



**Paulo Roberto Megna Francisco
José Hugo Simplicio de Sousa
George do Nascimento Ribeiro
José Nilton Silva**



POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E ARMAZENAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SEGURANÇA HÍDRICA DE PARTE DA REGIÃO CONTINENTAL BRASILEIRA

***Potencial de Captação e
Armazenamento de Água de
Chuva para Segurança Hídrica
de Parte da Região Continental
Brasileira***



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P8476 Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Segurança Hídrica de Parte da Região Continental Brasileira/Francisco et al.
— Campina Grande: EPTEC, 2024.

42 f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-01-03457-7

1. Águas pluviais. 2. Coleta. 3. Armazenagem. 4. Geoprocessamento.
5. Estatística zonal. I. Francisco, Paulo Roberto Megna. II. Sousa, José Hugo Simplicio de. III. Ribeiro, George do Nascimento. IV. Silva, José Nilton. V. 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.



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

2024 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2024 Os autores

Copyright da edição © 2024 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

Créditos das Imagens da capa e texto

Pixabay/Freepick

Editoração, Revisão e Arte da Capa

Paulo Roberto Megna Francisco

Conselho Editorial

Claudimir Silva Santos (IFSULMINAS)

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

Fabício Santos Ritá (IFSULMINAS)

Flávio Pereira de Oliveira (CCA-UFPB)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Guttemberg da Silva Silvino (CCA-UFPB)

Gypson Dutra Junqueira Ayres (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Nilton Silva (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Raimundo Calixto Martins Rodrigues (DEAG-UEMA)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco
José Hugo Simplicio de Sousa
George do Nascimento Ribeiro
José Nilton Silva

Potencial de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Segurança Hídrica de Parte da Região Continental Brasileira



1.a Edição
Campina Grande-PB
2024

REALIZAÇÃO

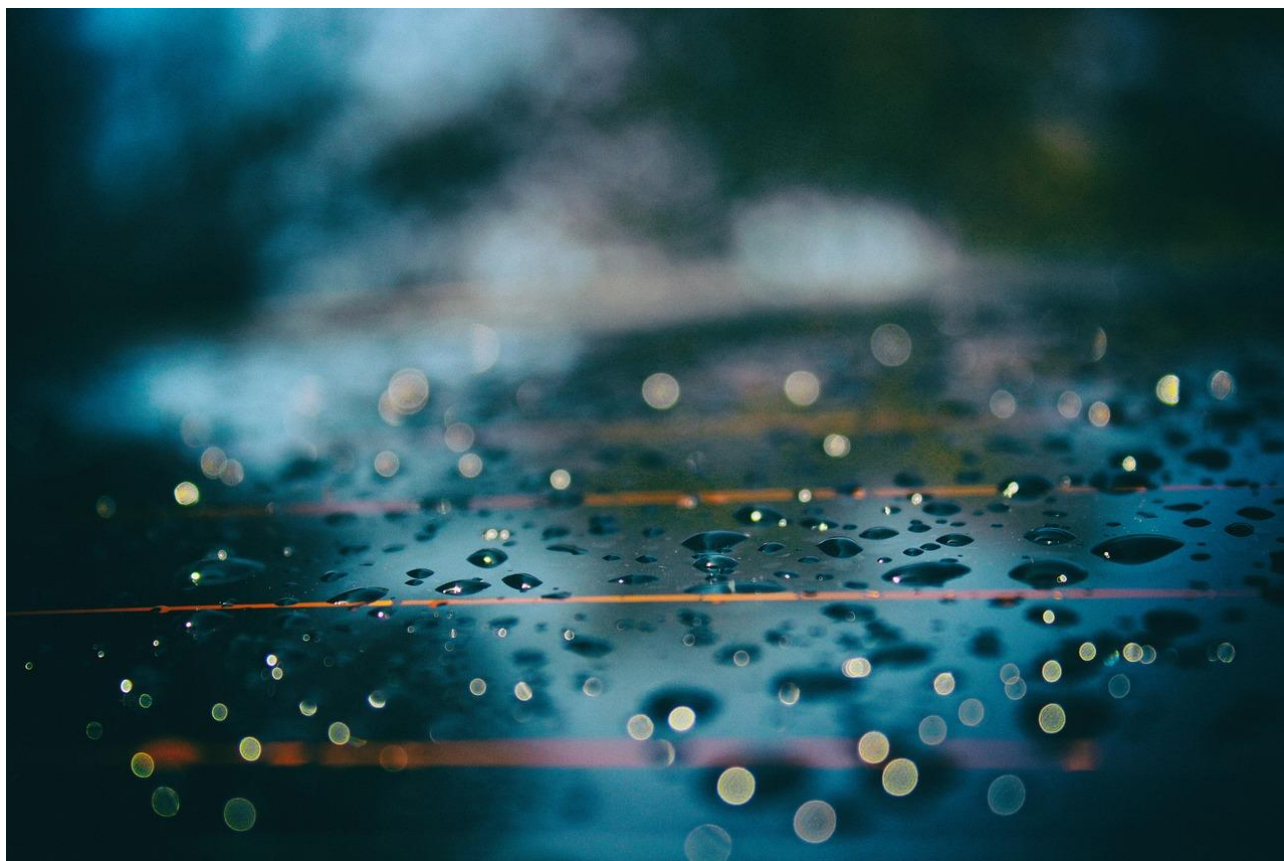


APOIO



SUMÁRIO

<i>Introdução.....</i>	<i>6</i>
<i>WorldClim®.....</i>	<i>8</i>
<i>Estudos Realizados.....</i>	<i>9</i>
<i>SIG e Estatística</i>	<i>10</i>
<i>Objetivos da Pesquisa</i>	<i>11</i>
<i>Caracterização da área de estudo</i>	<i>12</i>
<i>Material e Métodos.....</i>	<i>16</i>
<i>Resultados e Discussão</i>	<i>19</i>
<i>Conclusão.....</i>	<i>32</i>
<i>Referências Bibliográficas.....</i>	<i>33</i>
<i>Curriculum dos Autores.....</i>	<i>41</i>



INTRODUÇÃO

A captação de água de chuva é uma prática milenar, adotada em diversas regiões no mundo, como Oriente Médio, Europa e América Latina. As civilizações Incas, Maias e Astecas já utilizavam água de chuva há mais de 2.000 anos a.C. (GIACCHINI, 2010; TOMAZ, 2003). Na qualidade de tecnologia social, acessível e ecológica, o aproveitamento da água da chuva está em consonância com a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (ONU, 2015), notadamente com os Objetivos 3 (Saúde em Bem Estar), 6 (Água Potável e Saneamento) e 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) (BATISTA, 2021).

Gomes et al. (2010) salientam que, embora o Brasil possa ser considerado privilegiado em termos de recursos hídricos, já enfrenta problemas relacionados à escassez de água, devidos a fatores da distribuição espacial não uniforme e a degradação ambiental dos recursos hídricos.

A água, além de ser um recurso vital e de extrema importância como fator de produção para diversas atividades, é fonte essencial para que haja desenvolvimento econômico e

tecnológico em todo mundo. No Brasil, as águas pluviais vêm sendo utilizadas nos estados do Nordeste, devido à falta de recursos hídricos, e essa água captada, é usada como fonte de suprimento (CARVALHO, 2010).

A captação de água da chuva é uma boa prática de gestão que oferece vários benefícios, incluindo a redução da demanda do sistema público de abastecimento de água e atuando como uma solução potencial para minimizar os efeitos do aumento do escoamento superficial em áreas urbanas (KIM HAN e LEE, 2012; GWENZI e NYAMADZAWO, 2014; PELAK e PORPORATO, 2016; CAMPISANO et al., 2017; AMOS et al., 2018; BASHAR KARIM & IMTEAZ, 2018; PALA et al., 2021).

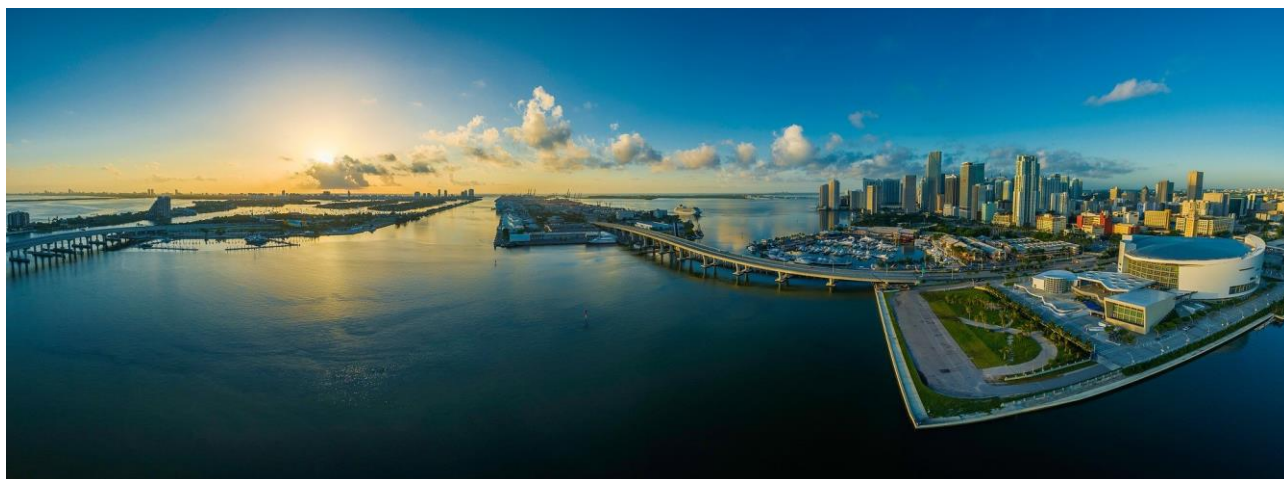
Mano (2004) afirma que, sistemas localizados de captação podem coletar água de telhados de construções, superfícies de terras pavimentadas e terrenos naturais, para abastecimento de água do uso doméstico, industrial e agrícola. Fewkes e Butler (1999) afirmam que a coleta, armazenagem e utilização de água da chuva proveniente dos telhados é uma forma simples de redução das demandas municipais, para suprimento de água. Thomas (2001), por exemplo, afirma que é uma tecnologia-chave para o problema de abastecimento do sertão brasileiro. Bohara (1999) apresenta algumas grandes vantagens na utilização de água da chuva, entre elas o mínimo esforço para obter água; a independência dos sistemas de captação; a simplicidade para construção e manutenção dos sistemas; e os baixos níveis de impacto ambiental exigidos.



WORLDCLIM®

O WorldClim® é um conjunto de camadas climáticas globais, dados climáticos em grade no formato geotiff, que podem ser usados para mapeamento e modelagem espacial. A versão 1 do WorldClim® é um conjunto de dados em grade climática global de alta resolução cobrindo 1961-1990. Este conjunto de dados foi gerado interpolando dados de estações meteorológicas utilizando latitude, longitude e elevação como variáveis independentes (MARCHI et al., 2019).

O WordlClim® v.2 contém dados climáticos médios mensais em grade para o período 1970-2000 com diferentes resoluções espaciais, de 30 segundos ($\sim 1 \text{ km}^2$) a 10 minutos ($\sim 340 \text{ km}^2$). As correlações globais de validação cruzada foram $\geq 0,99$ para temperatura e umidade, 0,86 para precipitação e 0,76 para velocidade do vento (FICK & HIJMANS, 2017).



ESTUDOS REALIZADOS

No Estado do Piauí, Melo et al. (2005), Maciel et al. (2010) e Santos et al. (2012), avaliando a pluviosidade e sua variabilidade demonstraram as condições necessárias para uma eficiente captura e armazenamento de água de chuva. Francisco et al. (2017), demonstraram a viabilidade que o aproveitamento de água de chuva garante, mediante potencialidades pluviais, armazenamento e de consumo para o município de Sousa, no Sertão da Paraíba e observaram que existe o potencial de captação de água na região.

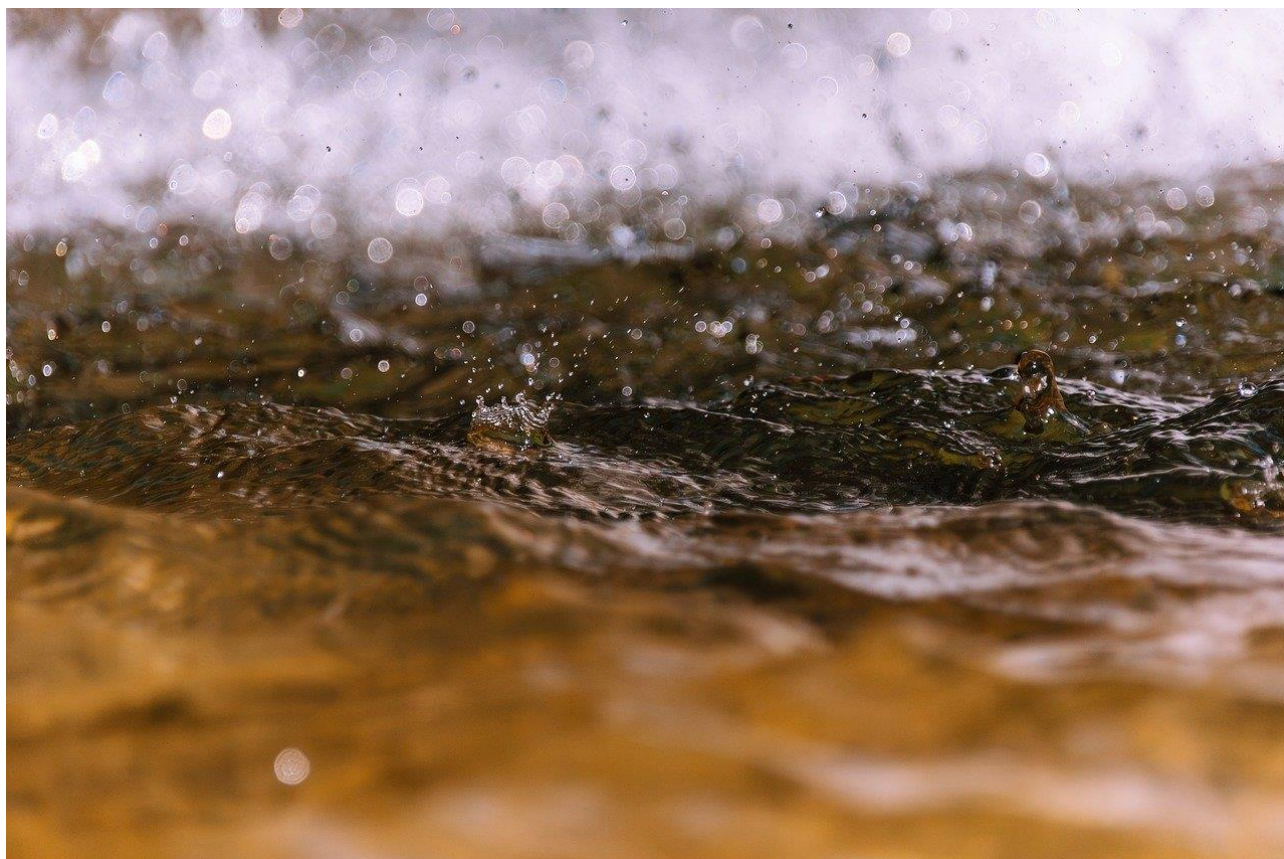
Várias pesquisas de diversas regiões brasileira estimaram a economia de água potável que um sistema de aproveitamento de água de chuva pode promover, como de Mano (2004), Ghisi (2006), Dias (2007), Marinoski e Ghisi (2008), Kuritza (2009), Maia et al. (2011), Batista (2021), Castro et al. (2021), Batista e Nahum (2023). Francisco et al. (2023), utilizaram dados climáticos do WordlClim® para estimar o potencial de captação e armazenamento de água de chuva para o Estado da Paraíba.



SIG E ESTATÍSTICA

De acordo com Brandão (2001), modelos matemáticos, aritméticos e lógicos, buscando representar propriedades e processos do meio físico natural, têm sido implementados nos SIG, com o objetivo de facilitar o seu estudo e compreensão, para que se possa atuar sobre o meio ambiente de forma mais responsável e cooperativa. Contudo, as propriedades naturais da superfície terrestre são espacialmente contínuas, sendo restritivo descrevê-las através de simples funções matemáticas. Modelos inferenciais para este objetivo vêm sendo propostos. A Geoestatística é um desses modelos e sua base conceitual está fundamentada na teoria das variáveis regionalizadas, formalizada por Matheron (1971).

Saldanha et al. (2024) afirmam que, para cada limite em um mapa de regiões, estatísticas como médias, valor máximo, valor mínimo, desvio padrão e outros, são calculados para representar estatisticamente as células que intercepta o limite, em que é denominada de estatística zonal. Estatísticas zonais são estatísticas descritivas calculadas usando o conjunto de células que interceptam espacialmente um determinado limite (TOMLIN, 1994).



OBJETIVOS DA PESQUISA

Portanto, este trabalho objetiva estimar e mapear o potencial de captação e armazenamento de água de chuva para parte da região continental brasileira utilizando modelagem.



CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo da região continental compreende os Estados da região Nordeste e os Estados de Minas Gerais, Maranhão e Amapá com diversidade de ambientes, elevação (Figura 1a), solos, clima (Figura 1b) e vegetação (Figura 2).

De acordo com Alvares et al. (2013), na área de estudo, o clima Af é identificado no Estado da Bahia, ao longo do litoral em uma faixa estreita nas Planícies Marinhas e Planaltos Costeiros; o clima Am apresenta-se na faixa litorânea do Nordeste; o clima Aw ocorre em uma ampla faixa de forte gradiente de umidade de oeste para leste, vindo do oeste dos Estados do

Piauí e Bahia; o clima tropical, com chuvas de inverno (As) ocorre principalmente no Nordeste entre os climas Aw e BSh, na faixa que define o Agreste, região do Semiárido, entre os Estados do Rio Grande do Norte e da Bahia; o clima semiárido BSh é notadamente o clima típico do Nordeste, ocorrendo basicamente em paisagens onde a precipitação anual cai em média para menos de 800mm, é um clima sertanejo, na Paraíba se estende por todo o Planalto da Borborema, onde no vale do rio Paraíba a precipitação anual oscila em torno de 400mm, considerado um dos locais mais secos do Brasil; o Cwa é um clima típico do sudeste e observado no Estado de Minas Gerais; o Cwb ocorre no centro-sul de Minas Gerais e na Bahia, na região centro-sul onde as altitudes são superiores a 1.000 m como no Planalto de Diamantina em que a precipitação anual é inferior a 700mm, sendo, portanto, o local Cwb mais seco do Brasil, e em algumas paisagens de altitude do Planalto da Borborema (Pernambuco e Paraíba), nas encostas de altitude acima de 1.000 m, ocorre o clima mais setentrional do tipo Cwb.

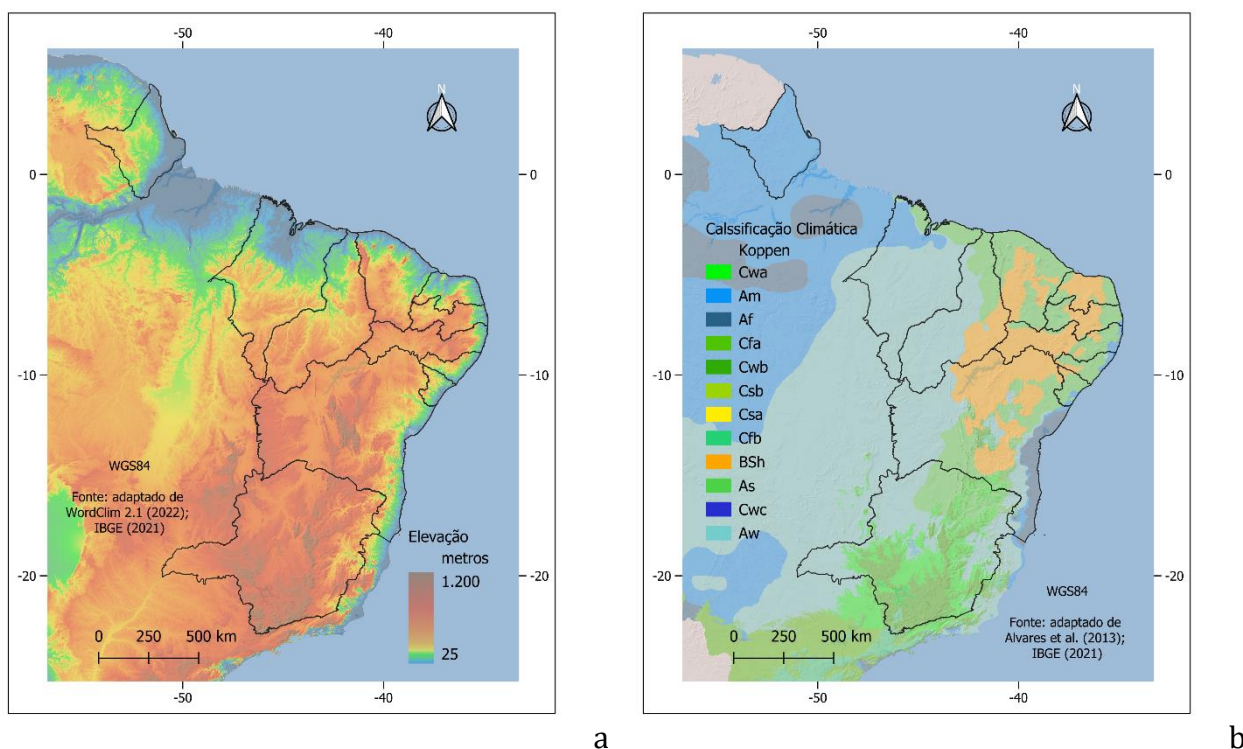


Figura 1. Elevação (a), Classificação climática de Köppen (b).

Fonte: adaptado de WorldClim® 2.1 (2022); Alvares et al. (2013); IBGE (2021).

O Brasil é um país megadiverso onde seu território ocupa mais de 851 Mha abrangendo 6 biomas únicos e ricos em biodiversidade denominados Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pampa, Pantanal e Mata Atlântica, em que possuem características distintas em termos de estrutura e composição da vegetação, características físicas e químicas do solo,

disponibilidade de água, biodiversidade com ecossistemas endêmicos, condições climáticas e atividades de uso da terra (Figura 2) (SOUZA JR et al., 2020).

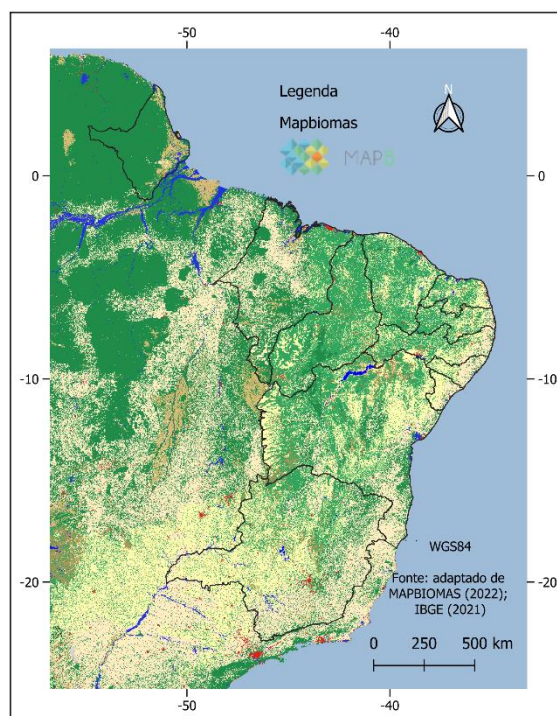
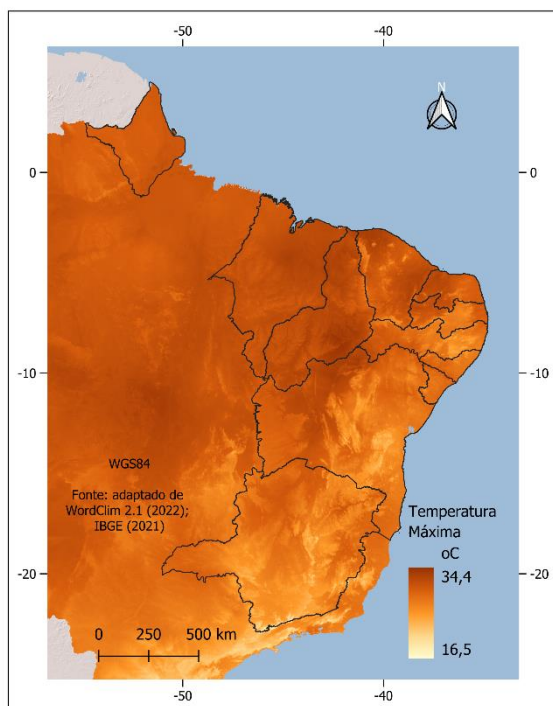
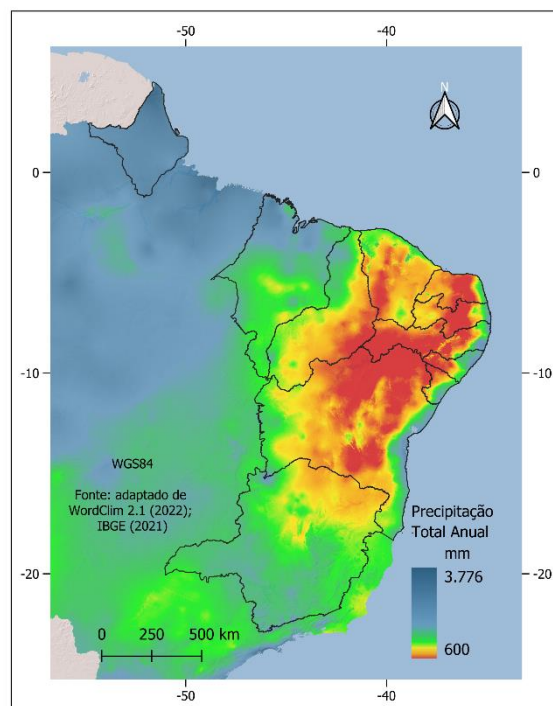


Figura 2. Vegetação. Fonte: adaptado de MAPBIOMAS (2022); IBGE (2021).

Os ambientes tropicais caracterizam-se pela elevada incidência de radiação solar, insolação e temperatura (Figura 3). Quanto mais próximo do equador, mais crítica é a incidência, como é o caso das regiões norte, nordeste e centro-oeste do Brasil (BAYER, 2004; BLEY JR., 1999). Quanto a precipitação, a América do Sul, como tem grande parte do seu território em área tropical, recebe anualmente volumes elevados de precipitação. Além disso, há grande variabilidade temporal e espacial da precipitação (REBOITA et al., 2010; MONTEIRO et al., 2021; REBOITA & AMBRIZZI, 2022).



a



b

Figura 3. Temperatura máxima (a), Precipitação total (b).

Fonte: adaptado de WorldClim® 2.1 (2022); IBGE (2021); ESRI (2024).

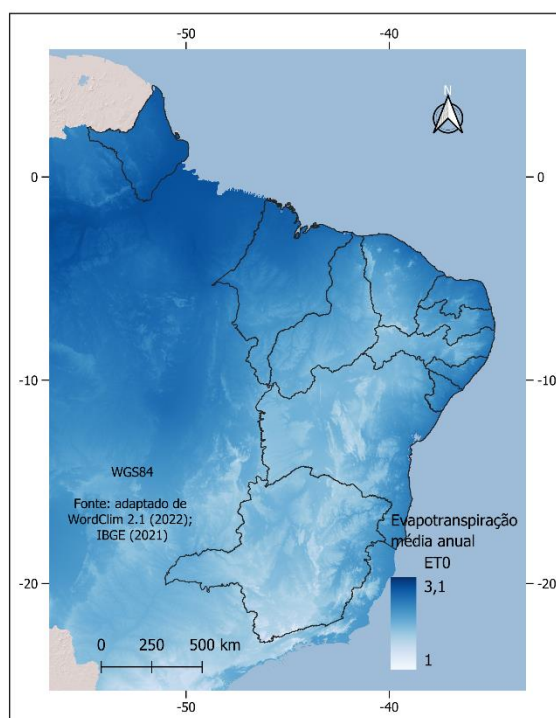


Figura 4. Evapotranspiração.

Fonte: adaptado de WorldClim® 2.1 (2022); IBGE (2021); ESRI (2024).



MATERIAL E MÉTODOS

Na realização deste trabalho foi utilizado a variável climática de precipitação total mensal (mm) (12 meses) adquiridas em formato *tif* na base digital da WordClim® v2.1 de dados entre 1970 a 2000 (ZOMER et al., 2022) de alta resolução espacial de 30s de arco ($\sim 1 \text{ km}^2$).

Utilizando o QGIS® 3.36.2 foram importados os arquivos e recortados. Após, utilizando a calculadora *raster* foi gerado o mapa de temperatura média anual através das imagens de temperaturas mensais médias pela metodologia adaptada de Francisco et al. (2017; 2023).

Os cálculos da demanda hídrica e da necessidade de água projetada para residências foi de 150 e 300 m² para telhado ou cobertura; 500 m² para cobertura para galpão rural; e para cisterna calçadão de 1.000 m². Foi adotado uma residência de 4 pessoas em que de acordo com a ONU (2015), apresenta um consumo diário mínimo de 110 litros de água por pessoa (160,6 m³.ano).

Para a determinação do volume de água de chuva para aproveitamento pelas áreas de telhados, cobertura e calçamento, foi utilizada a metodologia adaptada de Ghisi et al. (2007) e aplicada por Lima et al. (2011), Nascimento et al. (2016) e Francisco et al. (2023) (Equação 1).

$$VMA = P \cdot A \cdot C / 1000 \text{ (Eq.1)}$$

Em que: Vma - volume médio anual de chuva captado (m^3); P - precipitação anual média (mm); A - área total de captação (m^2); C - coeficiente de *runoff* (adimensional) (0,81) (VILLELA e MATTOS, 1980); 1000 - fator de conversão da precipitação de mm para m.

O potencial anual de armazenamento de água potável para residência foi determinado considerando os dados das médias anuais do consumo de água estimado e do volume anual de água de chuva captada, conforme a metodologia adaptada de Ghisi et al. (2007) (Equação 2).

$$PAT = V - DAP \text{ (Eq.2)}$$

Em que: PAT - potencial de armazenamento de água para telhado (m^3); V - Volume anual médio de água de chuva captada (m^3); DAP - demanda anual de água potável (m^3).

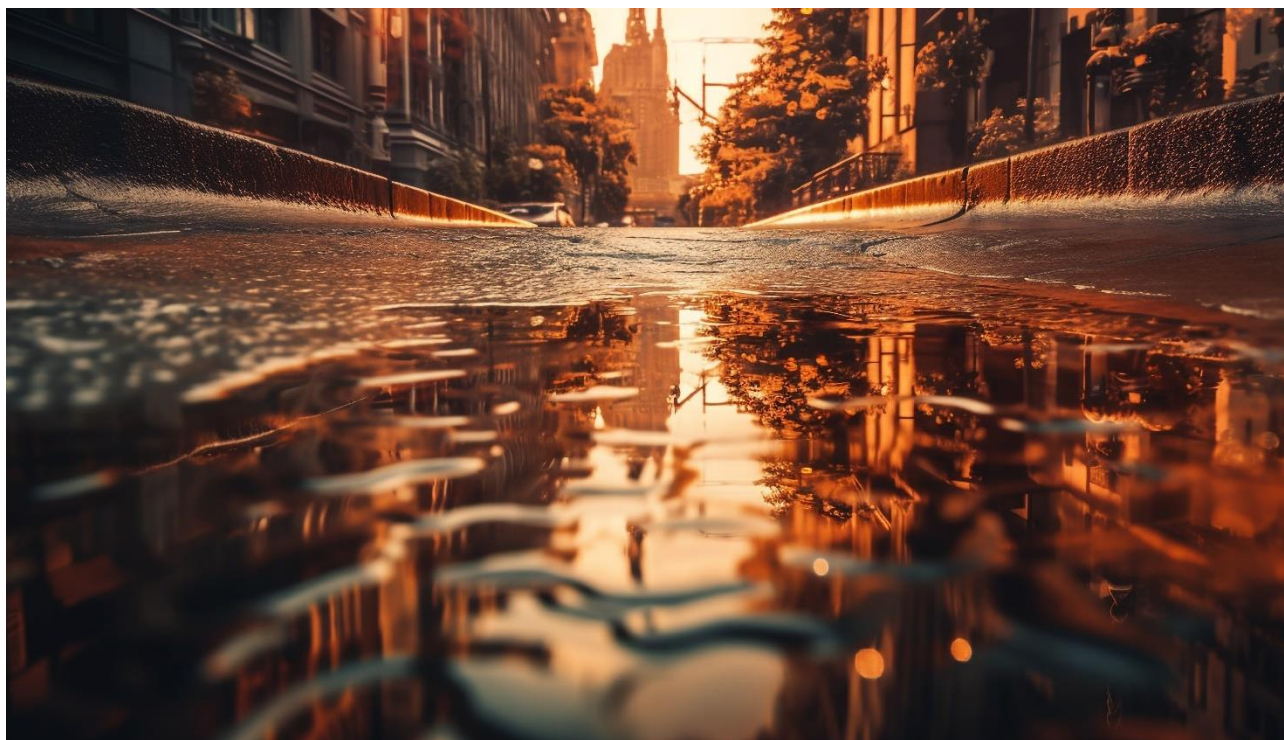
Já o potencial anual de armazenamento de água para galpão e calçamento, foi determinado considerando os dados das médias anuais do consumo de água da cultura do milho (*zea mays*) com CAD estimado de 70mm, recomendado pela EMBRAPA (2021) para um ciclo de 120 dias totalizando 280mm de consumo médio, não levando em consideração a época de plantio; e considerando o volume anual de água de chuva captada (Equação 3).

$$PAC = V - DA \text{ (Eq.3)}$$

Em que: PAC - potencial de armazenamento de água para cobertura/calçamento (m^3); V - Volume anual médio de água de chuva captada (m^3); DA - demanda anual de água (m^3).

Em seguida as imagens *raster* foram transformados em formato vetorial e classificadas. Na sequência foram elaborados os mapas de potencial de captação e de armazenamento de 150, 300, 500 e 1.000 m^2 .

Após foi realizada a estatística zonal através do SAGA® 9.2.0 desenvolvido por Conrad et al. (2015) sendo utilizado um arquivo digital no formato *shape* dos limites estaduais fornecido pelo IBGE (2021). Em seguida foi utilizando o plugin do RStudio® do QGIS® onde foram gerados os *qqplots*.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, pode-se verificar a precipitação média anual, em que no Estado da Bahia, ocorrem os menores valores mínimos (Tabela 1). No Amapá ocorre a maior média e os valores máximos. O maior desvio padrão e variabilidade ocorrem em Alagoas, e os menores valores no Ceará. Estes valores de precipitação estão de acordo com o índice de aridez que determina a região semiárida de acordo com Xavier et al. (2022) onde relatam que, as áreas com índices inferiores, localizam-se no interior da região Nordeste (exceto Maranhão) e no norte de Minas Gerais.

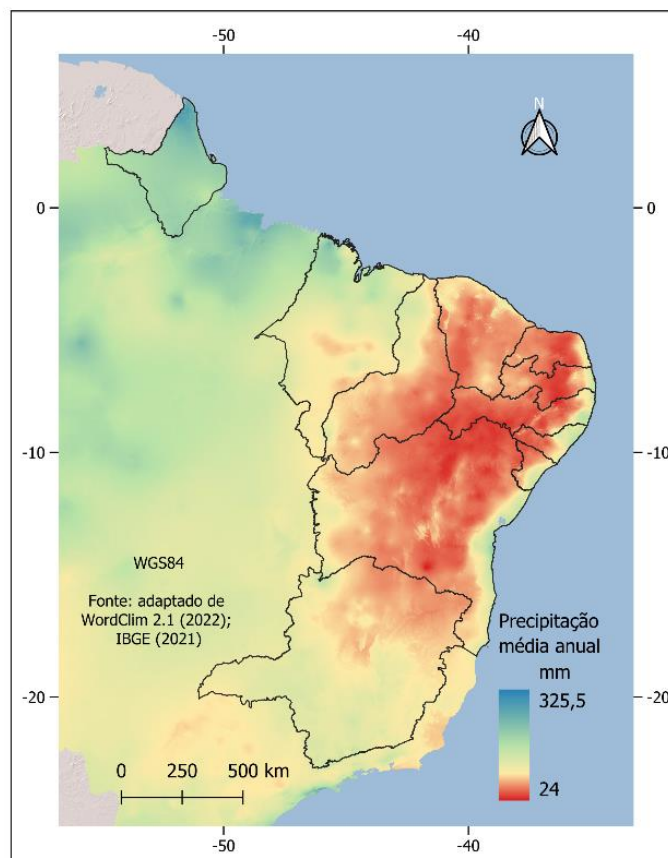


Figura 2. Precipitação média (mm) (1970-2020).

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

Tabela 1. Estatística descritiva da precipitação média

Estado	Mediana	Média	Desv.P.	Mínimo	Máximo	Variabilidade
AL	91,6	88,3	37,5	37,8	173,1	1.406,70
BA	73,1	67,7	26,4	24,1	203,7	698,3
CE	73,9	70,3	15,3	47,3	146,0	235,5
MA	125,9	120,8	27,4	79,3	249,4	751,0
PB	66,8	66,3	24,1	31,4	167,3	579,1
PE	62,1	53,8	26,9	30,5	178,5	722,4
PI	83,9	81,9	22,0	38,9	149,8	483,4
RN	63,5	62,1	17,7	36,1	133,8	313,2
SE	86,8	81,8	29,8	38,5	152,2	890,2
AP	205,6	200,3	20,4	161,7	294,6	418,0
MG	106,0	108,4	20,4	57,3	197,1	417,0

De acordo com Mutti et al. (2020), a região do semiárido é influenciada por sistemas atmosféricos de frentes frias vindas do sudeste brasileiro, com variações sazonais da Zona de Convergência Intertropical.

Conforme Alvares et al. (2013), observaram que a variabilidade espacial se apresenta semelhante ao mapa normal climatológico apresentado pelo INMET, muito semelhante ao encontrado em outros estudos (GOLFARÍ et al., 1978; NIMER, 1989; GRIMM, 2009; MARENGO e NOBRE, 2009; ALVES, 2009; NUNES et al., 2009). Os autores também identificaram precipitações anuais inferiores a 700mm que ocorrem no Planalto da Borborema, Agreste da Paraíba, Vale do Rio São Francisco e norte da Bahia, regiões mais secas do país denominadas como Sertão.

Conforme a Figura 3 e a Tabela 2, observa-se que a capacidade de captação de água de chuva para telhados (150 m^2), os maiores valores médios se apresentam no Estado do Amapá ($249,80 \text{ m}^3\text{ano}$), e menores em Pernambuco ($75,46 \text{ m}^3\text{ano}$) com maior desvio padrão em Alagoas e maior variância, valores mínimos na Bahia ($29,26 \text{ m}^3\text{ano}$) e máximos no Amapá ($357,92 \text{ m}^3\text{ano}$). Observa-se que os menores valores se concentram na região de menor pluviosidade, no semiárido.

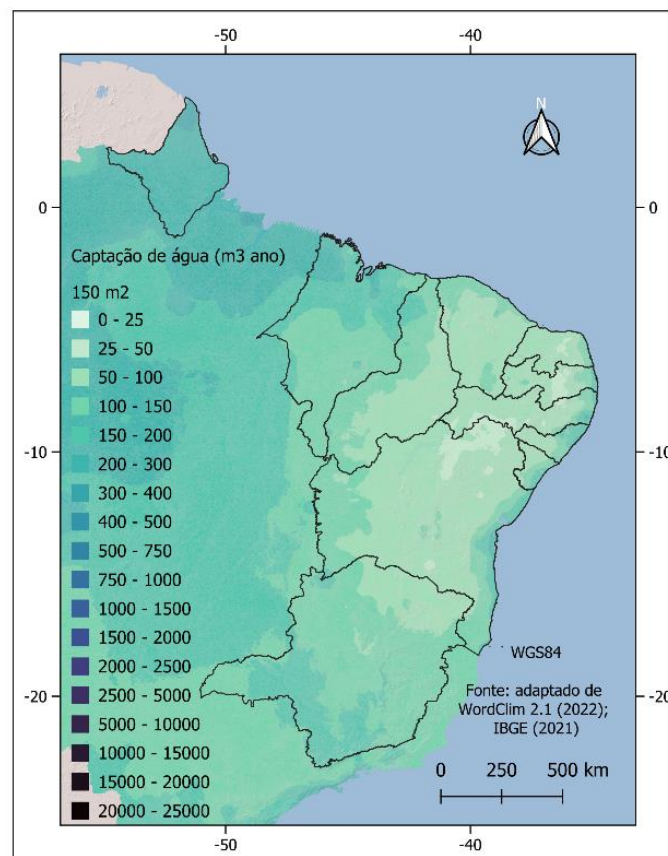


Figura 3. Potencial de captação de água de chuva (m^3ano) para telhados de 150 m^2 .

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

Observa-se que o volume aproveitável de águas pluviais não consegue suprir totalmente a demanda mensal, no entanto o aproveitamento é válido, pois durante um ano deixaria de ser consumido aproximadamente em média de 130 m³ano de água tratada.

Francisco et al. (2023) avaliando o potencial de captação e armazenamento de água de chuva para o Estado da Paraíba observaram que para uma moradia com 150 m² de telhado, o potencial de captação atende somente a região do Litoral onde apresenta valores superiores ao necessário de consumo, decrescendo conforme adentra as regiões do interior do Estado. Resultado similar a este trabalho.

Tabela 2. Potencial de captação de água de chuva (m³ano)

Estado	Telhados de 150 (m ²)						Telhados de 300 (m ²)					
	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância
AL	111,34	107,22	45,57	45,97	210,30	2.076,63	222,68	214,45	91,14	91,93	420,59	8.306,54
BA	88,80	82,21	32,11	29,26	247,46	1.030,89	177,59	164,43	64,21	58,52	494,91	4.123,54
CE	89,84	85,46	18,65	57,41	177,39	347,64	179,67	170,91	37,29	114,82	354,78	1.390,56
PB	81,22	80,60	29,24	38,17	203,21	854,92	162,44	161,19	58,48	76,34	406,42	3.419,67
PE	75,46	65,41	32,66	37,06	216,88	1.066,45	150,93	130,82	65,31	74,11	433,76	4.265,79
PI	101,90	99,53	26,71	47,28	181,95	713,65	203,80	199,06	53,43	94,57	363,89	2.854,60
RN	77,18	75,43	21,50	43,84	162,61	462,37	154,37	150,86	43,01	87,68	325,21	1.849,47
SE	105,44	99,33	36,25	46,78	184,88	1.314,18	210,87	198,65	72,50	93,56	369,77	5.256,73
MA	153,02	146,81	33,30	96,39	303,04	1.108,58	306,03	293,63	66,59	192,78	606,08	4.434,33
AP	249,80	243,40	24,84	196,43	357,92	617,07	499,60	486,81	49,68	392,85	715,84	2.468,28
MG	128,83	131,73	24,81	69,56	239,46	615,62	257,65	263,45	49,62	139,12	478,91	2.462,49

Estado	Cobertura de 500 (m ²)						Calçada de 1000 (m ²)					
	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância
AL	371,14	357,41	151,90	153,22	700,99	23.073,71	742,28	714,83	303,80	306,45	1.401,97	92.294,85
BA	295,99	274,05	107,02	97,54	824,85	11.454,29	591,97	548,10	214,05	195,08	1.649,70	45.817,16
CE	299,45	284,85	62,15	191,36	591,30	3.862,68	598,90	569,70	124,30	382,73	1.182,60	15.450,70
PB	270,73	268,65	97,46	127,24	677,36	9.499,10	541,47	537,30	194,93	254,47	13.54,72	37.996,38
PE	251,54	218,02	108,86	123,53	722,92	11.849,43	503,09	436,05	217,71	247,05	1.445,85	47.397,70
PI	339,66	331,76	89,05	157,61	606,49	7.929,44	679,33	663,52	178,09	315,23	1.212,97	31.717,77
RN	257,28	251,44	71,68	146,14	542,02	5.137,43	514,55	502,88	143,35	292,27	1.084,05	20.549,71
SE	351,45	331,09	120,84	155,93	616,28	14.602,02	702,90	662,17	241,68	311,85	1.232,55	58.408,09
MA	510,05	489,38	110,98	321,30	1.010,14	12.317,58	1.020,11	978,75	221,97	642,60	2.020,28	49.270,33
AP	832,66	811,35	82,80	654,75	1.193,06	6.856,33	1.665,32	1.622,70	165,61	1.309,50	2.386,13	27.425,33
MG	429,42	439,09	82,71	231,86	798,19	6.840,25	858,85	878,17	165,41	463,73	1.596,38	27.360,99

Na Figura 4, do potencial de captação para cobertura de 300 m² verifica-se comportamento similar ao de 150 m² com menor desvio padrão e menor variância no Estado do Ceará de 37,29 e 1.390,56, respectivamente. No entanto, a quantidade de captação é maior variando com valores mínimos de 58,52 m³ano na Bahia e de máximos no Amapá de 715,84 m³ano.

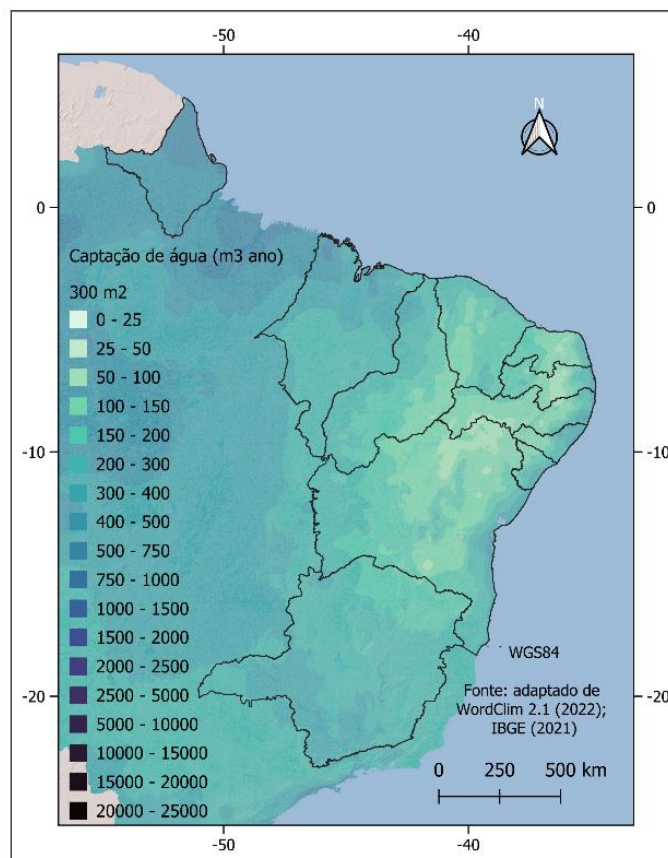


Figura 4. Potencial de captação de água de chuva (m³ano) para cobertura de 300 m².

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

Silva (2018), avaliando o potencial de captação de água de chuvas no município de Sumé, para prédios da Universidade Federal de Campina Grande, Estado da Paraíba, localizado na região do Cariri, observou com dados pluviométricos entre 1994 a 2017 que, para uma cobertura de aproximadamente 300 m² a captação é de 120 m³ano. Resultado similar a este trabalho com potencial médio de 135 m³ano.

Francisco et al. (2017), avaliando o potencial de captação de água pluvial do município de Sousa-PB, pela proporcionalidade deste trabalho, observaram um potencial para 150 m² de cobertura de 116,48 m³ano, resultado similar a este trabalho de 94 m³ano.

Para o potencial de captação para galpões de 500 m² (Figura 5), observa-se que ocorre o mesmo comportamento dos potenciais anteriores, alterando-se a área de captação e aumentando a quantidade de água de chuva captada. Isto favorece a possibilidade de uso por um período prolongado, tanto para o consumo humano, horticultura, dessedentação animal e/ou para cultura do milho num ciclo de 120 dias. Os valores máximos são de 1.193,06 m³ano distribuídos por toda a área de estudo, e valores mínimos de 97,54 m³ano localizado

principalmente na região semiárida ao norte da Bahia, sertão de Pernambuco, sob o Planalto da Borborema na Paraíba e Rio Grande do Norte.

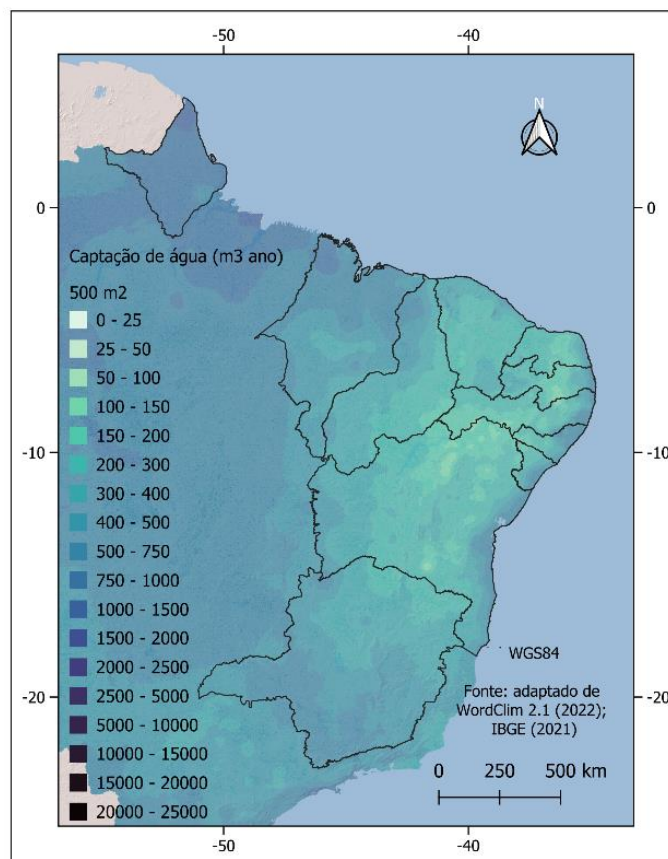


Figura 5. Potencial de captação de água de chuva (m^3/ano) para galpões de 500 m^2 .

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

De acordo com Almeida et al. (2017), os sistemas de aproveitamento de água da chuva (SAAC) também são alternativas de convivência, a exemplo das cisternas-calçadão, as quais trazem impactos positivos para as questões sociais e contribuem para o alcance da segurança alimentar e nutricional das famílias.

Em uma área simulada de plantio de cebola na Bahia, Araújo et al. (2023) observaram que, o ponto ótimo consistiu em uma área de captação de 130 m^2 e por uma cisterna de $36,1 \text{ m}^3$ de capacidade de armazenamento. Para a Paraíba, região do Cariri, Moura et al. (2024) observaram que, calçadões com área de captação de 300 e 400 m^2 , têm potenciais para captar volumes de água de 96 a 162 m^3 .

Para cisterna calçadão (1.000 m^2), o potencial de captação de água de chuva (Figura 6) apresenta valores mínimos de $195,08 \text{ m}^3/\text{ano}$ localizado na área central semiárida, e valores

máximos de 2.386,13 m³ano ao entorno da região semiárida, principalmente no litoral e na região central do território brasileiro.

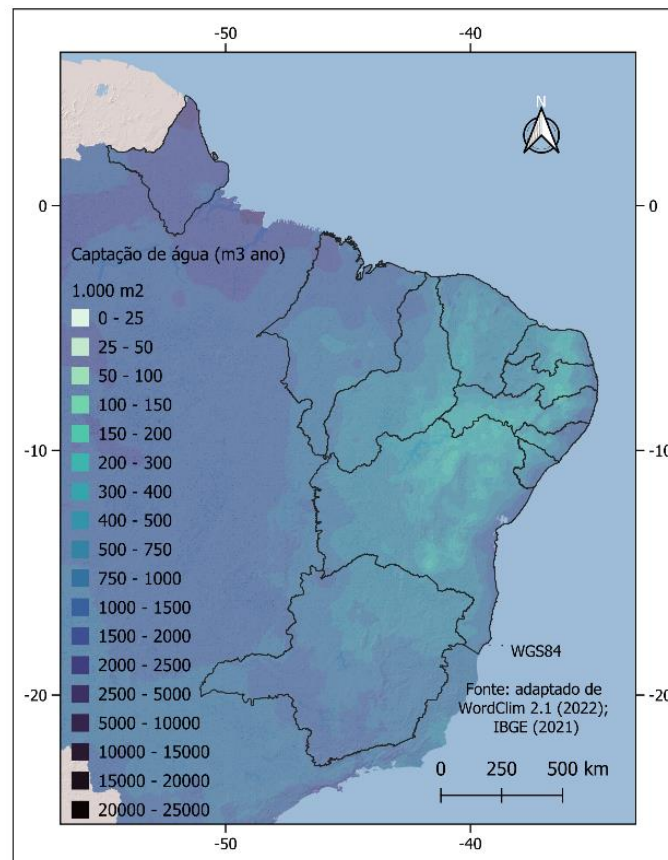


Figura 6. Potencial de captação de água de chuva (m³ano) para cisterna calçadão de 1.000 m².

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

Na Figura 7, do potencial de armazenamento de 150 m² de telhado, observa-se os menores valores negativos na Bahia (-131,4 m³ano) se estendendo por toda a região de estudo, excluindo o Amapá que apresenta valores positivos de 35,83 m³ano. Pode-se verificar que pelo consumo de 160,06 m³ano, este tamanho de telhado para a região em estudo não possibilita o armazenamento para consumo posterior.

Prado et al. (2020), avaliando o potencial e dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais no município de Viçosa, em Minas Gerais, estimaram reservatório ideal de 2,5 m³ mês⁻¹ pessoa⁻¹, que de acordo com este trabalho representa 120 m³ano.

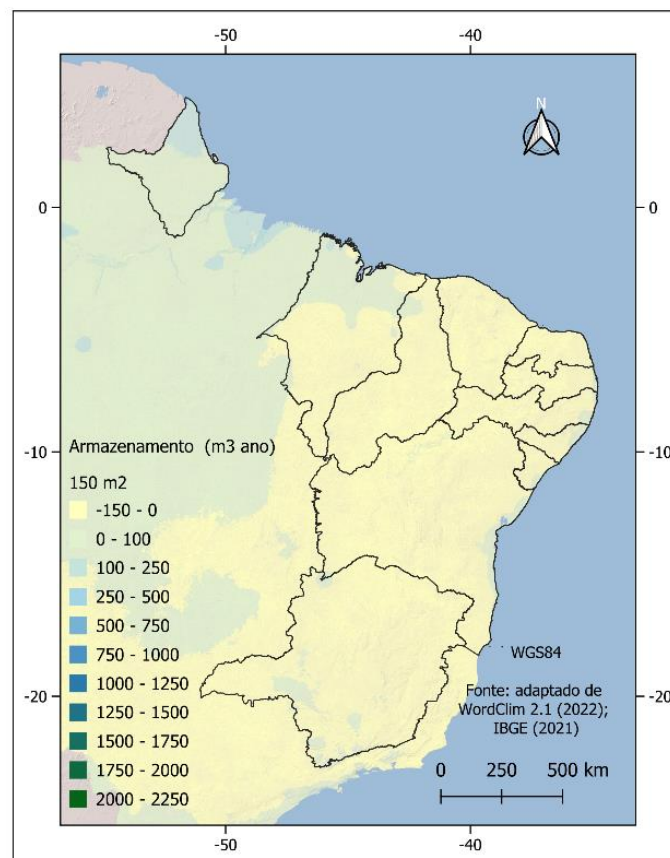


Figura 7. Potencial de armazenamento de água de chuva (m³/ano) para telhados de 150 m².

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

Tabela 3. Potencial de armazenamento de água de chuva (m³/ano)

Estado	Telhados de 150 (m²)						Telhados de 300 (m²)					
	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância
AL	-49,26	-53,38	45,57	-114,63	49,70	2.076,63	62,08	53,85	91,14	-68,67	259,99	8.306,54
BA	-71,80	-78,39	32,11	-131,34	86,86	1.030,89	16,99	3,83	64,21	-102,08	334,31	4.123,54
CE	-70,76	-75,14	18,65	-103,19	16,79	347,64	19,07	10,31	37,29	-45,78	194,18	1.390,56
PB	-79,38	-80,00	29,24	-122,43	42,61	854,92	1,84	0,59	58,48	-84,26	245,82	3.419,67
PE	-85,14	-95,19	32,66	-123,54	56,28	1.066,45	-9,67	-29,78	65,31	-86,49	273,15	4.265,79
PI	-58,70	-61,07	26,71	-113,32	21,35	713,65	43,20	38,46	53,43	-66,03	203,29	2.854,60
RN	-83,42	-85,17	21,50	-116,76	2,01	462,37	-6,23	-9,74	43,01	-72,92	164,61	1.849,47
SE	-55,16	-61,27	36,25	-113,82	24,28	1.314,18	50,27	38,05	72,50	-67,04	209,17	5.256,73
MA	-7,58	-13,79	33,30	-64,21	142,44	1.108,58	145,43	133,02	66,59	32,18	445,48	4.434,33
AP	89,20	82,81	24,84	35,83	197,32	617,07	339,00	326,21	49,68	232,25	555,24	2.468,28
MG	-31,77	-28,87	24,81	-91,04	78,86	615,62	97,05	102,85	49,62	-21,48	318,31	2.462,49
Estado	Cobertura de 500 (m²)						Calçadão de 1000 (m²)					
	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância	Média	Mediana	Desv. P.	Mínimo	Máximo	Variância
AL	91,14	77,41	151,90	-126,78	420,99	23.073,71	462,28	434,83	303,80	26,45	1.121,97	92.294,85
BA	15,99	-5,95	107,02	-182,46	544,85	11.454,29	311,97	268,10	214,05	-84,92	1.369,70	45.817,16
CE	19,45	4,85	62,15	-88,64	311,30	3.862,68	318,90	289,70	124,30	102,73	902,60	15.450,70
PB	-9,27	-11,35	97,46	-152,76	397,36	9.499,10	261,47	257,30	194,93	-25,53	1.074,72	37.996,38
PE	-28,46	-61,98	108,86	-156,48	442,92	11.849,43	223,09	156,05	217,71	-32,95	1.165,85	47.397,70
PI	59,66	51,76	89,05	-122,39	326,49	7.929,44	399,33	383,52	178,09	35,23	932,97	31.717,77
RN	-22,72	-28,56	71,68	-133,86	262,02	5.137,43	234,55	222,88	143,35	12,27	804,05	20.549,71
SE	71,45	51,09	120,84	-124,07	336,28	14.602,02	422,90	382,17	241,68	31,85	952,55	58.408,09
MA	230,05	209,38	110,98	41,30	730,14	12.317,58	740,11	698,75	221,97	362,60	1.740,28	49.270,33
AP	552,66	531,35	82,80	374,75	913,06	6.856,33	1.385,32	1.342,70	165,61	1.029,50	2.106,13	27.425,33
MG	149,42	159,09	82,71	-48,14	518,19	6.840,25	578,85	598,17	165,41	183,73	1.316,38	27.360,99

Pela Figura 8 da distribuição espacial do potencial de armazenamento de água de chuva para telhados ou cobertura de 300 m², observa-se que mantém a mesma distribuição do potencial de 150 m², com valores médios negativos em Pernambuco (-9,67 m³ano) seguido do Rio Grande do Norte (-6,23 m³ano), com mediana, mínimo e máximo (555,24 m³ano) no Amapá seguido do Maranhão, e maior variância em Alagoas. Em relação ao potencial de captação de 150 m² o de 300 m², já apresenta melhores perspectivas de acumulação.

Vários estudos têm constatado que o aproveitamento de água de chuva dessa região brasileira tem amenizado o efeito das estiagens, se apresentando como uma tecnologia valiosa de convivência (PEREIRA et al., 2007; PALMIER e GNADLINGER, 2005).

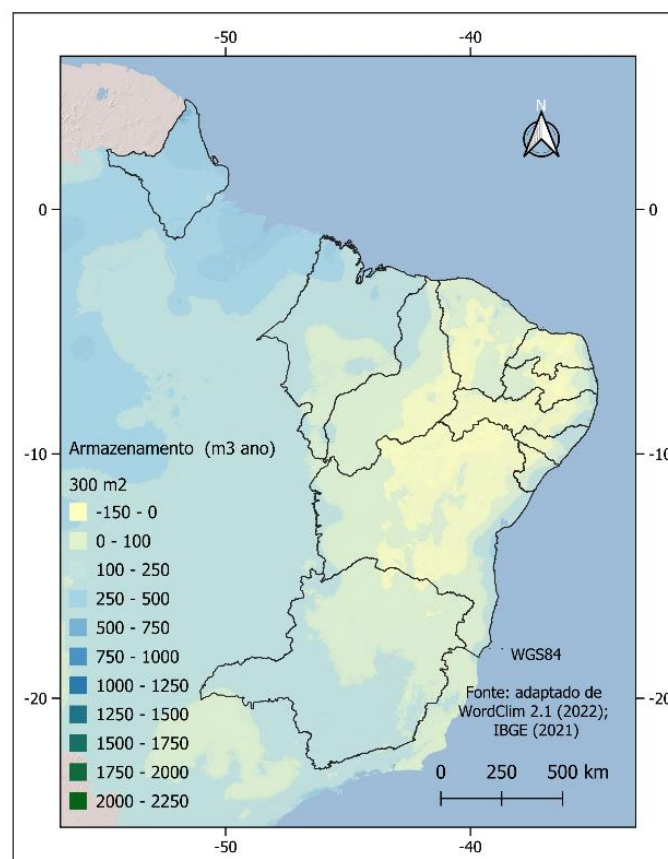


Figura 8. Potencial de armazenamento de água de chuva (m³ano) para telhados de 300 m².

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

No potencial de 500 m² para armazenamento de água (Figura 9), pode-se verificar que pelo cálculo para produção da cultura do milho em 1 ha, que o maior desvio padrão e variância localiza-se em Alagoas, os valores mínimos negativos ocorrem na Bahia seguido de Pernambuco, Paraíba e do Rio Grande do Norte, e valores máximos variam de 262,02 a 913

m³ano no Rio Grande do Norte e Amapá, respectivamente. Pelos resultados dos valores da média verifica-se que, Pernambuco seguido do Rio Grande do Norte e Paraíba apresentam valores negativos. Por outro lado, todos os Estados em estudo apresentam valores máximos positivos, e caso ocorra pluviosidade acima da média, atinge a necessidade da cultura, sendo neste caso uma alternativa.

Pela Figura 10, verifica-se que o potencial de armazenamento de calçadão, com objetivo de manutenção para irrigação da cultura do milho, que ocorrem os menores valores na Bahia divisa com Pernambuco e sob o Planalto da Borborema entre as divisas de Pernambuco e Paraíba. Região de clima BSh, que de acordo com Alvares et al. (2013), a pluviosidade oscila entre 400 a 800mm. Francisco et al. (2015) observaram pluviosidade nesta região do Cariri, em que ocorrem os menores valores de precipitação, em torno de 300 a 500mm.

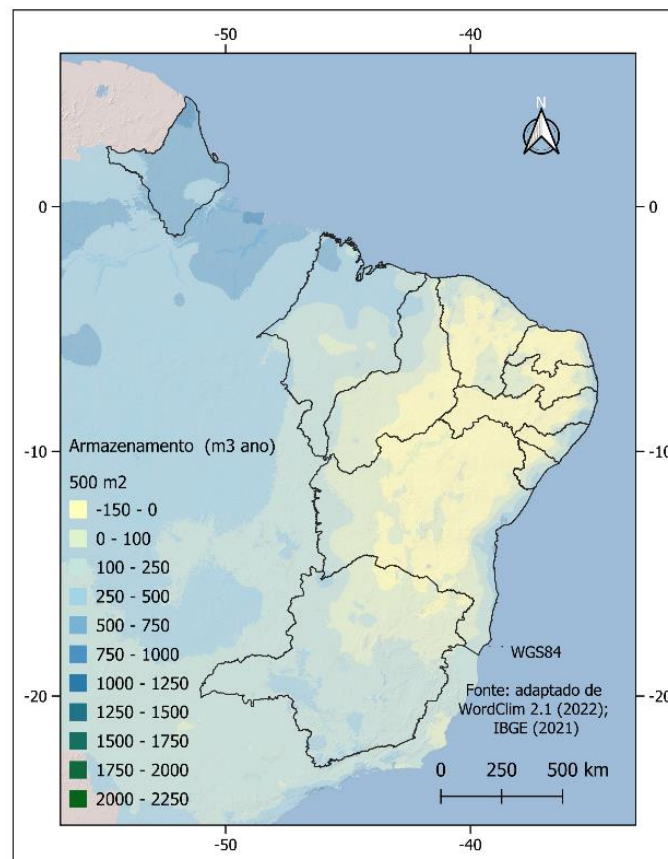


Figura 9. Potencial de armazenamento de água de chuva (m³ano) para telhados de 500 m².

Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

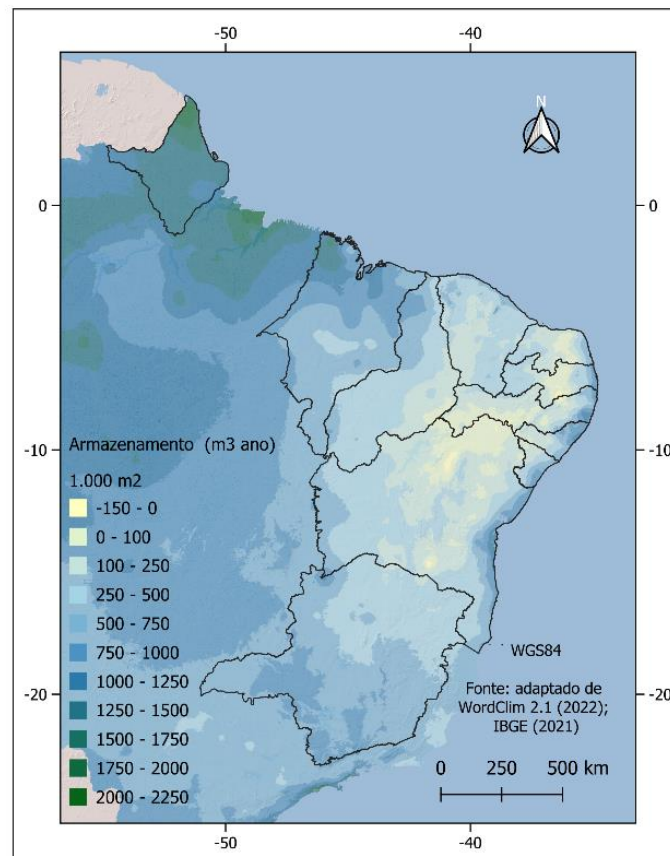


Figura 10. Potencial de armazenamento de água de chuva (m^3/ano) para calçadão de 1.000 m^2 .
Fonte: adaptado de WordClim® 2.1 (2022); IBGE (2021).

Abdulla (2019), avaliando o potencial de captação e armazenamento de água de chuva na Jordânia, observou que o tamanho ideal de tanque de armazenamento para áreas de telhado variou de 100 a 1.000 m^2 . Os resultados revelaram que a potencial água captada poderia ser obtida a partir de uma cobertura com área de 100 m^2 podendo variar de 4 a 68 m^3 para zonas de precipitação variando de 50 a 850 mm . Resultado similar a este trabalho para a região semiárida.

Piemontese et al. (2020), estimando o potencial global da captação de água a partir de estudos de caso bem-sucedidos observaram que, a adoção da captação de água nas áreas agrícolas em Uganda, Burundi, Tanzânia e Índia pôde aumentar a produção agrícola até 60% - 100% .

Pelas Figuras 11 e 12 dos boxplots interqualíticos pode-se observar que, os comportamentos são similares variando a quantidade a ser captada e armazenada.

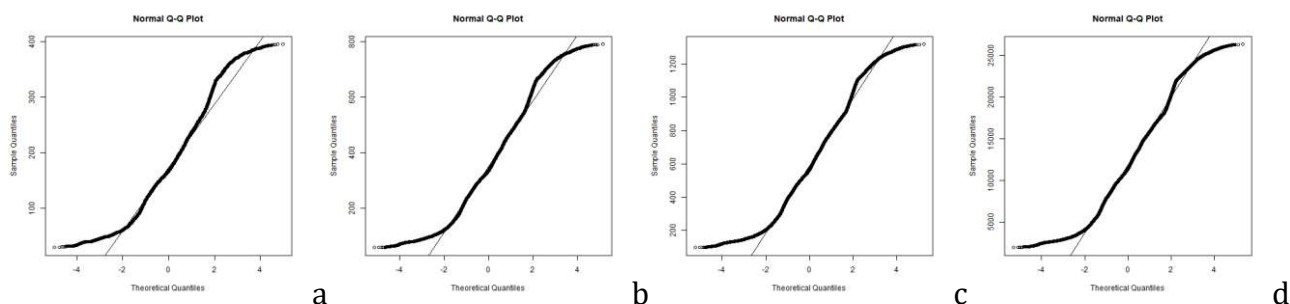


Figura 11. Caixas interquáliticas do potencial de captação de água. a) 150 m², b) 300 m², c) 500 m², d) 1.000 m².

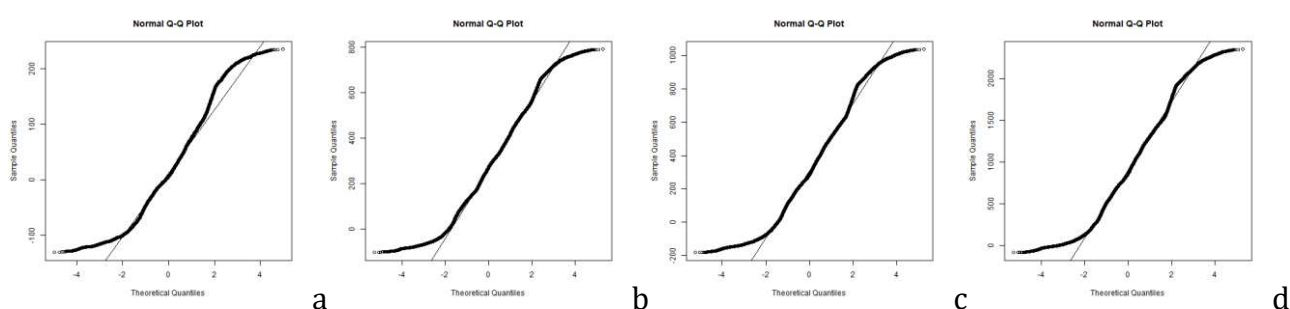


Figura 12. Caixas interquáliticas do potencial de armazenamento de água. a) 150 m², b) 300 m², c) 500 m², d) 1.000 m².

Vale e Guedes (2019), avaliando cenários de economia de potencial de captação de água de chuva para a região do Seridó Potiguar, clima BSh, onde observaram que uma residência com 3 moradores, e com área de captação de 100 m² e um reservatório de 5.000 L, a economia de água potável estimada é de 15,6%. Comparado a este trabalho, isto demonstra um potencial de captação de aproximadamente 19 m³ano. Valores maiores do que neste trabalho, devido terem utilizado dados climáticos de somente 10 anos, entre 2009 e 2018.

Neves Filho et al. (2019), avaliando o potencial de aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas na bacia do Rio Verde em Minas Gerais, com dados similares a este trabalho, observaram média de captação de 100 m³ano em área de 157,4m². Resultado com valores menores, e esta pesquisa com valores médios para a região de 150 m³ano, isto devido a utilizarem dados de pluviosidade entre 2007 a 2018.

Francisco et al. (2023) avaliando o potencial de captação e armazenamento de água de chuva para o Estado da Paraíba observaram que, os maiores potenciais estão nos telhados e coberturas com capacidade de 300 e 450 m².

Os resultados demonstram que, maiores áreas de captação e maiores volumes de reservatórios seriam necessários para o abastecimento pleno da demanda anual de água,

resultado similar ao observado por Francisco et al. (2023). Hagemann (2009) afirma que, o fator que contribui são as áreas de captação geralmente grandes, que proporcionam um maior volume de água potencialmente coletável.



CONCLUSÃO

Observou-se por este trabalho que, o uso da modelagem em SIG se mostrou eficiente e rápida em que apresentou resultados satisfatórios.

Para a garantia do consumo humano observou-se que a cobertura para captação de água de chuva deve ser acima de 300 m² para a região semiárida.

O uso do sistema de calçadão (1.000 m²) para captação de água para a garantia do cultivo de milho deve ser utilizada nos Estados localizados na região semiárida.

Para a região norte de Minas Gerais é recomendada a captação e armazenamento de água de chuva.

Para o Amapá e Maranhão é opcional a captação e armazenamento de água de chuva.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDULLA, F. Rainwater harvesting in Jordan: potential water saving, optimal tank sizing and economic analysis. *Urban Water Journal*, v.17, n.5, p.446-456, 2019.

ALMEIDA, C.; BEBÉ, F.; LIMA, P.; SILVA, M.; FREITAS, P. Cenário da agricultura familiar em comunidades quilombolas do Território Sertão Produtivo. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2017, Brasília. Anais...Brasília, 2017.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728, 2013.

ALVES, L. M. Clima da Região Centro-oeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS M. A. F. S. (Eds.). *Tempo e Clima no Brasil*. Oficina de Textos, São Paulo. p.235-241. 2009.

- AMOS, C. C.; RAHMAN, A.; KARIM, F.; GATHENYA, J. M. A scoping review of roof harvested rainwater usage in urban agriculture: Australia and Kenya in focus. *Journal of Cleaner Production*, v.202, p.174–190, 2018.
- ARAUJO, J. F.; GADÉA, A.; SOUZA, A. C.; COHIM, E. Dimensões ótimas da cisterna-calçadão no semiárido: agricultura e pecuária. *Engenharia Sanitária Ambiental*, v.28, e20220136, 2023.
- BASHAR, M. Z. I.; KARIM, M. R.; IMTEAZ, M. A. Reliability and economic analysis of urban rainwater harvesting: a comparative study within six major cities of Bangladesh. *Resources, Conservation and Recycling*, v.133, p.146–154, 2018.
- BATISTA, L. M. Água de chuva, uma alternativa para comunidades rurais no estado do Pará. 28f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental e Energias Renováveis). Universidade Federal Rural da Amazônia. Belém, 2021.
- BATISTA, L. M.; NAHUM, J. S. Potencial de aproveitamento de água de chuva para abastecimento unifamiliar no Estado do Pará- Amazônia Oriental. *Revista GeoAmazônia*, v.11, n.21, p.55-73, 2023.
- BOHARA, R. C. Rainwater catchment in Nepal: an answer to the water scarcity problem of the next millennium. In: *Simpósio Brasileiro de Captação de Água da Chuva, 2, Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água da Chuva, 9, 1999, Petrolina. Anais... Petrolina, 1999.*
- BRANDÃO, W. Utilização de métodos geoestatísticos de krigeagem ordinária e krigeagem por indicação na interpolação de dados geoquímicos de solos: uma comparação. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10, 2001, Foz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu, 2001.*
- CAMPISANO, A.; BUTLER, D.; WARD, S.; BURNS, M. J.; FRIEDLER, E.; DEBUSK, K.; FISHER-JEFFES, L. N.; GHISI, E.; RAHMAN, A.; FURUMAI, H.; HAN, M. Urban rainwater harvesting systems: research, implementation and future perspectives. *Water Research*, v.115, p.195–209, 2017.
- CARVALHO, R. S. DE. Potencial econômico do aproveitamento de águas pluviais: análise da implantação de um sistema para a região urbana de Londrina. 53f. (Especialização em Construção de Obras Públicas). Universidade Federal do Paraná. Apucarana, 2010.
- CASTRO, B. T. P.; SOUZA, C. B. DE; FERREIRA, E. C.; LOUREIRO, G. E. Potencial de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis na Universidade do Estado do Pará. *Research, Society and Development*, v.10, n.5, e41810515066, 2021.

CONRAD, O.; BECHTEL, B.; BOCK, M.; DIETRICH, H.; FISCHER, E.; GERLITZ, L.; WEHBERG, J.; WICHMANN, V.; BÖHNER, J. System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. Geosci. Model Dev., v.8, p.1991-2007, 2015.

DIAS, I. C. S. Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa. 132f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Curso de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Novo zoneamento agrícola altera as janelas de plantio do consórcio milho-braquiária em MS. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/65292417/novo-zoneamento-agricola-altera-as-janelas-de-plantio-do-consorcio-milho-braquiaria-em-ms#:~:text=0%20CAD%20em%20mil%C3%ADmetros%2C%20analisado,o%20do%20consorcio%2C%2078%20mm>. Acesso em: 25 de abril de 2024.

ESRI. 2024. Mapa Topográfico Mundial. Disponível em: <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=30e5fe3149c34df1ba922e6f5bbf808f>. Acesso em: janeiro de 2024.

FEWKES, A.; BUTLER, D. The sizing of rainwater stores using Behavioural models. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água da Chuva, 2, Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água da Chuva, 9, 1999, Petrolina. Anais...Petrolina, 1999.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. International Journal of Climatology, v.37, n.12, p.4302-4315, 2017.

FRANCISCO, D. P. M.; FARIAS, S. A. R.; FRANCISCO, P. R. M.; CABRAL, J. H. DE A.; SILVA, E. A. DE A. Potencial de captação de água pluvial do município de Sousa-PB. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 4, 2017, Belém. Anais...Belém, 2017.

FRANCISCO, P. R. M.; MEDEIROS, R. M. DE; SANTOS, D.; MATOS, R. M. DE. Classificação Climática de Köppen e Thornthwaite para o Estado da Paraíba. Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, n.4, p.1006-1016, 2015.

FRANCISCO, P. R. M.; SOUSA, J. H. S. DE; RIBEIRO, G. DO N.; RODRIGUES, R. C. M. Rainwater capture potential and storage in residences of the Paraíba state using multi-level b-spline interpolation modeling. Journal of Hyperspectral Remote Sensing, v.13, n.7, p.822-833, 2023.

GHISI, E. Potential for potable water saving by using rainwater in the residential sector of Brazil. Building and Environment, v.41, p.1544-1550, 2006.

- GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*, v.42, n.4, p.1654–1666, 2007.
- GIACCHINI, M. Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água da chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos. 132f. (Dissertação Mestrado). Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.
- GOLFARI, L.; CASER, R. L.; MOURA, V. P. G. Zoneamento ecológico esquemático para reflorestamento no Brasil. *PRODEPEF* 11. 1978. 66p.
- GOMES, J.; WEBER, D. C.; DELONG, C. M. Dimensionamento de Reservatório de Armazenamento de Águas Pluviais, usando um Critério Financeiro. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.15, n.1, p.89-100, 2010.
- GRIMM, A. M. Clima do Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS M. A. F. S. (Eds.). *Tempo e Clima no Brasil*. Oficina de Textos. São Paulo. p.259–275. 2009.
- GWENZI, W.; NYAMADZAWO, G. Hydrological impacts of urbanization and urban roof water harvesting in water-limited catchments: a review. *Environmental Processes*, v.1, p.573–593, 2014.
- HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.
- HIJMANS, R. J.; CAMERON, S. E.; PARRA, J. L.; JONES P. G.; JARVIS, A. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, v 25, p.1965-1978, 2005.
- IBGE. 2021. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malhas Territoriais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>. Acesso em: 10 de dezembro de 2023.
- KIM, H.; HAN, M.; LEE, J. Y. The application of an analytical probabilistic model for estimating the rainfall–runoff reductions achieved using a rainwater harvesting system. *Science of the Total Environment*, v.424, p.213–218, 2012.

- KURITZA, J. C. Estudo do aproveitamento de água de chuva no município de União da Vitória (PR). Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental). Universidade Estadual do Centro-Oeste. Irati, 2009.
- LEE, B. G.; LEE, J. J.; KWON, K. R. Quasi-interpolants Based Multilevel B-Spline Surface Reconstruction from Scattered Data. In: GERVASI, O. et al. Computational Science and Its Applications – ICCSA 2005. Lecture Notes in Computer Science, v. 3482. Springer, Berlin, Heidelberg. 2005.
- LEE, B. G.; LEE, J. J.; YOO, J. An efficient scattered data approximation using multilevel B-splines based on quasi-interpolants. In: International Conference on 3-D Digital Imaging and Modeling, 5, 2005, Ottawa. Anais...Ottawa, 2005.
- LIMA, J. A.; DAMBROS, M. V. R.; ANTONIO, M. A. P. M. DE; JANZEN, J. G.; MARCHETTO, M. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v.16, n.3, p.291-298, 2011.
- MACIEL, A. C.; MEDEIROS, R. M. Prognóstico para armazenamento de águas pluviais de acordo com a variabilidade anual da precipitação pluvial em União, Piauí. In: Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica, 5, 2010, Maceió. Anais...Maceió. 2010.
- MAIA, A. G.; SANTOS, A. L. DOS; OLIVEIRA FILHO, P. C. DE. Avaliação da economia de água potável com a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva: estudo de caso no município de Irati, Paraná. Ambiência Guarapuava, v.7, n.1, p.51-63, 2011.
- MANO, R. S. Captação residencial de água da chuva para fins não potáveis em Porto Alegre: aspectos básicos da viabilidade e benefícios do sistema. 177f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2004.
- MARCHI, M.; SINJUR, I.; BOZZANO, M.; WESTERGREN, M. Evaluating WorldClim Version 1 (1961–1990) as the Baseline for Sustainable Use of Forest and Environmental Resources in a Changing Climate. Sustainability, v.11, n.11, e3043, 2019.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Região Amazônica. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS M. A. F. S. Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, São Paulo. p.197–212. 2009.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis-SC. *Ambiente Construído*, v.8, n.2, p.67-84, 2008.

MATHERON, G. The theory of regionalized variables and its applications. *Le Cahiers du Centre de Morphologie Mathématique de Fontainebleau*. Paris, 1971. 211p.

MELO L. F. S. E.; MEDEIROS, R. M. Prognóstico para armazenamento de águas pluviais de acordo com a variabilidade anual da precipitação pluvial em Pedro II, PI. In: *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*, 5, 2005, Teresina. *Anais...Teresina*, 2005.

MOURA, M. DO S. B. DE; FARIAS, M. P.; ALMEIDA, H. A. DE. Potencial de captação de água de chuvas para as localidades mais secas da Paraíba: alternativa das cisternas calçadão. *Revista Caderno Pedagógico*, v.21, n.3, p.01-16, 2024.

MUTTI, P. R.; ABREU, L. P.; ANDRADE, L. M. B.; SPYRIDES, M. H. C.; LIMA, K. C.; OLIVEIRA, C. P. DE; BEZERRA, B. G. A detailed framework for the characterization of rainfall climatology in semi-arid watersheds. *Theoretical and Applied Climatology*, v.139, n.1-2, p.109-125, 2020.

NASCIMENTO, T. V. DO; FERNANDES, L. L.; YOSHINO, G. H. Potencial de aproveitamento de água de chuva na Universidade Federal do Pará–Belém/PA. *Revista Monografias Ambientais*, v.15, n.1, p.105-116, 2016.

NEVES FILHO, A. O.; PEREIRA, D. F.; MENDES, L. F.; ALMEIDA, M. S. T.; BORGES, T. J.; MELO, M. C. DE. Potencial de aproveitamento de água pluvial em áreas urbanas na bacia do Rio Verde. *SEMIOSES*, v.13, n.2, p.28-42, 2019.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro. 1989. 421p.

NUNES, L. H.; VICENTE, A. K.; CANDIDO, D. H. Clima da Região Sudeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S. (Eds.). *Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos*, São Paulo. p.197–212. 2009.

ONU. Organização das Nações Unidas. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. United Nations, A/RES/70/1. 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em: 26 de abril de 2024.

ONU. Organização das Nações Unidas. United Nations World Water Assessment Programme (WWAP). *World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World*. Paris: UNESCO; 2015. Disponível em:

<http://www.unesco.org/new/en/naturalsciences/environment/water/wwap/wwdr/2015-waterfor-a-sustainable-world/>. Acesso em: 05 de abril 2024.

PALA, G. K.; PATHIVADA, A. P.; VELUGOTI, S. J. H.; YERRAMSETTI, C.; VEERANKI, S. Rainwater harvesting – a review on conservation, creation & cost-effectiveness. *Materials Today: Proceedings*, v.45, p.6567–6571, 2021.

PALMIER, L. R.; GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva para o semi-árido brasileiro. In: *Encuentro por una nueva cultura del agua en América Latina*, 2005, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2005.

PELAK, N.; PORPORATO, A. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. *Journal of Hydrology*, v. 541, Part B, p.1340–1347, 2016.

PEREIRA, F.; BRAGA, C.; SILVA, A.; AMÉRICO, J. Análise da qualidade e do armazenamento da água consumida na antiga escola agrícola de Ceará-Mirim/RN. In: *Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica*, 2007, João Pessoa. Anais...João Pessoa, 2007.

PIEMONTESEA, L.; CASTELLIB, G.; FETZERA, I.; BARRONC, J.; LINIGERD, H.; HARARID, N.; BRESCIB, E.; JARAMILLO, F. Estimating the global potential of water harvesting from successful case studies. *Global Environmental Change*, v.63, e10212, 2020.

PRADO, E. V. DO; SILVA, C. Í. M. DA; PAOLI, S. DE S. Avaliação do potencial e dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais no município de Viçosa – MG. *Revista Gestão em Foco*, v.12, p.14-22, 2020.

QGIS. Development Team. 2022. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org>. Acesso em: 23 de fevereiro de 2024.

SAGA. System for Automated Geoscientific Analyses. 2024. Disponível em: <https://saga-gis.sourceforge.io/en/index.html>. Acesso em: 24 de abril de 2024.

SALDANHA, R.; AKBARINIA, R.; PEDROSO, M.; RIBEIRO, V.; CARDOSO, C.; PENA, E. H. M.; VALDURIEZ, P.; PORTO, F. Zonal statistics datasets of climate indicators for Brazilian municipalities. *Environmental Data Science*, v.3 n.2, p.1–14, 2024.

SANTOS, L. J. V. DOS; MEDEIROS, R. M. DE; KASSAR, C.; FRANCISCO, P. R. M.; LIMA, R. DA C. C. Variabilidade anual da precipitação pluvial e condições de captação e armazenamento de água

no município de Floriano-PI. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 8, 2012, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2012.

SILVA, R. C. DA. O potencial de captação de água de chuvas: uma proposta para o uso de modelagem matemática. 27f. (Especialização em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática). Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido. Universidade Federal de Campina Grande. Sumé, 2018.

THOMAS, T. Escolha de cisternas para captação de água de chuva no sertão. In: Simpósio Brasileiro de Captação de Água da Chuva, 3, 2001, Campina Grande. Anais...Campina Grande, 2001.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva. 2a ed. Navegar Editora. São Paulo. 2003. 180p.

TOMLIN, C. D. Map algebra: One perspective. *Landscape and Urban Planning*, v.30, v.1-2, p.3-12, 1994.

VALE, Ê. R. R. DO; GUEDES, M. J. F. Potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento da água de chuva no Seridó Potiguar. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 10, 2019, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2019.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. v.2. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1980.

WORDCLIM. Historical climate data. Disponível em: <https://worldclim.org/data/worldclim21.html>. Acesso em: 5 de abril de 2024.

XAVIER, A. C.; SCANLON, B. R.; KING, C. W.; ALVES, A. I. New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). *International Journal of Climatology*, v.42, n.16, p.8390–8404, 2022.

ZOMER, R. J.; XU, J.; TRABUCCO, A. Version 3 of the Global Aridity Index and Potential Evapotranspiration Database. *Scientific Data*, v.9, e409, 2022.



CURRICULUM DOS AUTORES

Paulo Roberto Megna Francisco: Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba-UFPB-CCA/Areia. Graduado como Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorado em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010), Graduado como Tecnólogo Agrícola (Mecanização) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atua como pesquisador, colaborador e orientador em projetos junto à UFPB Campus de Areia, UFCG - Campus de Campina Grande e Campus de Sumé. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola e pedoclimática, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Foi Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC. Atualmente colabora como organizador e na comissão científica do CNMA-Poços de Caldas.

paulomegna@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>

José Hugo Simplicio de Sousa: Engenheiro de Biossistemas pela Universidade Federal de Campina Grande, CDSA/Campus Sumé com ênfase em Sensoriamento Remoto e geoprocessamento. Atuou como bolsista do Programa Institucional de Iniciação Científica-PIBIC, em projetos na área de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, entre 2021 a 2023 e atuou em projeto na área de secagem de alimentos entre 2020 e 2021. Ex-Membro Associado Consultor Júnior da SustemBIO Jr, Empresa Júnior do curso de Engenharia de Biossistemas da UFCG/CDSA.

hugosimplicio123@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5068-0663>

George do Nascimento Ribeiro: Possui graduação em Agronomia (2003) e mestrado em Manejo e Conservação de Solo e Água (2006) pela Universidade Federal da Paraíba, doutorado em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2014) e Pós-doutorado em Fontes Alternativas de Energias pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da UFCG (LABFREN/UFCG). Atualmente é professor da Universidade Federal de Campina Grande/CDSA/Campus Sumé. Tem experiência nas áreas de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto (recursos naturais, geotecnologias e mapeamento temático) e em Energias Renováveis (produção de hidrogênio como fonte de combustível para fuel cell e energia solar - placas fotovoltaicas).

george.nascimento@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0003-4225-0967>

José Nilton Silva: Bacharel em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2009), Mestre e Doutor em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), Licenciado em Química pela Universidade Estadual da Paraíba (2006). É Professor Adjunto na Universidade Federal de Campina Grande, lotado no Departamento de Engenharia Química, do Centro de Ciências e Tecnologias. Tem experiência na área de Engenharia Química, Sistemas Computacionais, com ênfase em processos e processamento de dados, atuando principalmente nos temas: modelagem, simulação de processos, projeto de processos industriais e energias renováveis. Na área de Gestão em Ciência, Tecnologia e Inovação é ativo em Sistemas de Inovação, Empreendedorismo Inovador, Proteção do Conhecimento, Transferência de Tecnologia, Interação Universidade-Empresa e Incubadoras de Empresas/Parques Tecnológicos. É orientador do quadro dos PPGs em Engenharia Química-UFCG e do PROFNIT- ponto focal Paraíba. Coordenou o Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia NITT/UFCG (2017-2018), e atual assessor de PI do NITT-UFCG, e em 2018, Diretor Geral da Fundação Parque Tecnológico da Paraíba – PaqTcPB.

nilton@eq.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0001-7128-8396>

