

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING
2**

CLEISEANO EMANUEL DA SILVA PANIAGUA
(ORGANIZADOR)

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING
2**

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. 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.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Collection: applied environmental and sanitary engineering 2

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Mariane Aparecida Freitas
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied environmental and sanitary engineering 2 / Organizador Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua. - Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-988-9

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.889220305>

1. Environmental and sanitary engineering. I. Paniagua, Cleiseano Emanuel da Silva (Organizador). II. Título.

CDD 628

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



Atena
Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



PRESENTATION

The e-book: “Collection: Applied Environmental and Sanitary Engineering 2” consists of fifteen chapters that present works that aimed to contribute both to improving the quality and health of the environment and man, as well as to the development of technologies to reduce costs and improve the quality of basic sanitation, remedying and reducing the environmental impacts resulting from human activities.

Waste management in Brazil is “invisible” in the eyes of government plans at the municipal level, which is why precarious sanitation conditions prevail in most municipalities. In view of this, the scientific community has been reiterating through numerous studies, the need to implement systems for the collection and final disposal of waste in an environmentally more correct way.

The basic sanitation system in Brazil has been restructuring itself due to security and information technology that helps to monitor and automate water and sewage treatment systems, the final disposal of waste, the loss of water resources due to failures or ruptures of pipe among others. Added to this, the numerous software that are developed to improve operating systems that can present information in real time and operation in continuous flow, helping operators.

Finally, the study and development of new treatment technologies from agro-industry residues or from new technologies that aim to implement and improve the efficiency of existing conventional processes,

In this perspective, Atena Editora has been working with the aim of stimulating and encouraging researchers from Brazil and other countries to publish their work with a guarantee of quality and excellence in the form of books and book chapters that are available on the Editora’s website and elsewhere. digital platforms with free access.

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

563 – COMO A GESTÃO DE RESÍDUOS É TRATADA NOS PLANOS DE GOVERNO DOS(AS) CANDIDATOS(AS) À PREFEITOS(AS)

Cristiane Ferreira Pimenta

Henrique Ferreira Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203051>

CAPÍTULO 2..... 8

ESTUDO COMPORTAMENTAL DE USINAS DE BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS CLASSE A DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Cristiane Ferreira Pimenta

Henrique F. Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203052>

CAPÍTULO 3..... 24

QUANTIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM ÁREAS DE TRANSBORDO E TRIAGEM

Cristiane Ferreira Pimenta

Henrique F. Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203053>

CAPÍTULO 4..... 33

COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ALIMENTARES DO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Deysiane Antunes Barroso Damasceno

Marcos Oliveira Dantas

Mônica de Abreu Azevedo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203054>

CAPÍTULO 5..... 44

II-1785 - SETORIZAÇÃO DE UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO I – DETERMINAÇÃO DAS CARGAS ORGÂNICAS

Moema Felske Leuck

Carlos André Bulhões Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203055>

CAPÍTULO 6..... 65

MANAGEMENT OF FLUORESCENT LAMPS: A CASE STUDY IN THE METROPOLITAN REGION OF RECIFE, PERNAMBUCO, BRAZIL

Eduardo Antonio Maia Lins

Marília Gabriela Jonas de Santana

Andréa Cristina Baltar Barros

Adriane Mendes Vieira Mota

Maria Clara Pestana Calsa

Adriana da Silva Baltar Maia Lins

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203056>

CAPÍTULO 7..... 75

ONLINE MONITORING OF THE MUNICIPAL SOLID WASTE COLLECTION SYSTEM

Eduardo Antonio Maia Lins

Roger Ramos Azevedo

Fuad Carlos Zarzar Júnior

Joaquim Teodoro Romão de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203057>

CAPÍTULO 8..... 83

IMPLEMENTATION OF IMPROVEMENT ACTIONS IN THE SOLID WASTE MANAGEMENT PROCESS IN SMALL AND MEDIUM CITIES: CASE STUDY OF THE MUNICIPALITY OF PATROCÍNIO LOCATED IN THE STATE OF MINAS GERAIS – BRAZIL

Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua

Bruno Elias dos Santos Costa

Valdinei de Oliveira Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203058>

CAPÍTULO 9..... 95

A IMPORTÂNCIA DE INVESTIMENTOS EM SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO PARA AS OPERADORAS DE SERVIÇO DE SANEAMENTO: UM OLHAR SOB OS INCIDENTES DIVULGADOS

Carlos Henrique Jorge

Dalton Issao Ito

Mariana Espindola de Souza

André Gambier Campos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.8892203059>

CAPÍTULO 10..... 111

AQUACAD-PLUGIN: SIMULAÇÕES HIDRÁULICAS NO AUTOCAD

Luis Henrique Magalhães Costa

Arthur Brito Gomes

Letícia de Vasconcelos Rodrigues

David Ermerson Farias Eugênio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.88922030510>

CAPÍTULO 11 122

AQUACAD: CONVERSÃO ONLINE ENTRE ARQUIVOS DOS PROGRAMAS DA PLATAFORMA CAD, GIS E DOS SIMULADORES EPANET E SWMM

Luis Henrique Magalhães Costa

Guilherme Marques Farias

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.88922030511>

CAPÍTULO 12.....	131
APLICAÇÃO DO TANK MODEL NA MODELAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS EM GOIÁS	
Tales Dias Aguiar Débora Pereira da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.88922030512	
CAPÍTULO 13.....	142
UTILIZAÇÃO DE BAMBU “DENDROCALAMUS LATIFLORUS” COMO CAMADA SUPORTE EM FILTRO ANAERÓBIO PARA REMOÇÃO DE DBO E DQO EM TRATAMENTO DE EFLUENTES SANITÁRIO	
Fagner Moreira de Oliveira Adão Genilson Pereira	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.88922030513	
CAPÍTULO 14.....	149
DEGRADAÇÃO DE ANTIDEPRESSIVOS RESIDUAIS E CAFEÍNA EM ÁGUA, ESGOTO DOMÉSTICO E LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO EMPREGANDO FOTÓLISE DIRETA	
Ismael Laurindo Costa Junior Adelmo Lowe Plestch Yohandra Reyes Torres	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.88922030514	
CAPÍTULO 15.....	167
AVALIAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS DE CONTAMINAÇÕES CAUSADAS POR BIFENILAS POLICLORADAS: UMA REVISÃO	
Rhayane Andrade Junior Rosana Gonçalves Barros Viníciu Fagundes Barbara	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.88922030515	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	178
ÍNDICE REMISSIVO.....	179

APLICAÇÃO DO TANK MODEL NA MODELAGEM DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRANHAS EM GOIÁS

Data de aceite: 01/04/2022

Data de submissão: 07/02/2022

Tales Dias Aguiar

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás. Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária. Doutorando em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil
Goiânia – GO
<https://orcid.org/0000-0003-4463-4534>
<http://lattes.cnpq.br/7434907335333549>

Débora Pereira da Silva

Engenheira Civil pelo Instituto Federal de Goiás – Campus Goiânia. Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária. Doutoranda em Ciências Ambientais na Universidade Federal de Goiás, Goiás, Brasil
Goiânia – GO
<https://orcid.org/0000-0002-5008-6813>
<http://lattes.cnpq.br/1655210326171129>

RESUMO: Os modelos hidrológicos são frequentemente utilizados na modelagem de uma diversidade de variáveis ambientais e são ferramentas fundamentais para a gestão dos recursos hídricos. Possibilitam também a compreensão da dinâmica e do processo das inundações, bem como a possibilidade de prevenção das mesmas. Um dos principais objetos de estudo dos modelos hidrológicos são as bacias hidrográficas. Modelos hidrológicos podem ser utilizados tanto nas condições de cheia de uma bacia quanto na indisponibilidade

dos recursos hídricos. A presente pesquisa tem como objetivo verificar o ajuste do modelo chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Piranhas, por meio do coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE), ao aplicar o algoritmo de Gradiente Reduzido Generalizado (GRG) não linear e Evolutionary. Utilizamos o Tank Model como instrumento de caracterização da bacia localizada na região sudoeste do estado de Goiás, obtendo assim as vazões diárias e mensais na seção do rio, a partir dos dados de precipitação e evapotranspiração. O algoritmo GRG não linear apresentou um melhor desempenho para modelagem da vazão. As vazões mensais apresentaram melhor ajuste, conforme verificado pelos coeficientes de Nash-Sutcliffe para as vazões mensais de 0,784 e 0,730, diante dos 0,580 e 0,537 para as vazões diárias.

PALAVRAS-CHAVE: Modelo Hidrológico, Chuva-Vazão, Tank Model, Cerrado.

APPLICATION OF THE TANK MODEL IN THE MODELING OF THE PIRANHAS RIVER BASIN IN GOIÁS

ABSTRACT: Hydrological models are frequently used in the modeling of a variety of environmental variables and are fundamental tools for the management of water resources. They also make it possible to understand the dynamics and process of floods, as well as the possibility of preventing them. One of the main objects of study of hydrological models are hydrographic basins. Hydrological models can be used both in the flood conditions of a basin and in the unavailability of water resources. The present research aims to verify the fit of the rainfall-runoff

model in the Piranhas River basin, through the Nash-Sutcliffe coefficient (NSE), when applying the nonlinear and Evolutionary Generalized Reduced Gradient (GRG) algorithm. Were used the Tank Model as an instrument to characterize the basin located in the southwest region of the state of Goiás, thus obtaining daily and monthly flows in the river section, based on precipitation and evapotranspiration data. The non-linear GRG algorithm presented a better performance for flow modeling. The monthly flows showed better adjustment, as verified by the Nash-Sutcliffe coefficients for the monthly flows of 0.784 and 0.730, compared to 0.580 and 0.537 for the daily flows.

KEYWORDS: Hydrologic model, Rainfall-Runoff, Tank Model, Savannah.

INTRODUÇÃO

As variáveis hidrológicas representam os dados essenciais para o desenvolvimento de estudos hidrológicos, formulação de estratégias de gestão dos recursos hídricos, proteção contra inundações, mitigação de contaminação dos mananciais e dentre outros (BEVEN, 2011). No entanto, em diversas regiões do mundo, esses valores apresentam incertezas espaciais, devido às redundâncias e descontinuidades de amostragem ocasionadas por fatores geológicos, topográficos, ambientais, climáticos e culturais, bem como incertezas temporais, devido às limitações de amostragem (DINGMAN, 2015). Logo, as séries históricas dos dados de precipitação, evapotranspiração e vazão podem ser pouco representativas (CELESTE; MENEZES; FONTES, 2014).

A fim de superar os desafios da distribuição espacial e temporal das variáveis hidrológicas, principalmente quando se refere à vazão superficial, nas últimas décadas, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado os modelos hidrológicos com a finalidade de extrapolar as medições das variáveis e simular de forma simples o ciclo hidrológico (DINGMAN, 2015).

Alguns modelos desenvolvidos, como os modelos de chuva-vazão, buscam determinar a vazão dos cursos d'água a partir da precipitação a que a bacia hidrográfica está submetida, sendo assim a precipitação é o dado mais importante. Nesse estudo iremos abordar o ajuste do modelo Tank Model avaliando à vazão estimada através de comparação com os valores observados pela estação fluviométrica da bacia hidrográfica em estudo, essa verificação foi realizada através do coeficiente de Nash-Sutcliffe (NSE).

O modelo Tank Model, classificado como determinístico e conceitual, foi desenvolvido no Japão por Sugawara (1979). De acordo com Lara & Kobiyama (2012), esse modelo hidrológico é constituído por quatro tanques, no qual o armazenamento de água no primeiro é determinado pela chuva e o armazenamento nos demais tanques pela infiltração do tanque superior.

No Brasil, há estudos no rio Piancó localizado no estado da Paraíba com a finalidade de estimar a disponibilidade hídrica mensal em uma área com potenciais conflitos pelo uso da água (NUNES et al, 2014) e na bacia do rio Japarutuba em Recife, para confrontar a vazão estimada com os valores utilizados na elaboração do Plano Estadual de Recursos

Hídricos (PERH-SE) (CELESTE; MENEZES; FONTES, 2014).

Este estudo teve como objetivo verificar os resultados da validação e calibração ao aplicar a modelagem conceitual denominada como Tank Model, para representar o processo de chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Piranhas na região noroeste do Estado de Goiás, empregando o algoritmo de Gradiente Reduzido Generalizado (GRG) não linear e Evolutionary.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área de estudo abrange a sub-bacia do Rio Piranhas localizada na região noroeste do Estado de Goiás, com área de aproximadamente 1319,62 km² e 206,34 km de perímetro, e pertencente à bacia hidrográfica do Rio Caiapó (Figura 1).

O Rio Piranhas é um dos afluentes do Rio Caiapó e possui cerca de 114,02 km de extensão, o desnível do curso d'água é de 523 m (Figura 2) e a declividade média de 0,34 m/m (Figura 3), considerada como baixa. A região com clima Tropical úmido (Aw), conforme classificação de Köppen (1948), apresenta precipitação acumulada média de 1657,42 mm/ano com base nos registros de 1975 a 2005 (ANA, 2020).

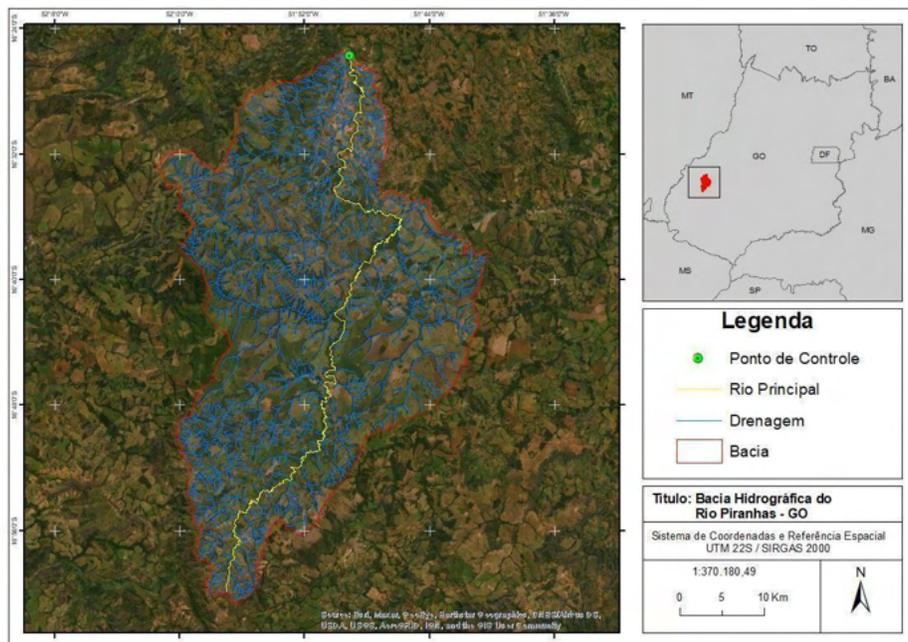


Figura 1: Representação da delimitação da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, localizada na região noroeste do Estado de Goiás.

Fonte: Autores.

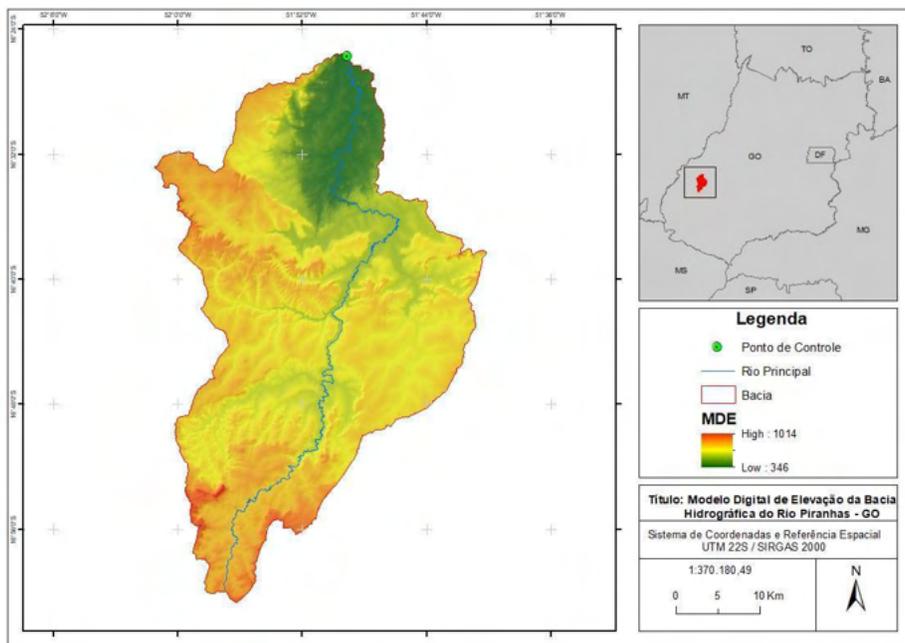


Figura 2: Representação do desnível da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, localizada na região noroeste do Estado de Goiás.

Fonte: Autores.

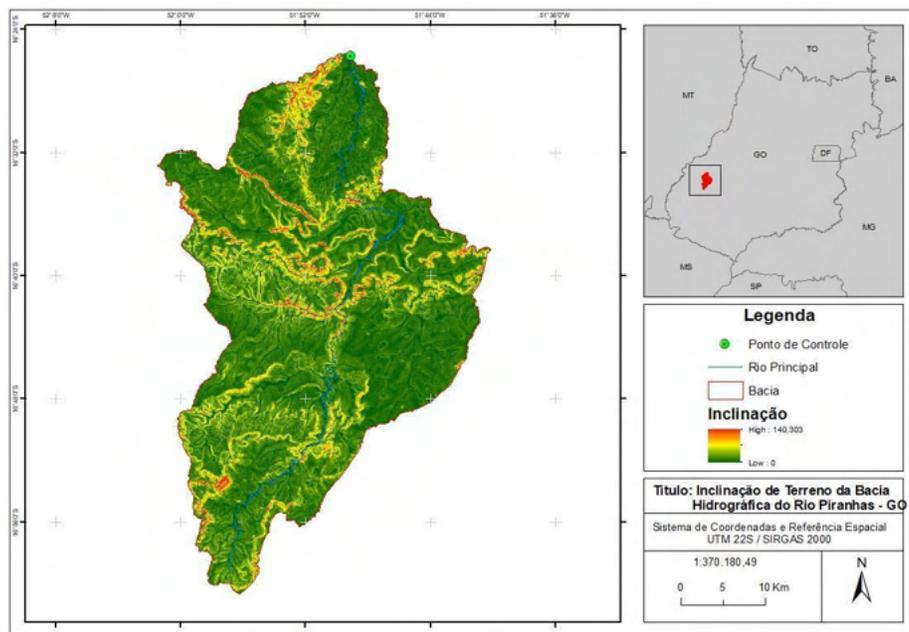


Figura 3: Representação da inclinação da bacia hidrográfica do Rio Piranhas, localizada na região noroeste do Estado de Goiás.

Fonte: Autores.

Conjunto de dados

Por se tratar de um modelo que não requer muitas variáveis, foram utilizados dados de precipitação e evapotranspiração como informações de entrada e as vazões diárias como dados de saída. Os dados de precipitação foram obtidos por meio de consulta à base Hidroweb, ferramenta pública da Agência Nacional de Águas (ANA, 2020) que dispõe de um banco de informações da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Através de duas estações pluviométricas (código nº 01651000 e 01651002) foi calculado, pelo método dos polígonos de Thiessen, a precipitação média da bacia.

A evapotranspiração foi obtida a partir da média para a bacia dos valores de E_{To} presentes em uma grade regular de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ gerada por Xavier et al. (2016). Nesse estudo, a E_{To} foi estimada pelo método de Penman-Monteith a partir dos dados de temperatura máxima e mínima, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento presentes em 735 estações meteorológicas, distribuídas por todo o território brasileiro, para o período de 1980-2013. O método de interpolação utilizado foi a ponderação de distância angular (ADW).

As vazões diárias observadas foram obtidas por meio de consulta à base Hidroweb com a seleção da estação fluviométrica nº 24780000 do Rio Piranhas, sendo esses dados utilizados na comparação com o valor obtido pelo modelo hidrológico do Tank Model.

Aplicação do Tank Model

O Tank Model representa os fluxos externos e internos de uma determinada bacia hidrográfica de acordo com o balanço hídrico. Tal modelo corresponde ao agrupamentos de tanques em série, que apresentam diversas saídas no fundo e nas laterais de cada tanque, conforme ilustrado na Figura 4. O escoamento lateral representa o escoamento das chuvas, sejam elas lentas ou rápidas, o escoamento do fundo representa a infiltração e contribuem indiretamente para o fluxo superficial (COSTA e HONÓRIO, 2020).

A Figura 4 ilustra o esquema de dois tanques utilizado neste estudo. Para a simulação do balanço de massa e obtenção da vazão do rio na seção considerada, soma-se as saídas laterais no primeiro tanque que representam o escoamento superficial e hipodérmico, a saída lateral do segundo tanque que corresponde ao escoamento intermediário e a saída de fundo que representa o fluxo de base subterrânea (PEREIRA *et al.*, 2016).

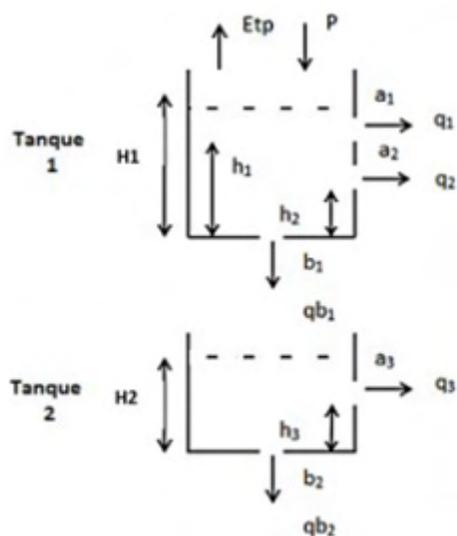


Figura 4: Modelo Tank Model.

Fonte: Costa e Honório, 2020, p. 109.

Onde:

P = Precipitação;

Etp = Evapotranspiração potencial;

H1 e H2 = altura das lâminas d'água armazenadas nos tanques;

a1, a2 e a3 = coeficiente de vazão lateral;

b1 e b2 = coeficiente de vazão de fundo;

h1, h2 e h3 = alturas dos orifícios das saídas laterais;

q1, q2 e q3 = escoamento superficial;

qb1, qb2 = descargas de fundo.

O ajuste do modelo de chuva-vazão é realizado de forma manual, através de um processo de regressão matemática, utilizando o algoritmo de otimização de Gradiente Reduzido Generalizado (GRG) não linear e Evolutionary, de acordo com os fundamentos propostos por Nash-Sutcliffe (1970). O método de otimização convencional apresentado na Equação 1 depende de valores iniciais para as variáveis, pois o conjunto de valores estimados altera o processamento do modelo (LARA & KOBIYAMA, 2012).

A distribuição da vazão no rio Piranhas foi avaliada para o período diário e mensal.

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}^t - Q_{calc}^t)^2}{\sum_{t=1}^T (Q_{obs}^t - \underline{Q_{obs}})^2} \quad (1)$$

Onde:

NSE = coeficiente de Nash-Sutcliffe

Qobs = vazão observada no campo

Qcalc = vazão calculada pelo método

Qobs = vazão observada média

RESULTADOS

A bacia hidrográfica possui uma paisagem caracterizada por um uso do solo predominantemente agropecuário, com presença de vegetação nativa típica do bioma Cerrado, e por um relevo relativamente heterogêneo, variando de áreas planas a onduladas. Os usos da água predominante na bacia hidrográfica do Rio Caiapó são destinados às atividades como abastecimento público, bombeamento, irrigação e piscicultura, conforme outorgas de direito de uso de recursos hídricos publicadas no Diário Oficial até o ano de 2018 (SEMAD, 2021).

Para a aplicação do modelo Tank Model, verificou-se que o GRG não Linear apresentou o melhor ajuste das variáveis no período diário e mensal do que Evolutionary.

NSE da vazão diária		
	GRG não linear	Evolutionary
Calibração	0,580	0,571
Validação	0,537	0,520
NSE da vazão mensal		
	GRG não linear	Evolutionary
Calibração	0,784	0,688
Validação	0,730	0,695

Tabela 1: Resultados de NSE correspondentes aos algoritmos GRG não Linear e Evolutionary.

A Tabela 2 apresenta os valores correspondentes dos parâmetros ajustados aos modelos avaliados (diário e mensal) após a aplicação do algoritmo GRG não linear, visto que esse algoritmo de otimização apresentou o melhor ajuste. Logo, esses parâmetros representam a conformação do modelo à realidade encontrada na bacia, podendo ser considerados como melhores ajustes encontrados para os dados existentes.

Período	H1	H2	H3	a1	a2	a3	b1	b2	CTES
Diária	164,53	0	30	0,02	0,01	0,002	0,02	0,02	0
Mensal	88,44	0	10	0,014	0,007	0,002	0,018	0,002	0

Tabela 2 - Parâmetros obtidos através da otimização da vazão diária e mensal no Tank Model, através do algoritmo GRG não linear.

A Figura 5 e 6 representam a variação da vazão do rio Piranhas obtida pelo modelo Tank Model, para os períodos avaliados: diário (Figura 5) e mensal (Figura 6). Para a estimativa mensal de vazão realizou-se a soma das vazões diárias em cada mês

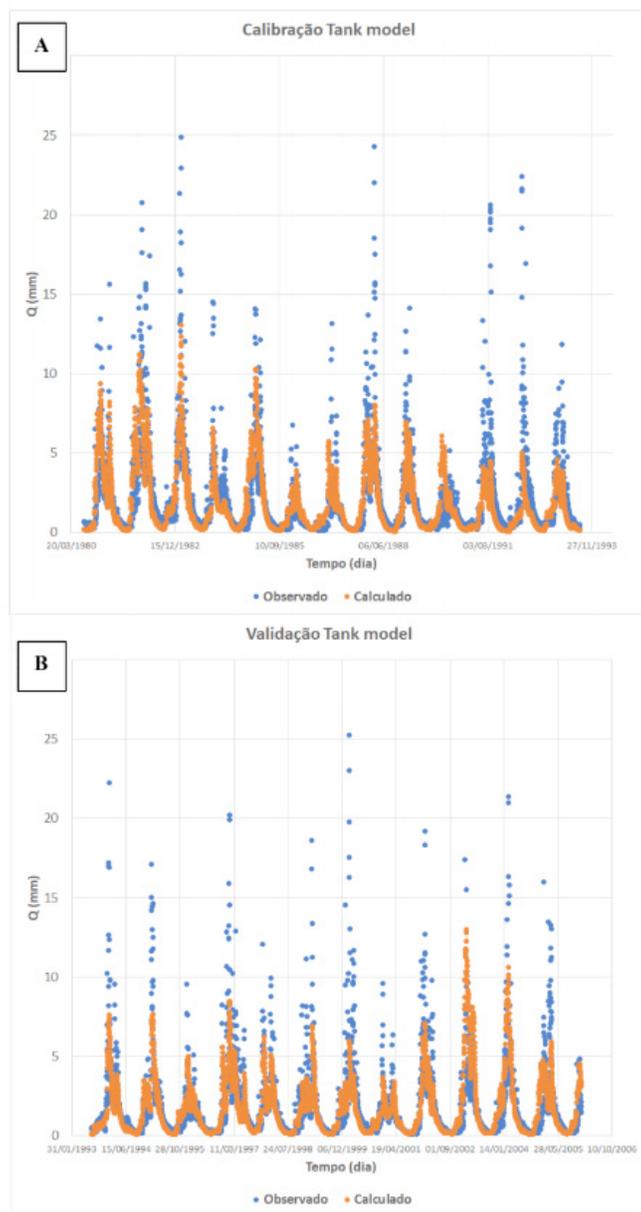


Figura 5: Distribuição diária das vazões utilizando o Tank Model na etapa de calibração (A) e validação (B).

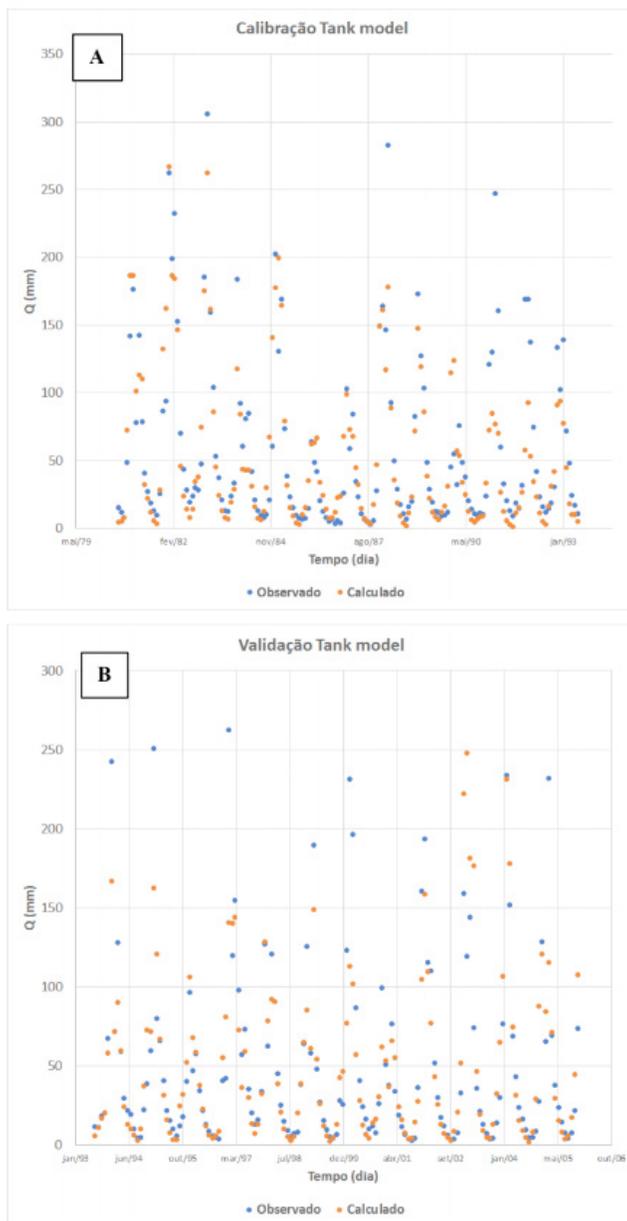


Figura 6: Distribuição mensal das vazões utilizando o Tank Model na etapa de calibração (A) e validação (B).

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na Figura 5, observa-se que a vazão diária calculada pelo modelo hidrológico não conseguiu reproduzir os valores mais elevados registrados pela estação fluviométrica, contudo, teve um bom ajuste para as pequenas vazões. No período mensal, ilustrado pela

Figura 6, as vazões apresentaram um bom ajuste para todos os intervalos de vazões.

Esses resultados são corroborados pelos valores de NSE, no qual para o período mensal, o ajuste do NSE foi de 0,784 e 0,730 na fase de calibração e validação, respectivamente (Tabela 1), sugerindo uma boa aplicabilidade em diversas situações, tais como: dimensionamento de reservatórios e estudos de bacias hidrográficas com pouca disponibilidade de dados.

Os valores NSE estimados neste trabalho corroboram com as conclusões obtidas em outros estudos utilizando o Tank Model (LARA et al., 2012; ARIFJAYA et al., 2011), onde foram encontrados resultados satisfatórios na aplicação desse modelo hidrológico. Na pesquisa desenvolvida por Pereira *et al.* (2016), os autores estimaram a vazão para uma bacia hidrográfica também localizada no bioma Cerrado, com ajustes elevados nas etapas de calibração (NSE diário igual a 0,894; NSE mensal igual a 0,962) e validação (NSE diário igual a 0,675; NSE mensal igual a 0,795).

CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

A implementação do algoritmo GRG não linear utilizando o suplemento Solver do software Excel, apresentou melhor desempenho do que o Evolutionary.

Para essa bacia o modelo apresentou melhor ajuste nas pequenas vazões do que nas altas vazões.

A vazão mensal apresentou melhor ajuste entre a vazão calculada com a observada frente à vazão diária, demonstrando assim uma coerência com a realidade. Este desempenho pode ser verificado pela utilização do coeficiente de Nash-Sutcliffe com precisão obtida na ordem de 0,784 e 0,730, na etapa de calibração e validação do modelo Tank Model, respectivamente.

REFERÊNCIAS

1. ARIFJAYA, Nana Mulyana et al. Application of Tank Model for Predicting Water Balance and Flow Discharge Components of Cisadane Upper Catchment. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, v. 17, n. 2, p. 63-70, 2011.
2. CELESTE, Alcigeimes B.; MENEZES, Thiago; FONTES, Vanderlan. Modelagem do processo chuva-vazão pelo Tank Model e por redes neurais artificiais na bacia do rio Japarutuba, Sergipe. *Scientia Plena*, v. 10, n. 7, 2014.
3. COSTA, Isabella Almeida; HONÓRIO, Michelle da Silva. Modelagem do processo chuva-vazão na bacia hidrográfica do ribeirão Santa Bárbara em Goiás. *Tecnia*, v. 5, n. 1, p. 102-118, 2020.
4. DINGMAN, S. Lawrence. *Physical hydrology*. Waveland press, 3 ed., 2015.

5. LARA, Pedro Guilherme; KOBAYAMA, Masato. Proposta de modelo conceitual: PM Tank Model. Revista Brasileira de Recursos Hídricos,(3), p. 149-161, 2012.
6. NUNES, Francisco Miquéias Sousa et al. Aplicação do Tank Model para estimativa mensal de vazões na bacia hidrográfica do rio Piancó. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 9, n. 1, p. 49, 2014.
7. PEREIRA, T.S.R.; SANTOS, K.A.; SILVA, B.F.; FORMIGA, K.T.M; SOARES, A.K. Desenvolvimento de um modelo chuva-vazão via Tank Model e calibração automática. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 11, n. 3, p 17-28, 2016,
8. SEMAD - Secretaria de estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Planilhas de dados: usos por bacias hidrográficas. Disponível em: <https://www.meioambiente.go.gov.br/component/content/article/120-meio-ambiente/outorga-de-%C3%A1gua/1063-planilhas-de-dados-usos-por-bacias-hidrograficas.html?Itemid=101>. Acesso em 12 de agosto de 2021.
9. SUGAWARA, M. Automatic calibration of the Tank Model. Hydrological
10. Science Bulletin, v. 24, n. 3, p. 375-388, 1979.
11. XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013). International Journal of Climatology, v. 36, n. 6, p. 2644-2659, 2015.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ação antrópica 147

Água 2, 36, 37, 41, 44, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 96, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 107, 111, 112, 113, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 136, 137, 149, 152, 153, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 168, 170, 171, 174

Águas superficiais 46, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64, 149, 150, 151, 161, 163, 170, 172

Antidepressivos 149, 151, 152, 154, 155, 159, 163

Áreas de Transbordo e Triagem (ATT) 24, 25, 26, 27, 31, 32

B

Bacias hidrográficas 47, 63, 123, 131, 140, 141

Back-end 124

Bambu 142, 143, 144, 145, 147

Bifenilas policloradas (PCBs) 167, 176, 177

Bioensaios 167, 174

Biofilme 142, 144, 145, 147

Biota 86, 149, 150, 176

C

Collection 24, 44, 45, 67, 68, 71, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94

Compostagem 3, 19, 20, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43

Conselho Estadual de Política Ambiental e Recursos Hídricos (COPAM/CERH) 147

Construção civil 4, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 20, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 32

D

Demanda Química de Oxigênio (DQO) 143, 147

E

Ecotoxicologia 167, 169, 175, 176

Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) 142, 143, 147

F

Fármacos 149, 150, 151, 152, 155, 156, 158, 160

Filtro anaeróbio 142, 143

Fluorescent lamps 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73

Fotólise 149, 151, 153, 154, 156, 157, 158, 160, 161, 162, 163

Fototransformação 149

Front-end 124

G

Garbage 75, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 91, 92

Gestão de resíduos 1, 2, 3, 4, 7

Gradiente reduzido generalizado 131, 133, 136

H

Hazardous 65, 66, 72, 73

I

Impactos ambientais 8, 17, 34, 107, 142, 150, 174

Impactos sistêmicos 167

L

Landfills 83, 84, 86, 92, 94

Linguagem de estilo - CSS 124

Linguagem de marcação - HTML 124

M

Meio ambiente 8, 23, 27, 28, 32, 34, 41, 61, 75, 95, 96, 141, 142, 149, 154, 168, 176

Microcontaminantes 149, 151, 157, 163

Modelos hidrológicos 131, 132

Model-View-Controller (MVC) 124

Municipal Solid Waste (USC) 75, 76, 77, 82

O

OnLine Management 75

Organismo-teste 167

P

Patógenos 33

Plano de governo 1, 2, 4

Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) 34, 41

Poluentes emergentes 149, 150

Poluentes Orgânicos Persistentes (POPs) 167, 168, 176

Problemáticas ambientais 1, 2

Produtos farmacêuticos 149

R

Radiação solar 135, 149, 151, 153, 162, 163

Reciclagem 3, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 20, 23, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 34, 172

Recursos hídricos 41, 44, 61, 122, 130, 131, 132, 137, 141, 142, 147

Recursos naturais 9, 61

Resíduos alimentares 33, 35, 40

Resíduos da construção e demolição 1, 8, 9, 10, 11, 17, 18, 23, 24, 25, 26, 27

Resíduos orgânicos 33, 34, 35, 42, 43

S

Saneamento básico 2, 7, 60, 63, 64

Segurança cibernética 95, 97, 98, 99, 100, 101, 104, 105, 106, 107

Selective collect 83

Simulador hidráulico 111

Sistema de abastecimento de água 104, 111, 112, 127

Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) 44, 46, 59

Softwares 48, 75, 103, 112, 122, 123

T

Tank model 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141

Tecnologia da informação 95, 97, 98, 99

Tecnologia operacional 95

Teste de germinação 33, 35, 36

Trucks 75, 76, 78, 79, 81

U

United States Environmental Protection Agency (USEPA) 106, 109

V

Variáveis ambientais 131

W

Water resources 83, 92, 131

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING
2**

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

**APPLIED ENVIRONMENTAL
AND SANITARY
ENGINEERING
2**