cozinha, e 23,07% reutilizam-no para outros fins como produção de sabão. Apenas o proprietário do lavador (número 1), corresponde a 7,69%, informou que o estabelecimento possui caixa separadora.

Independente de qual seja o tipo de resíduo, e com o descarte em APP, observa-se que fere a funções ambientais, que para Borges et al. (2011), é neste local que ocorre a regularização dos corpos d'água, retenção de sedimentos, conservação do solo, recarga do lençol freático entre outros.

Além da APP sofrer com este descarte direto, sendo o exemplo de óleo um entre tantos objetos descartados na água; a ausência completa ou parcial de mata ciliar torna o rio ainda mais suscetível, que Reis et al. (2012) trata a vegetação nativa como ferramenta a garantir a proteção (física e química) dessas fontes de água, além da integridade ecológica das áreas úmidas.

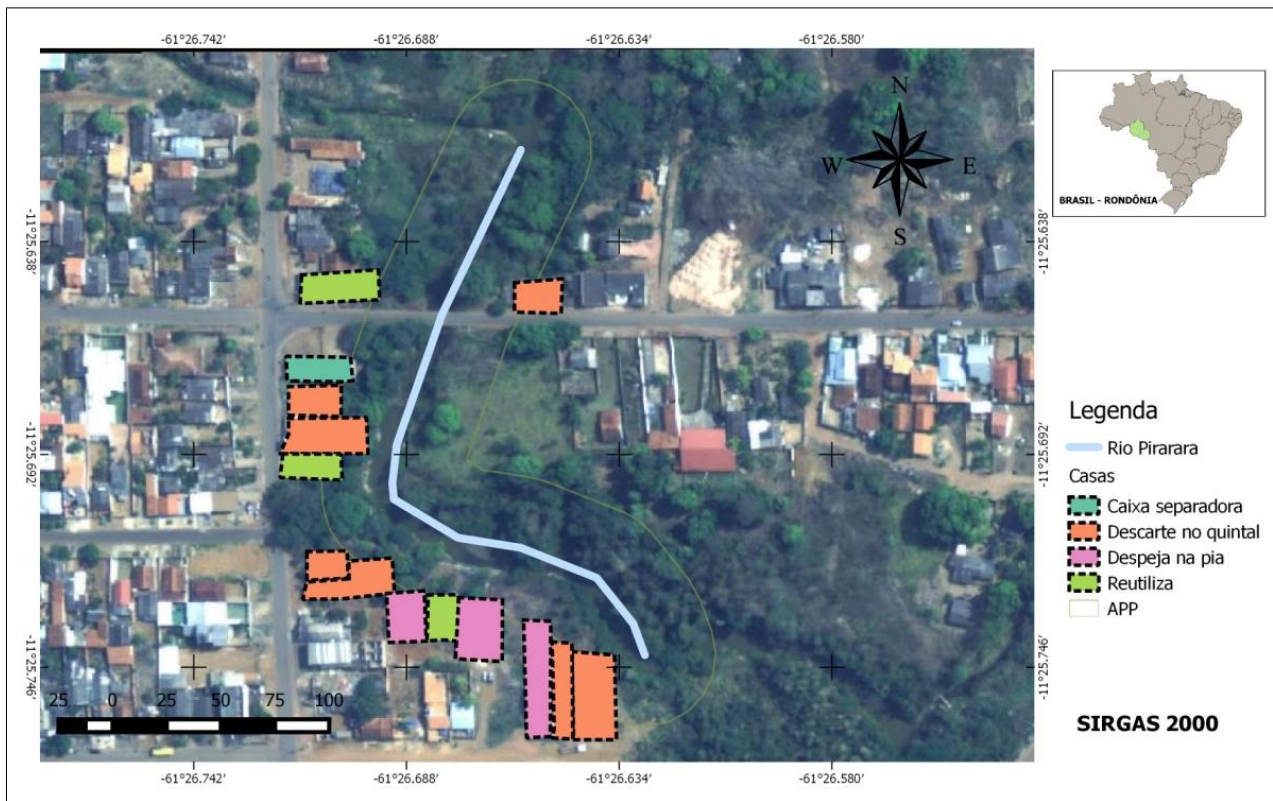


Figura 9. Destinação do óleo de cozinha nas moradias no trecho de APP.

Uma problemática de construção nessas áreas é o fato de acesso de equipamentos públicos e saneamento básico, que nesta pesquisa (Figura 10) 38,43% dos moradores não tem acesso a saneamento básico, 30,76% não sabem se possuem, e apenas 30,76% têm acesso a esse serviço público.

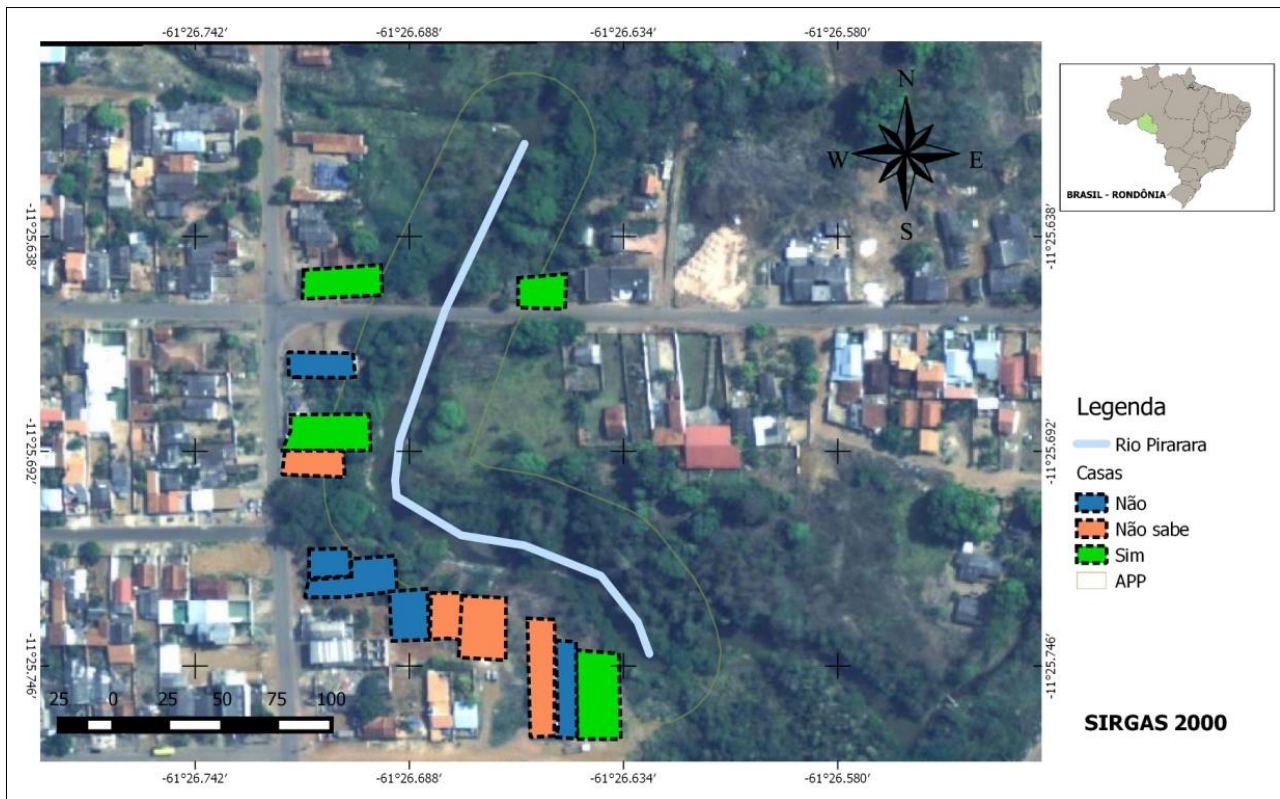


Figura 10. Saneamento básico no trecho de APP.

Segundo Ribeiro e Rooke (2010), o saneamento básico, é um fator indispensável de proteção a qualidade de vida, no que se diz respeito à prevenção de doenças ao ser humano. A disposição inadequada dos resíduos sólidos pode ser inócuo de transmissão de doenças, através de vetores, como fator indireto, o lixo, fonte de alimento, abrigo e condições adequadas para sua proliferação.

Para serem adequadas, tais políticas deveriam de acordo com Carvalho (2011), realizar a retirada da população residente à beira do rio Pirarara, uma medida que deve ser realizada pela prefeitura do município, onde esses moradores deverão receber uma casa fornecida pelo poder público municipal, como parte de um acordo para desocupação da APP. Após a aprovação, deve ser implantado um projeto de recuperação da vegetação nativa, de modo à recuperação desta área e do curso hídrico.

Nas entrevistas com os moradores obteve-se com 38,46% que não foram acometidos por doenças e 61,53% que foram acometidos por alguma doença (Figura 11).

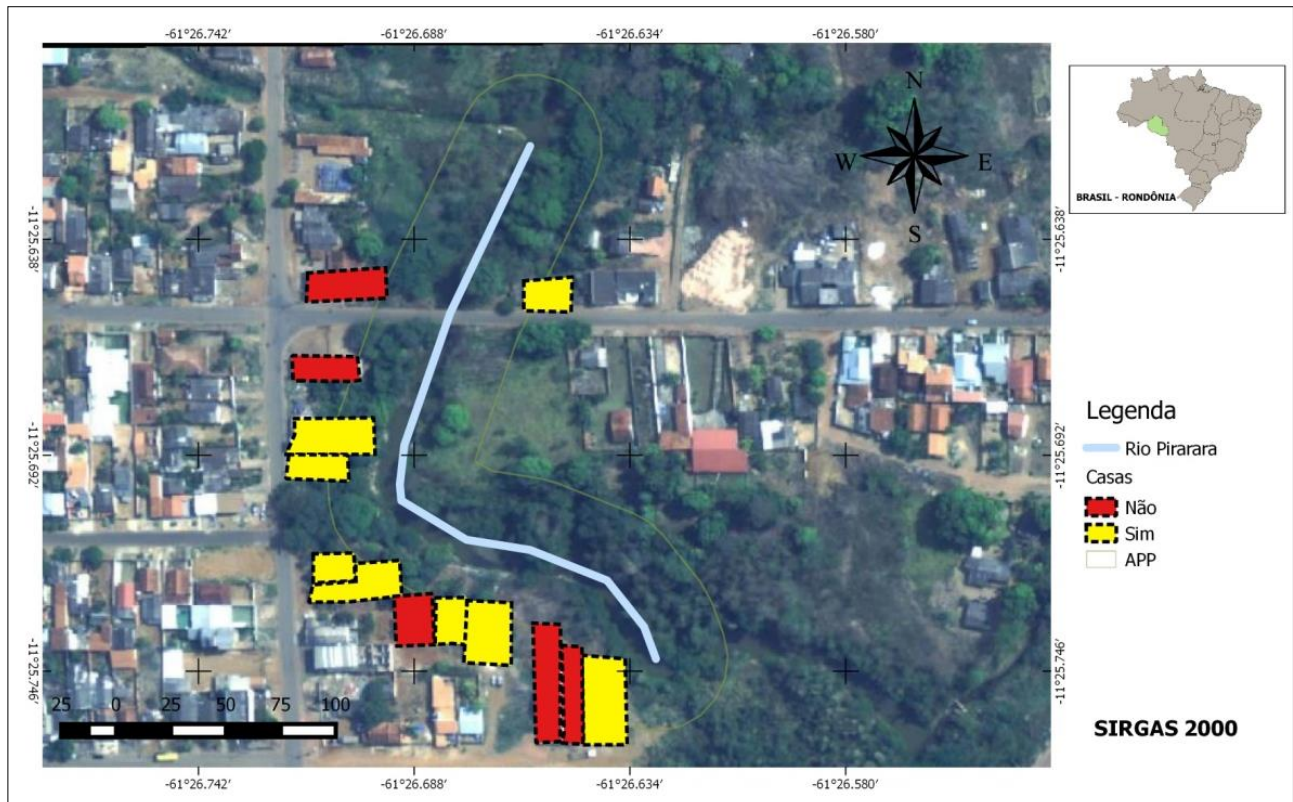


Figura 11. Presença de vetores no trecho de APP.

A presença dos vetores causadores de doenças na área de abrangência da APP é consequência de um meio ambiente desequilibrado, algumas doenças foram destacadas como a Leptospirose, cólera, disenteria, febre amarela, dengue, febre tifoide e que são transmitidos por vetores como: ratos, moscas, mosquitos e baratas. Segundo Lazzareti (2012), a falta de saneamento básico, além de trazer malefícios a saúde humana, também eleva os gastos voltados a tratamento médico para as vítimas contaminadas por falta de abastecimento de água adequado, sistema de tratamento de esgoto e coleta do lixo. O investimento público em ações de saneamento básico à população reduziria gastos em consultas, internações hospitalares, medicamentos, sem contar a qualidade de vida da sociedade.

Conclusão

No trecho de Área de Preservação Permanente estudada, verifica-se a necessidade de recomposição de floresta. Notou-se a necessidade de implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, no município que buscaria meios mitigatórios nos processos de gestão e qualidade da água, pois o maior fator que implica o rio Pirarara são os usos da terra em locais protegidos pela lei que, no entanto, entram em desacordo com as políticas públicas atuais.

Através da ferramenta SIG foi possível visualizar as áreas que não estão de acordo com a legislação vigente, e também foi possível realizar medições, criando um banco de dados dos locais que necessitam de melhorias, otimizando o trabalho.

O software de SIG Qgis 2.10. Pisa foi considerado como uma ferramenta de interface gráfica amigável, com ícones de simples compreensão; e através de suas ferramentas de banco de dados e mensurações, facilitou a identificação da APP.

O Sistema de Informação Geográfica (SIG) permitiu analisar espacialmente o processo de redução das áreas verdes, decorrentes das alterações no uso e ocupação do solo.

Referências

- ALMEIDA, J. R. Urbanização em área de risco: diagnóstico dos impactos socioambientais do rio Pirara no município de Cacoal Rondônia. Revista Presença Geográfica. Porto Velho, v.3, n.2, p.25-44, 2016.
- ARAÚJO, S. M. V. G. As áreas de preservação permanente e a questão urbana. Câmara dos Deputados, 2002. Disponível em: <http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/1083/preservacao_ambiental_vaz.pdf?sequence=1>. Acesso em: 17 ago. de 2017.
- BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; JÚNIOR, L. M. C.; BARROS, D. A. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. Ciência Rural, v.41, n.7, p.1202-1210, 2011.
- BRASIL. LEI Nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm>. Acesso em: 19 de set. de 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Área de Preservação Permanente e Unidades de Conservação x Área de Risco: o que uma coisa tem a ver com a outra? Brasília, 2011. 96p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_publicacao/202_publicacao01082011112029.pdf>. Acesso em: 20 de set. de 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 303, de 20/03/2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 28 de nov. de 2017.
- CARVALHO, M. M. Microbacias urbanas, urbanização e áreas de preservação permanente: o caso do córrego Gunitá, Cuiabá-MT. 70f. Monografia. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso Campus Cuiabá. 2011.
- FERNÁNDEZ, D.; BARQUÍN, J.; CABRIA, M. A.; PEÑAS, F. J. Land-use coverage as an indicator of riparian quality. Ecological Indicators, v.41, p.165-174, 2014.
- FERREIRA, N. C. Apostila de Sistemas de Informações Geográficas. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás – Sistema de Informação Geográfica. Goiânia, 2006. 113p. Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1414/apostila_sig.pdf>. Acesso em: 16 de set. de 2017.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2016. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidades>>. Acesso em: 20 de ago. 2017.
- LAZZARETTI, L. Saneamento básico e sua influência sobre a saúde da população. 19f. Monografia (Especialização). Curso de Gestão em Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.
- OLIVEIRA, L. C.; PEREIRA, R.; VIEIRA, J. R. G. Análise da degradação ambiental da mata ciliar em um trecho do rio Maxaranguape – RN. Uma contribuição à Gestão dos recursos hídricos do Rio Grande do Norte – Brasil, 2011. Disponível em: <<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/595/485>>. Acesso em: 20 de ago. 2017.
- REIS, A. A.; TEIXEIRA, M. D.; JÚNIOR, F. W. A.; MELLO, J. M.; LEITE, L. R.; SILVA, S. T.; Land use and occupation analysis of Permanent Preservation Areas in Lavras county, MG. Ciência e Agrotecnologia, v.36, n.3, p.300-308, 2012.
- RIBEIRO, J. W.; ROOKE, J. M. S. Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública. 36f. TCC (Especialista em Análise Ambiental). Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora, 2010.

- SANTOS, J. M.; DIAS, A. L. N.; CARVALHO, A. W. B. Legislação ambiental brasileira em área urbana: evolução e contradições. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 15, 2013, Recife. Anais... Recife-PE, p.01-17, 2013.
- SOUZA, S. R.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; JESUÍNO, S. A. Caracterização do conflito de uso e ocupação do solo nas áreas de preservação permanente do rio Apeú, Nordeste do Pará. Floresta, v.42, n.4, p.701-710, 2012.
- TEIXEIRA, O. P. B. O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental. Porto Alegre: Livraria do Advogado Ed., 2006.
- VAEZA, R. F.; FILHO, P. C. O.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. Floresta e Ambiente, v.17, n.1, p.23-29, 2010.
- VARGAS, H. L. Ocupação irregular de APP urbana: um estudo da percepção social acerca do conflito de interesses que se estabelece na Lagoa do Prato Raso, em Feira de Santana, Bahia. Sitientibus, v.39, p.7-36, 2008.
- WEATHER SPARK. Condições meteorológicas médias de Cacoal. Disponível em: <<https://pt.weatherspark.com/y/28623/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Cacoal-Brasil-durante-o-ano>>. Acesso em: 28 de set. de 2017.

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 Sanitária e Ambiental pela UEPB. 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.

Talita Freitas Filgueira de Sá: Doutora em Agronomia, CCA/UFPB. Mestre em Manejo do Solo e Água, CCA/UFPB. Tecnóloga em Geoprocessamento, IFPB. Ministrou disciplinas de Geoprocessamento, Cartografia, Topografia, Desenho Técnico, Mecânica dos Solos e Hidrologia. Professora da Faculdade São Paulo/Rolim de Moura-RO.

Joel Martins Braga Júnior: Doutor em Agronomia, CCA/UFPB. Mestre em Agronomia, CCA/UFPB. Graduado em Agronomia, CCA/UFPB. Ministrou disciplinas de Geoprocessamento, Topografia, Mecanização Agrícola, Irrigação e Drenagem, Manejo Agroecológico de Plantas I e II, Manejo Fitossanitário, Manejo Agroecológico de Organismos Espontâneos, Pragas e Doenças de Cultivares no Agronegócio, Fisiologia Vegetal, Morfologia e Anatomia Vegetal, Produção de Ruminantes, Elaboração e Gestão de Projetos no Agronegócio, Agricultura Familiar e Desenvolvimento Rural, Pesquisa no Agronegócio TCC I e II, Planejamento de Propriedades Rurais, Culturas Anuais e Produção Vegetal. Professor e Coordenador do curso superior de Tecnologia em Agronegócio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - Campus Cacoal.

Portal Tecnológico
de Divulgação Científica
Eventos, Pesquisas e Inovação



Conselho Nacional de Desenvolvimento
Científico e Tecnológico



CAPES



978-85-60307-43-2