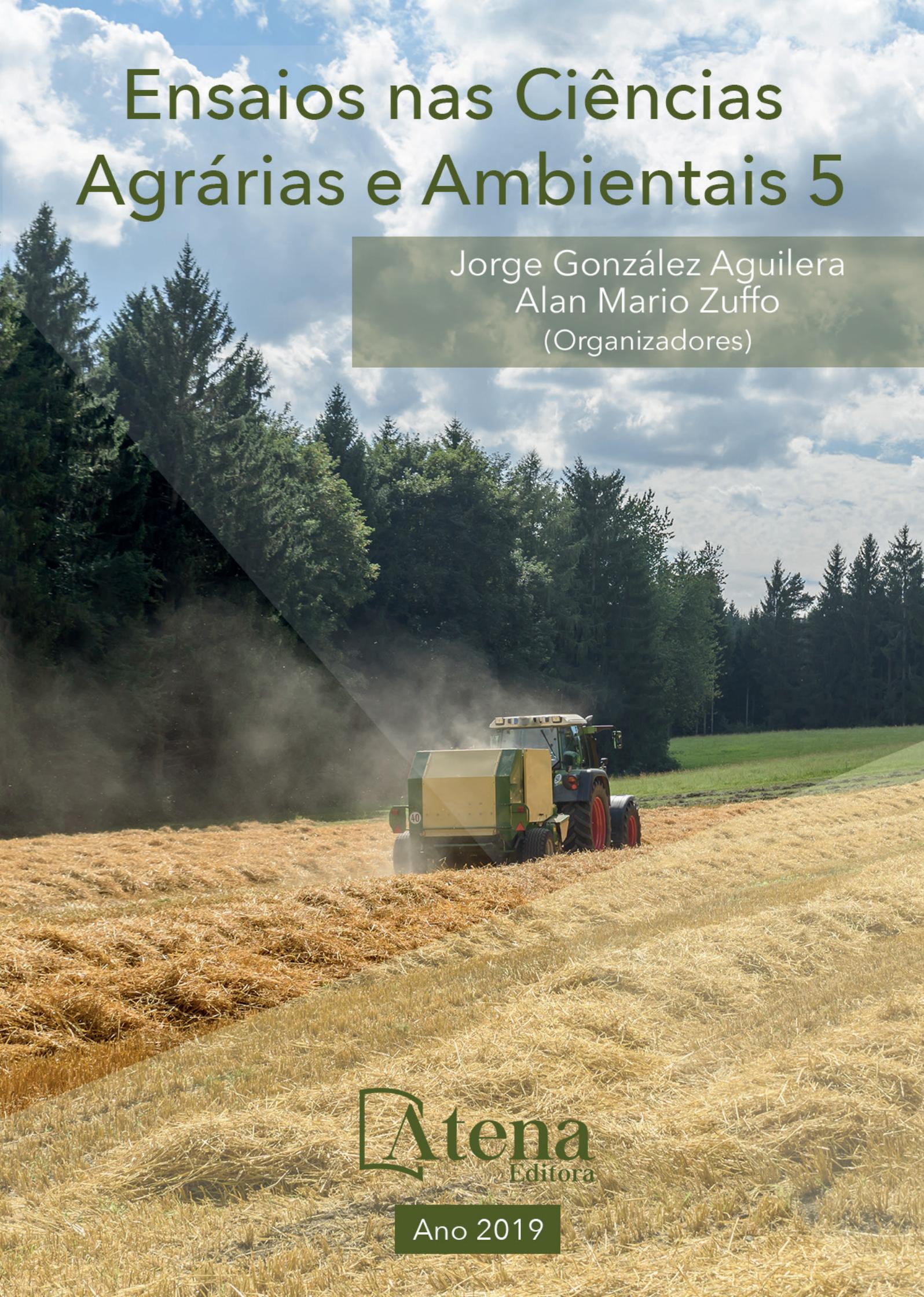


Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais 5

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Atena
Editora

Ano 2019

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)

Ensaio nas Ciências Agrárias e
Ambientais 5

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E59 Ensaios nas ciências agrárias e ambientais 5 [recurso eletrônico] /
Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. –
Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ensaios nas
Ciências Agrárias e Ambientais; v. 5)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: World Wide Web.
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-041-4
DOI 10.22533/at.ed.414191601

1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária -
Brasil. 4. Sustentabilidade. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan
Mario.

CDD 630

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ensaio nas Ciências Agrárias e Ambientais*” aborda uma série de livros de publicação da Atena Editora, em seu Volume V, apresenta, em seus 24 capítulos, conhecimentos aplicados nas Ciências Agrárias.

O uso adequado dos recursos naturais disponíveis na natureza é importante para termos uma agricultura sustentável. Deste modo, a necessidade atual por produzir alimentos aliada à necessidade de preservação e reaproveitamento de recursos naturais, constitui um campo de conhecimento dos mais importantes no âmbito das pesquisas científicas atuais, gerando uma crescente demanda por profissionais atuantes nessas áreas, assim como, de atividades de extensionismo que levem estas descobertas até o conhecimento e aplicação dos produtores.

As descobertas agrícolas têm promovido o incremento da produção e a produtividade nos diversos cultivos de lavoura. Nesse sentido, as tecnologias e manejos estão sendo atualizadas e, em constantes mudanças para permitir os avanços na Ciências Agrárias. A evolução tecnológica, pode garantir a demanda crescente por alimentos em conjunto com a sustentabilidade socioambiental.

Este volume traz artigos alinhados com a produção agrícola sustentável, ao tratar de temas como manejo de recursos hídricos e recursos vegetais, manejo do solo, produção de biogás entre outros temas. Temas contemporâneos de interações e responsabilidade socioambientais tem especial apelo, conforme a discussão da sustentabilidade da produção agropecuária e da preservação dos recursos hídricos.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços sem limites, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias e Ambientais, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar aos profissionais das Ciências Agrárias e áreas afins, trazer os conhecimentos gerados nas universidades por professores e estudantes, e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias e manejos que contribuíssem ao aumento produtivo de nossas lavouras, assim, garantir incremento quantitativos e qualitativos na produção de alimentos para as futuras gerações de forma sustentável.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AJUSTE MENSAL DA EQUAÇÃO DE HARGREAVES-SAMANI PARA O MUNICÍPIO DE IGUATU/CE	
Gilbenes Bezerra Rosal	
Eugenio Paceli de Miranda	
Rayane de Moraes Furtado	
Tatiana Belo de Sousa Custódio	
Cristian de França Santos	
DOI 10.22533/at.ed.4141916011	
CAPÍTULO 2	10
ANÁLISE ESPACIAL DE EROSIVIDADE DAS CHUVAS PARA O MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA-PB	
Thiago César Cavalcante de Vasconcelos	
Estéfanny Dhesirée Paredes Pereira	
Francicléa Avelino Ribeiro	
DOI 10.22533/at.ed.4141916012	
CAPÍTULO 3	18
ANÁLISE MACROSCÓPICA DAS IMPLICAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS NA CIDADE DE JI-PARANÁ (RO), SUDOESTE DA AMAZÔNIA	
Victor Nathan Lima da Rocha	
Nara Luísa Reis de Andrade	
DOI 10.22533/at.ed.4141916013	
CAPÍTULO 4	31
APLICAÇÃO DO MODELO LANDGEM PARA ESTIMAÇÃO DA GERAÇÃO DE BIOGÁS NO ATERRO SANITÁRIO METROPOLITANO DE JOÃO PESSOA/PB	
Dayse Pereira do Nascimento	
Monica Carvalho	
Susane Eterna Leite Medeiros	
DOI 10.22533/at.ed.4141916014	
CAPÍTULO 5	42
COMPORTAMENTO DA FREQUÊNCIA DE BATIDAS DE UM CARNEIRO HIDRÁULICO ARTESANAL E SEU EFEITO NO RENDIMENTO	
Letícia Passos da Costa	
Dian Lourençoni	
Mariela Regina da Silva Pena	
Vinícius Pereira Mello Ribeiro	
César Barbieri	
Otávio Augusto Carvalho Nassur	
DOI 10.22533/at.ed.4141916015	
CAPÍTULO 6	47
CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO GERADOR DE OZÔNIO DE BAIXO CUSTO	
Luiz Antônio Pimentel Cavalcanti	
Laércio Ferro Camboim	
DOI 10.22533/at.ed.4141916016	

CAPÍTULO 7 60

DESEMPENHO DE TENSÍOMETRO DIGITAL NO MONITORAMENTO DA UMIDADE DO SOLO EM UM CAMBISSOLO

Luiz Eduardo Vieira de Arruda
Sérgio Luiz Aguilar Levien
Vladimir Batista Figueirêdo
José Francismar de Medeiros

DOI 10.22533/at.ed.4141916017

CAPÍTULO 8 67

DESENVOLVIMENTO DE UM ÍNDICE AGREGADO DE MANEJO DE AGROTÓXICOS PARA A REGIÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO – BA

Rogério César Pereira de Araújo
Victor Emmanuel de Vasconcelos Gomes
Rosângela Santiago Gomes

DOI 10.22533/at.ed.4141916018

CAPÍTULO 9 83

EFEITO DE DIFERENTES NÍVEIS DE COMPACTAÇÃO SOBRE A POROSIDADE, MICRO E MACROPOROSIDADE EM SOLOS DE TEXTURAS DISTINTAS

Debora Oliveira Gomes
Cleidiane Alves Rodrigues
Aline Noronha Costa
Layse Barreto de Almeida
Fernanda Paula Sousa Fernandes
Vicente Bezerra Pontes Junior
Michel Keisuke Sato
Daynara Costa Vieira
Augusto José Silva Pedroso

DOI 10.22533/at.ed.4141916019

CAPÍTULO 10 89

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

Jhon Lennon Bezerra da Silva
Geber Barbosa de Albuquerque Moura
Fabrício Marcos Oliveira Lopes
Ênio Farias de França e Silva
Pedro Francisco Sanguino Ortiz
Frederico Abraão Costa Lins

DOI 10.22533/at.ed.41419160110

CAPÍTULO 11 99

MANEJO, PERCEPÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CISTERNAS DO MUNICÍPIO DE ARARUNA-PB

Lucas Moura Delfino
Anderson Oliveira de Sousa
Luiz Ricardo da Silva Linhares
Felipe Augusto da Silva Santos

DOI 10.22533/at.ed.41419160111

CAPÍTULO 12	107
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA NA BARRAGEM DE MORRINHOS, EM POÇÕES – BAHIA	
Vivaldo Ribeiro dos Santos Filho Zorai de Santana dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.41419160112	
CAPÍTULO 13	111
O REDD+ NA PERSPECTIVA DOS DIREITOS DE PROPRIEDADE	
Fernanda Coletti Pires Sônia Regina Paulino	
DOI 10.22533/at.ed.41419160113	
CAPÍTULO 14	128
PRECARIZAÇÃO DO TRABALHO E INJUSTIÇA AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO EM UMA COOPERATIVA DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA (SC)	
Viviane Kraieski de Assunção Vitória de Oliveira de Souza Mario Ricardo Guadagnin Leandro Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.41419160114	
CAPÍTULO 15	144
PROJEÇÃO FUTURA DO BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO PARA MESORREGIÃO SUL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO	
Gabriela Rodrigues da Costa Henderson Silva Wanderley	
DOI 10.22533/at.ed.41419160115	
CAPÍTULO 16	150
PROPOSTA DE ÍNDICE DE SALINIDADE DOS RESERVATÓRIOS DO ALTO JAGUARIBE ALÉM DA VARIABILIDADE TEMPORAL	
Geovane Barbosa Reinaldo Costa Helba Araújo de Queiroz Palácio José Ribeiro de Araújo Neto Daniel Lima dos Santos Diego Pereira de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.41419160116	
CAPÍTULO 17	161
“REFLEXÕES E RELATOS DE EXPERIÊNCIAS DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM PROJETO DE EXTENSÃO: (RE) PENSAR A QUALIDADE SANITÁRIA NO COMÉRCIO DE CARNES DOS MERCADOS PÚBLICOS DE CAVALEIRO E DAS MANGUEIRAS, JABOATÃO DOS GUARARAPES/ PE, 2015-2017”	
Aline Clemente de Andrade Yuri Carlos Tiétre de Araújo	
DOI 10.22533/at.ed.41419160117	

CAPÍTULO 18 170

RELAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E CAPACIDADE DE SUPORTE EM ÁREA IRRIGÁVEL NUMA FAZENDA EM QUIXERAMOBIM-CE

Francisca Luiza Simão de Souza
Francisco Ezivaldo da Silva Nunes
Edmilson Rodrigues Lima Junior
Roberta Thércia Nunes da Silva
Rildson Melo Fontenele
Antonio Geovane de Morais Andrade

DOI 10.22533/at.ed.41419160118

CAPÍTULO 19 176

RESSUSCITAÇÃO CARDIO-RESPIRATÓRIA DE NEONATOS CANINOS NASCIDOS POR CESARIANA – RELATO DE CASO

Sharlenne Leite da Silva Monteiro
Jacqueline Alves Itame
Ana Clara Batisti Pasquali
Camila Lima Rosa
Luciana do Amaral Oliveira
Carla Fredrichsen Moya Araújo

DOI 10.22533/at.ed.41419160119

CAPÍTULO 20 182

SERVIÇO SOCIAL: UMA INTERLOCUÇÃO COM A QUESTÃO AMBIENTAL

Adeilza Clímaco Ferreira
Amanda Pereira Soares Lima
Carla Montefusco de Oliveira
Joselma Ramos Carvalho Santos
Maria Angélica Barbosa Marinho de Oliveira

DOI 10.22533/at.ed.41419160120

CAPÍTULO 21 192

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DA FOZ DO RIO SÃO FRANCISCO/SE

Neuma Rúbia Figueiredo Santana
Antenor de Oliveira Aguiar Netto
Inajá Francisco de Souza
Carlos Alexandre Borges Garcia

DOI 10.22533/at.ed.41419160121

CAPÍTULO 22 200

PRODUÇÃO DE FITOMASSA POR *Cratylia argentea* (FABACEAE) EM SISTEMA DE ALEIAS NA REGIÃO CENTRAL DE MINAS GERAIS

Walter José Rodrigues Matrangelo
Virgínio Augusto Diniz Gonçalves,
Savanna Xanti Gomes
Iago Henrique Da Silva
Leila de Castro Louback Ferraz
Mônica Matoso Campanha

DOI 10.22533/at.ed.41419160122

CAPÍTULO 23 214

PROJETO LEITENERGIA: UM MODELO DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E ENERGIA DE ORIGEM DE RESÍDUOS DE ANIMAIS E SUBPRODUTOS DA AGROINDÚSTRIA: NO SUDOESTE DO PARANÁ

Carila Tiele Valendolfe Costa
Almir Antônio Gnoatto
Ana Claudia Schllemer dos Santos
Cleverson Busso
Izamara de Oliveira
Diane Pilonetto

DOI 10.22533/at.ed.41419160123

CAPÍTULO 24 218

SISTEMAS TELEMÉTRICOS PARA MEDIÇÃO DA UMIDADE DO SOLO

Sérgio Francisco Pichorim
Adriano Ricardo de Abreu Gamba
Karol de Freitas Champaoski
Leonardo Henrique dos Santos Castilho

DOI 10.22533/at.ed.41419160124

SOBRE OS ORGANIZADORES..... 233

EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL POR TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO ORBITAL NA REGIÃO SEMIÁRIDA DO NORDESTE BRASILEIRO

Jhon Lennon Bezerra da Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

Geber Barbosa de Albuquerque Moura

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Agronomia – Recife – Pernambuco.

Pabrcio Marcos Oliveira Lopes

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Agronomia – Recife – Pernambuco.

Ênio Farias de França e Silva

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

Pedro Francisco Sanguino Ortiz

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

Frederico Abraão Costa Lins

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA), Departamento de Engenharia Agrícola – Recife – Pernambuco.

Nordeste brasileiro, à exemplo da determinação do processo da evapotranspiração que permite observar sua distribuição especializada sobre os diferentes usos do solo. Neste contexto, objetivou-se identificar o processo da evapotranspiração real sobre os diferentes usos do solo em região semiárida através da sua espacialização por sensoriamento remoto orbital com uso de imagens Landsat. A área de estudo é o município de Iguatu, localizado no estado do Ceará, região semiárida do Nordeste do Brasil. Para desenvolvimento do estudo duas imagens orbitais de satélite foram processadas através do algoritmo SEBAL, por meio da utilização de dados meteorológicos de superfície. Os resultados foram analisados e submetidos a medidas de tendência central (mínimo, máximo e médio) e dispersão (desvio padrão, variância e coeficiente de variação). Com a espacialização da evapotranspiração foi observado que a menor evapotranspiração real diária esteve sobre solos com pouca ou nenhuma vegetação, destacando as áreas de solo exposto. Em contraste, as áreas irrigadas e na vegetação de caatinga densa apresentaram a maior evapotranspiração. O sensoriamento remoto identificou espacialmente a variabilidade quantitativa e qualitativa da evapotranspiração real diária, sendo essencial para o monitoramento ambiental, de forma prática e eficiente no planejamento e organização na

RESUMO: O monitoramento ambiental por meio das técnicas de sensoriamento remoto é cada vez mais aplicável nas regiões semiáridas do

tomada de decisões dos recursos hídricos e naturais do semiárido brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga; Uso e ocupação do solo; Mudanças climáticas; Escassez de água; Imagens orbitais.

ABSTRACT: The Environmental monitoring through remote sensing techniques is increasingly applicable in the semiarid regions of the Brazilian Northeast, for example on determination of the process of evapotranspiration that allows to observe its specialized distribution on the different uses of the soil. In this context, the objective was to identify the actual evapotranspiration process on the different soil uses in the semiarid region through its orbital remote sensing spatialization using Landsat images. The area of study was the municipality of Iguatu, located in the state of Ceará, semiarid region of Northeast Brazil. For the development of the study two orbital satellite images were processed through the SEBAL algorithm, using surface meteorological data. The results were analyzed and submitted to measures of central tendency (minimum, maximum and average) and dispersion (standard deviation, variance and coefficient of variation). With the evapotranspiration spatialization, it was observed that the lowest actual evapotranspiration daily was on soils with little or no vegetation, highlighting the areas of epoch soil. In contrast, irrigated areas and dense caatinga vegetation presented the highest evapotranspiration. Remote sensing identified spatially the quantitative and qualitative variability of actual evapotranspiration daily, being essential for the environmental monitoring, in a practical and efficient way in the planning and organization in the decision making of the water and natural resources of the Brazilian semiarid.

KEYWORDS: Caatinga; Use and occupation of soil; Climate changes; Water shortage; Orbital images.

1 | INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro ao longo dos anos tem enfrentado grandes problemáticas, como a escassez de água e o cenário de mudanças na sua cobertura vegetal natural. Fatores são destacados por influenciar diretamente esses processos, como as condições naturais do ambiente diante de suas variações climáticas em decorrência aos períodos de seca, e as ações antrópicas sobre o uso e ocupação do solo, que promovem o desmatamento, queimadas, urbanização, intensiva prática agropecuária e o manejo inadequado da agricultura irrigada, acelerando o processo da degradação ambiental do bioma Caatinga (RIBEIRO et al., 2016).

A escassez de água no Brasil é bastante visível, sobretudo na região semiárida do Nordeste que corresponde a 58% do território nacional, e a disponibilidade da água para consumo humano e prática agrícola como a irrigação, vem sendo gradativamente reduzida tanto em qualidade como em quantidade (SILVA et al., 2014).

Visando mitigar e/ou inibir tais processos de limitações nestas regiões, o uso das técnicas de sensoriamento remoto na interface solo-atmosfera permite assegurar com

grande confiabilidade as circunstâncias atuais da superfície terrestre de forma prática e eficiente a um custo relativamente baixo, em larga escala, promovendo o auxílio no planejamento e organização na tomada de decisões sobre o uso sustentável dos recursos naturais (BASTIAANSSEN et al., 2010).

Nas últimas décadas, o geoprocessamento vem se destacado fortemente no desenvolvimento de geotecnologias e aberto um novo campo de atuação do monitoramento ambiental de grandes áreas. Para a efetivação de medidas eficazes de gestão dos recursos hídricos, principalmente no semiárido brasileiro faz-se necessário o monitoramento dos principais componentes do ciclo hidrológico, dentre os quais se destaca a evapotranspiração, e quando o interesse é a obtenção desta em larga escala com acentuada heterogeneidade as técnicas de sensoriamento remoto se apresentam com grande vantagem por possuir uma relação custo/benefício mais acessível e, ao associar com informações meteorológicas e morfológicas da área, os resultados são bastante confiáveis (OLIVEIRA et al., 2014; ZHANG et al., 2016).

Devido a necessidade de mais estudos neste contexto, especialmente no semiárido brasileiro, objetivou-se identificar o processo da evapotranspiração real diária sobre os diferentes usos do solo em região semiárida do Nordeste brasileiro através da sua espacialização por sensoriamento remoto com uso de imagens orbitais.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O município de Iguatu é a área do presente estudo, encontra-se inserido no estado do Ceará, região Nordeste do Brasil, no Semiárido brasileiro, localizado nas coordenadas geográficas 6° 21' 34" S e 39° 17' 55" W e altitude de 217,8 m. De acordo com a classificação de Köppen, o município possui clima do tipo BSw'h', quente e semiárido, com precipitação média anual de 806,5 mm e temperatura média mensal de 26 a 28 °C. O espaço absoluto da região é de 1.029 km², onde a vegetação de Caatinga é predominante (IPECE, 2017).

A região possui período chuvoso compreendido entre os meses de janeiro a abril, com duas estações bem definidas durante o ano (chuvosa e seca), destacando-se a estação seca, que se configura em mais da metade do ano, com 7 a 8 meses de duração, podendo observar nesse período a ocorrência de forte evaporação, devido as altas temperaturas (ARRAES et al., 2009).

A Figura 1 apresenta o mapa do município, a partir de uma imagem do satélite Landsat 8 de sensor OLI no dia de passagem 08 de agosto de 2015, em destaque a cidade e estação meteorológica.

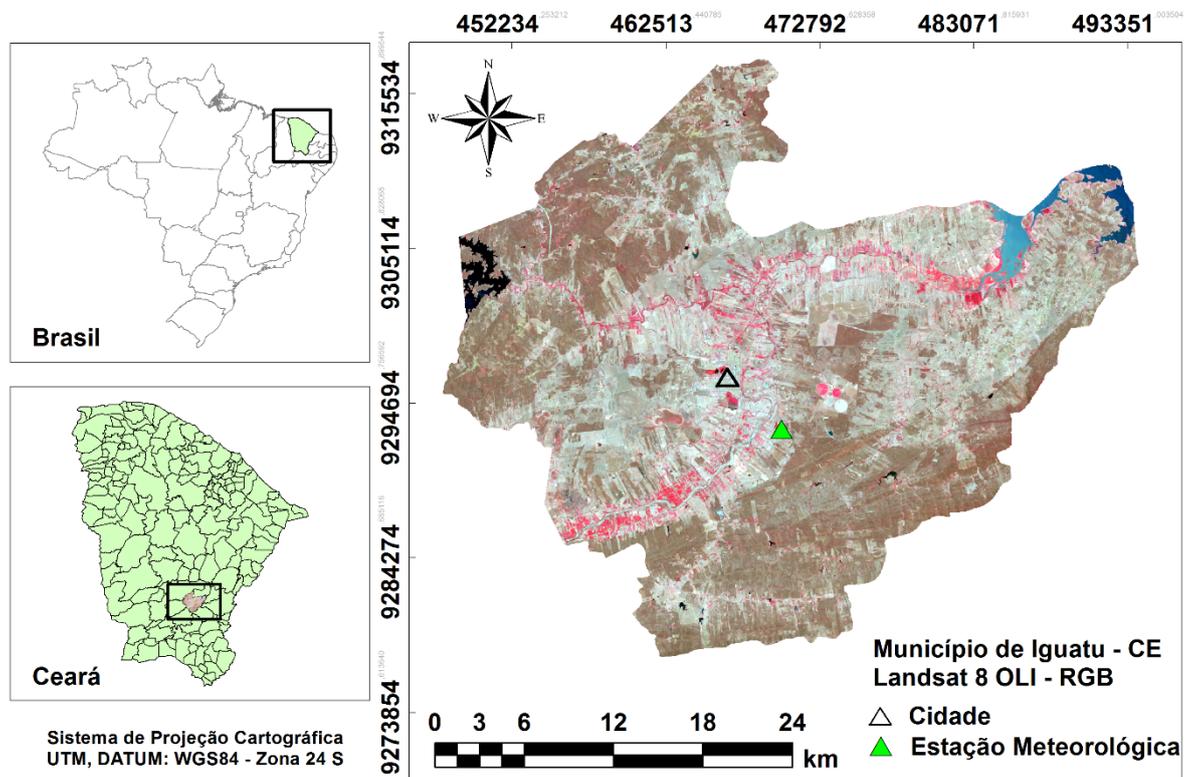


Figura 1. Mapa espacial de localização da área de estudo, município de Iguatu, Ceará, Brasil.

2.2 Dados meteorológicos de superfície

Foram utilizados dados meteorológicos de superfície, como temperatura do ar (T_{ar} , °C), umidade relativa do ar (UR, %), pressão atmosférica do ar (P_o , kPa), velocidade do vento (u_{10m} , $m s^{-1}$) e radiação solar global ($R_{s\ 24h}$, $W m^{-2}$) registrados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

A estação está localizada nas seguintes coordenadas $6^{\circ} 23' 47'' S$ e $39^{\circ} 16' 8'' W$, altitude de 233 m. As coletas de dados são realizadas de hora em hora. Conforme o INMET, o ano de imageamento do dia 20/08/2008, foi considerado como um ano chuvoso, com uma precipitação pluviométrica média anual de 1392,8 mm. O ano do dia 08/08/2015 foi considerado como sendo um ano seco, onde foi observado uma precipitação média anual de 526,2 mm, menor que o esperado para a região que se concentra em torno de 800 mm/ano. A Tabela 1 apresenta os dados meteorológicos de superfície.

Data	T_{ar} (°C)	UR (%)	P_o (kPa)	u_{10m} ($m s^{-1}$)	$R_{s\ 24h}$ ($W m^{-2}$)
20/08/2008	28,1	47	98,81	5.5	257,72
08/08/2015	28	45	99,04	4.6	161,50

Tabela 1. Dados meteorológicos de superfície registrados pela estação meteorológica no momento das passagens dos satélites.

2.3 Dados orbitais de satélite

Foram utilizadas duas imagens orbitais dos satélites Landsat 5 de sensor TM e do 8 de sensores OLI/TIRS, nos dias 20/08/2008 e 08/08/2015, respectivamente. As

imagens foram fornecidas pela organização espacial americana USGS/NASA (*United States Geological Survey*).

O processamento das imagens foi realizado por meio do Software ERDAS IMAGINE® 9.1, com a implementação do algoritmo SEBAL, responsável pelas etapas de processamento como empilhamento, georreferenciamento das bandas multiespectrais e o processo de correção atmosférica por meio do modelo FLAASH (*Fast Line-of-sight Atmospheric Analysis of Spectral Hypercubes*) proposta por Felde et al. (2003).

As Figuras 2 e 3 destacam detalhadamente as rotinas de processamento dos parâmetros biofísicos à superfície realizadas no SEBAL. Contudo, foram determinados os componentes do balanço de energia da superfície terrestre conforme Bastiaanssen et al. (1998a, 1998b), Allen et al. (2002) e Bastiaanssen (2000), com o principal intuito em estimar a evapotranspiração real diária para região em estudo.

Ressalta-se ainda, que para a Figura 3, o fluxo de calor sensível instantâneo – H ($W\ m^{-2}$) é a etapa cerne do algoritmo SEBAL. Pois é estimado com base na velocidade do vento e na temperatura da superfície, através de uma calibração interna da diferença de temperatura entre dois níveis da superfície conforme as pesquisas realizadas por Bastiaanssen et al. (1998a, 1998b) e Allen et al. (2002), aonde mais detalhes podem ser buscados.

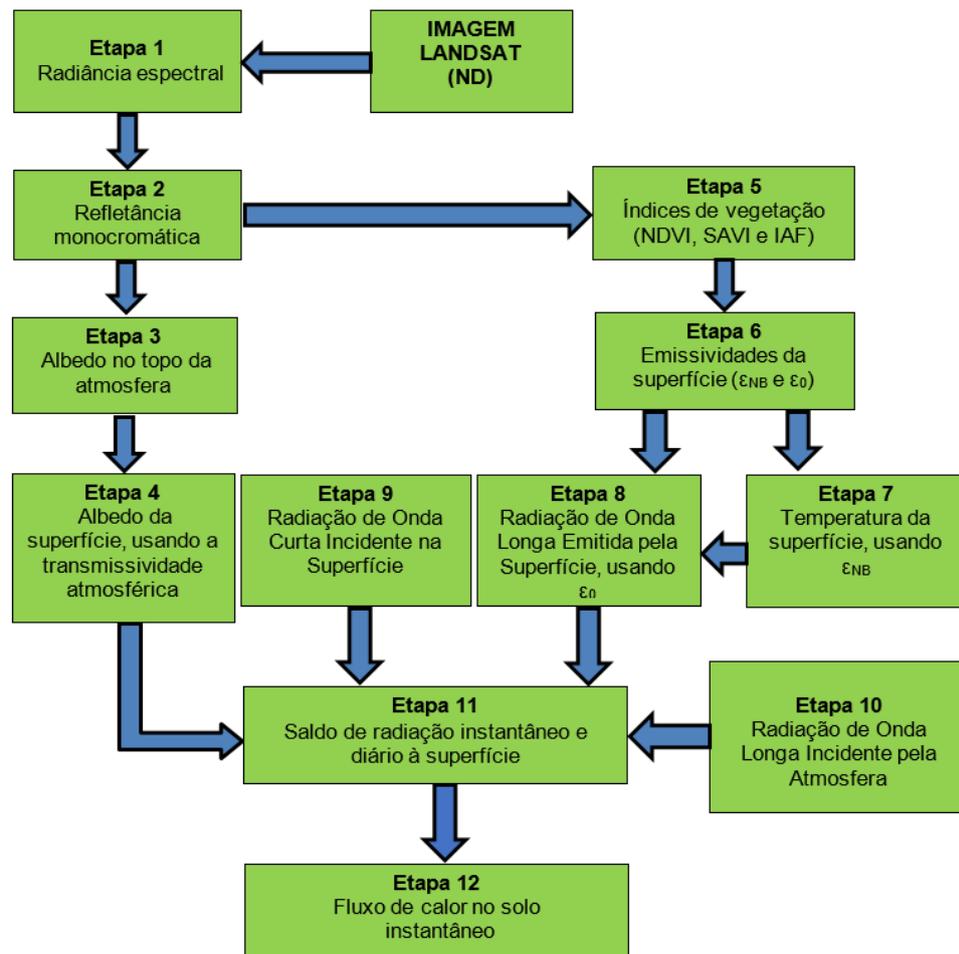


Figura 2. Fluxograma do processamento dos parâmetros biofísicos para determinação do saldo de radiação instantâneo e diário à superfície e do fluxo de calor no solo instantâneo.

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

Procedeu-se o cômputo de H, que se inicia com dados meteorológicos como, a velocidade do vento ($m s^{-1}$) ao nível z (m) e a altura média da vegetação (m) no local da medição da velocidade do vento, como também o coeficiente de rugosidade (Z_{0m}) em metros e a velocidade de fricção – u^* ($m s^{-1}$).

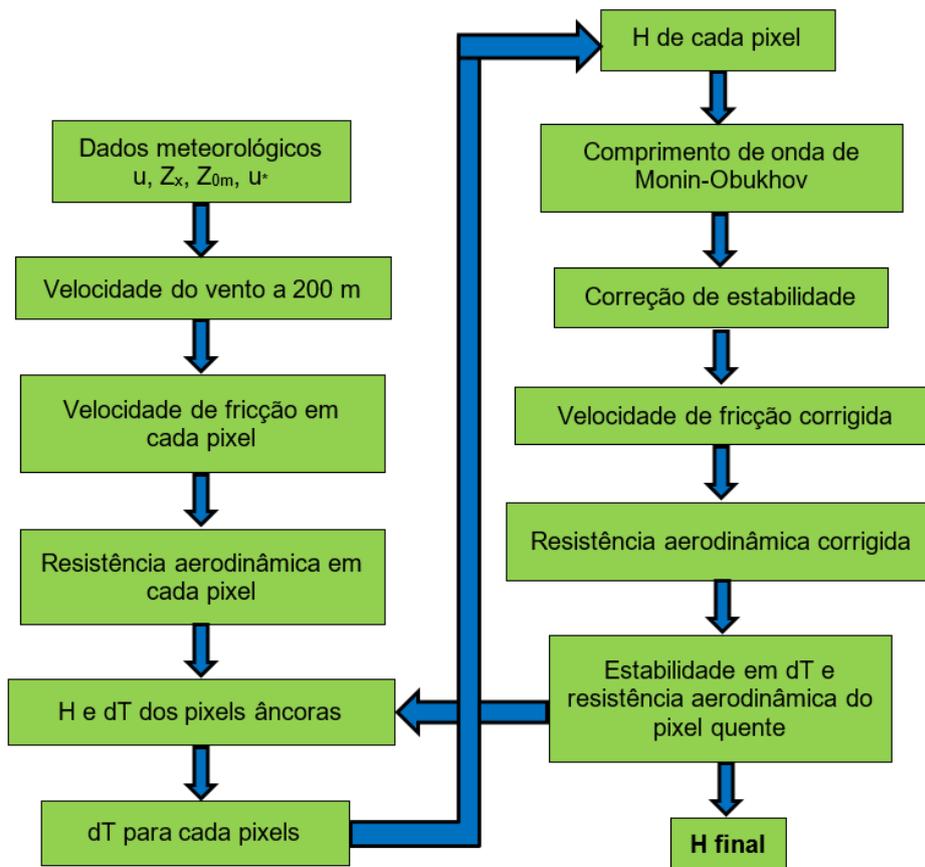


Figura 3. Fluxograma do processo iterativo de obtenção do fluxo de calor sensível instantâneo – H ($W m^{-2}$).

Fonte: Adaptado de Silva (2016).

Foram convertidos os níveis de cinza das imagens em radiância espectral e refletância monocromática. Por seguinte, com a determinação do saldo de radiação instantâneo (R_n) e diário à superfície ($R_{n\ 24h}$), e também dos fluxos de calor no solo (G), sensível (H) e latente (LE), fração evaporativa (FE_i) (Equação 1), ambos de modo instantâneo, possibilitou a estimativa da evapotranspiração real diária ($ET_{r\ 24h}$, mm dia⁻¹) que foi determinada pela conversão do LE_{24h} em $ET_{r\ 24h}$, conforme Equação 2.

$$FE_i = \left(\frac{LE}{R_n - G} \right) \Rightarrow FE_{24h} = \frac{LE_{24h}}{R_{n\ 24h}} \quad (1)$$

$$ET_{r\ 24h} = \frac{86400 \cdot FE_i \cdot R_{n\ 24h}}{2450000} \quad (2)$$

Os mapas da superfície terrestre da presente pesquisa foram processados pelo Software ArcGIS® 10.2.2.

2.4 Análise estatística

Os resultados foram submetidos a medidas de tendência central (mínimo, máximo e médio) e dispersão (desvio padrão - DP, variância e coeficiente de variação).

O coeficiente de variação (CV) foi avaliado quanto a sua variabilidade, conforme Warrick e Nielsen (1980): CV < 12% é de baixa, CV entre 12 a 60% de média e CV > 60% de alta variabilidade.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 apresenta os mapas temáticos da variabilidade espacial da evapotranspiração real diária (ET_{r24h}) no município de Iguatu – CE, com valores variando entre 0,0 e 6,50 mm dia⁻¹. Também em estudos com imagens Landsat utilizando o SEBAL. Bastiaanssen (2000) e Sun et al. (2011) encontraram valores semelhantes de ET_{r24h} , variando entre 0 e 5,2 mm dia⁻¹ e 0 e 8 mm dia⁻¹, respectivamente.

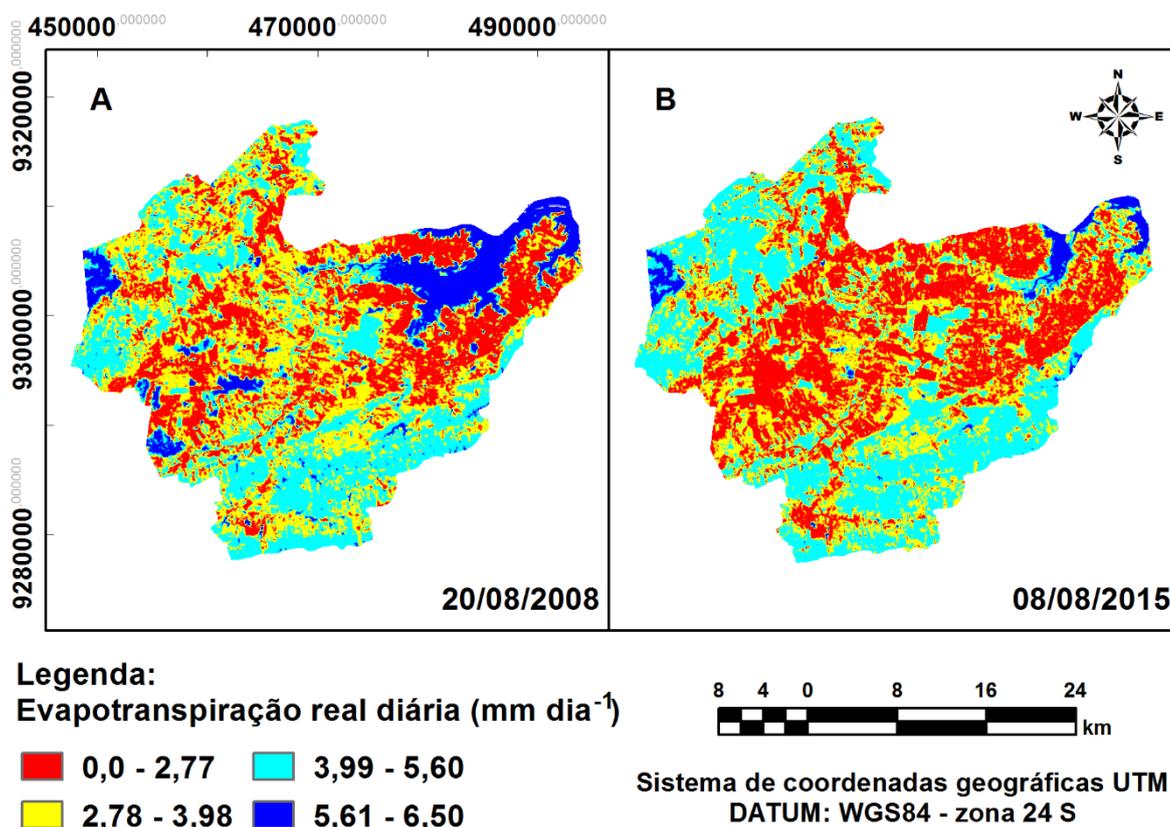


Figura 4. Espacialização da evapotranspiração real diária para o município de Iguatu-CE, nos dias 20/08/2008 (A) e 08/08/2015 (B).

Os menores valores de ET_{r24h} foram encontrados sobre solos com pouca ou nenhuma vegetação e área urbana (pixels amarelo e vermelho), são as áreas de maior atividade antrópica da região, com resultados entre 0,0 e 3,98 mm dia⁻¹ (Figura 4). Sun et al. (2011) também observaram valores semelhantes nestas mesmas áreas, variando entre 0,0 e 2,96 mm dia⁻¹.

Os maiores valores de $ET_{r\ 24h}$ foram observados sobre as áreas de agricultura irrigada, devido estes locais possuírem um maior aporte hídrico, os valores chegaram a máximo de 6,50 mm dia⁻¹ (pixels azuis claros e escuros). Altos valores também se observaram nas áreas de vegetação nativa (Caatinga densa).

Os corpos hídricos também apresentaram faixas elevadas nos reservatórios da região (pixels azuis escuros), porém ressalta-se que sobre as superfícies líquidas acontece o processo predominante da evaporação, conforme ressaltado por Lima et al. (2014). Sun et al. (2011) encontraram nas áreas de corpos hídricos valor de $ET_{r\ 24h}$ similar na faixa de 6,74 mm dia⁻¹.

O mapa do dia 20/08/2008 (Figura 4A) teve maior disponibilidade hídrica, destacados principalmente nos reservatórios da região, devido maiores precipitações pluviométricas na região durante o ano (1392,8 mm), com isso favoreceu a maior retirada de água conforme pode-se observar nos valores máximos e médios da Tabela 2.

Datas	Mínimo	Máximo	Médio	DP	CV (%)
20/08/2008	0,0	6,50	3,47	1,23	35
08/08/2015	0,0	4,00	1,49	0,69	46

Tabela 2. Parâmetros estatísticos da análise espacial da evapotranspiração real diária na região semiárida.

Os mapas temáticos da $ET_{r\ 24h}$ apresentaram um comportamento de média variabilidade, confirmado pelos valores do CV (Tabela 2), segundo os critérios de classificação de Warrick e Nielsen (1980).

Lins et al. (2017) destacam que a evapotranspiração real está diretamente relacionada com capacidade da vegetação em absorver a umidade do solo por meio das raízes e perdê-la para a atmosfera, especialmente via superfície foliar e, ainda ressaltaram, que quando trata-se de regiões semiáridas conforme este estudo, tal processo torna-se mais evidente com a aproximação do período chuvoso e principalmente diante da própria incidência de chuvas.

Analisando em um aspecto geral, os principais resultados são similares a estudos no Brasil, especialmente na região semiárida do Nordeste, destacando o padrão de distribuição espacial dos alvos na área de estudo. O monitoramento espacial da evapotranspiração pode acarretar na gestão adequada e na tomada de decisões sobre os recursos hídricos no semiárido.

4 | CONCLUSÕES

A alta aplicabilidade do sensoriamento remoto orbital (SEBAL) permitiu identificar espacialmente a variabilidade quantitativa e qualitativa da evapotranspiração real diária, que mostrou ser influenciada pelas respostas do ambiente natural de Caatinga

na ausência e/ou presença dos regimes de chuvas e dos demais usos do solo, mostrando ser parte efetiva no monitoramento ambiental de forma prática e eficiente a um baixo custo.

O monitoramento ambiental espacial torna-se essencial para o planejamento e organização na tomada de decisões, especialmente quanto aos recursos hídricos e naturais na identificação de alterações ambientais, como eventos extremos de seca, e também como a degradação e desertificação do solo no semiárido.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; TASUMI, M.; TREZZA, R.; WATERS, R.; & BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). **Advance Training and Users Manual–Idaho Implementation**, v. 1, p. 97, 2002.

ARRAES, F. D. D.; LOPES, F. B.; DE SOUZA, F.; & DE OLIVEIRA, J. B. Estimativa do balanço hídrico para as condições climáticas Iguatu, Ceará, usando modelo estocástico. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, n. 2, p. 78-87, 2009.

BASTIAANSEN, W. G. M. SEBAL – Based Sensible and Latent Heat Fluxes in the Irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, n. 1, p. 87-100, 2000.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, 212-213: 198-212, 1998a.

BASTIAANSEN, W. G. M.; PELGRUM, H.; WANG, J.; MA, Y.; MORENO, J. F.; ROERINK, G. J.; VAN DER WAL, T. A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 2. Validation. **Journal of Hydrology**, v. 212-213, p. 213-229, 1998b.

BASTIAANSEN, W.; THORESON, B.; CLARK, B.; DAVIDS, G. Discussion of “Application of SEBAL Model for Mapping Evapotranspiration and Estimating Surface Energy Fluxes in South-Central Nebraska” by Ramesh K. Singh, Ayse Irmak, Suat Irmak, and Derrel L. Martin. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering-Asce**, v. 136, n. 4, p. 282-283, 2010.

FELDE, G. W.; ANDERSON, G. P.; COOLEY, T. W.; MATTHEW, M. W.; BERK, A.; & LEE, J. Analysis of Hyperion data with the FLAASH atmospheric correction algorithm. In: **Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS’03. Proceedings. 2003 IEEE International, IEEE**, v. 1, n. 03CH37477, p. 90-92, 2003.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Perfil básico municipal de 2017**. Disponível online em: <<http://www.ipece.ce.gov.br/index.php/perfil-municipal-2017>>. Acesso em 26 de março de 2018. pdf, 2017. 18p.

LIMA, E. D. P.; SEDIYAMA, G. C.; ANDRADE, R. G.; LOPES, V. D.; SILVA, B. B. (2015). Evapotranspiração real diária em sub-bacias do Paracatu, utilizando produtos do sensor Modis. **Revista Ceres**, v. 61, n. 1, p. 17-27, 2014.

LINS, F. A. C.; SANTOS ARAÚJO, D. C.; SILVA, J. L. B.; LOPES, P. M. O.; OLIVEIRA, J.D.A. Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **Irriga**, v. 1, Edição especial, p. 64-75, 2017.

OLIVEIRA, L. M.; MONTENEGRO, S. M.; SILVA, B. B.; ANTONINO, A. C.; MOURA, A. E. Evapotranspiração real em bacia hidrográfica do Nordeste brasileiro por meio do SEBAL e produtos

MODIS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 10, p. 1039-1046, 2014.

RIBEIRO, E. P.; NÓBREGA, R. S.; MOTA FILHO, F. O.; MOREIRA, E. B. Estimativa dos índices de vegetação na detecção de mudanças ambientais na bacia hidrográfica do rio Pajeú. **Geosul**, v. 31, n. 62, p. 59-92, 2016.

SILVA, J. L. A.; MEDEIROS, J. M.; ALVES, S. S. V.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA JUNIOR, M. J.; NASCIMENTO, I. B. Uso de águas salinas como alternativa na irrigação e produção de forragem no semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, (Suplemento), p. S66-S72, 2014.

SILVA, J. L. B. **Monitoramento espaço-temporal da cobertura vegetal do bioma Caatinga no Ceará mediante imagens orbitais**. 2016. 119 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife – PE.

SUN, Z.; WEI, B.; SU, W.; SHEN, W.; WANG, C.; YOU, D.; LIU, Z. Evapotranspiration estimation based on the SEBAL model in the Nansi Lake Wetland of China. **Mathematical and Computer Modelling**, v. 54, n. 3-4, p. 1086-1092, 2011.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D. R.; HILLEL, D. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: **Applications of Soil Physics**. Cap.2. Academic, New York, 1980.

ZHANG, K.; KIMBALL, J. S.; RUNNING, S. W. A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 3, n. 6, p. 834-853, 2016.

SOBRE OS ORGANIZADORES

JORGE GONZÁLEZ AGUILERA Engenheiro Agrônomo (Instituto Superior de Ciências Agrícolas de Bayamo (ISCA-B) hoje Universidad de Granma (UG)), Especialização em Biotecnologia Vegetal pela Universidad de Oriente (UO), CUBA (2002), Mestre em Fitotecnia (UFV/2007) e Doutorado em Genética e Melhoramento (UFV/2011). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) no Campus Chapadão do Sul. Têm experiência na área de melhoramento de plantas e aplicação de campos magnéticos na agricultura. Tem atuado principalmente nos seguintes temas: pre-melhoramento, fitotecnia e cultivo de hortaliças, estudo de fontes de resistência para estres abiótico e biótico, marcadores moleculares, associação de características e adaptação e obtenção de *vitroplantas*. Tem experiência na multiplicação “*on farm*” de insumos biológicos (fungos em suporte sólido; *Trichoderma*, *Beauveria* e *Metharrizum*, assim como bactérias em suporte líquido) para o controle de doenças e insetos nas lavouras, principalmente de soja, milho e feijão. E-mail para contato: jorge.aguilera@ufms.br

ALAN MARIO ZUFFO Engenheiro Agrônomo (Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/2010), Mestre em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal do Piauí – UFPI/2013), Doutor em Agronomia – Produção Vegetal (Universidade Federal de Lavras – UFLA/2016). Atualmente, é professor visitante na Universidade Federal do Mato Grosso do Sul – UFMS no Campus Chapadão do Sul. Tem experiência na área de Agronomia – Agricultura, com ênfase em fisiologia das plantas cultivadas e manejo da fertilidade do solo, atuando principalmente nas culturas de soja, milho, feijão, arroz, milheto, sorgo, plantas de cobertura e integração lavoura pecuária. E-mail para contato: alan_zuffo@hotmail.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-041-4

