



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO (CEDUC)
CURSO DE GEOGRAFIA (DG)

EMANUEL CORDEIRO RODRIGUES

REGIME PLUVIAL E POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NAS
ESCOLAS PÚBLICAS DE PEDRA LAVRADA, PB

CAMPINA GRANDE

2022

EMANUEL CORDEIRO RODRIGUES

**REGIME PLUVIAL E POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NAS
ESCOLAS PÚBLICAS DE PEDRA LAVRADA, PB**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Graduação em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito à obtenção do título de graduado em Licenciatura em Geografia.

.

Área de concentração: Climatologia geográfica

Orientador: Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida.

CAMPINA GRANDE

2022

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

R696r Rodrigues, Emanuel Cordeiro.
Regime pluvial e potencial de captação da água de chuva nas escolas públicas de Pedra Lavrada, PB [manuscrito] / Emanuel Cordeiro Rodrigues. - 2022.
63 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2022.

"Orientação : Prof. Dr. Hermes Alves de Almeida ,
Coordenação do Curso de Geografia - CEDUC."

1. Recursos hídricos. 2. Cisternas. 3. Educação Ambiental.
4. Semiárido. I. Título

21. ed. CDD 333.91

EMANUEL CORDEIRO RODRIGUES

**REGIME PLUVIAL E POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA NAS
ESCOLAS PÚBLICAS DE PEDRA LAVRADA, PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Geografia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Geografia.

Área de concentração: Climatologia geográfica

Aprovada em: 23/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Hermes Alves de Almeida

Prof^o Dr. Hermes Alves de Almeida

Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)
(Orientador)

Maysa Porto F. Marques

Prof^a. Msc. Maysa Porto Farias Marques
Secretaria Municipal de Educação, Pocinhos, PB

José Antonio dos Santos Neto

Prof^o. José Antonio dos Santos Neto
Secretaria de Estado da Educação

Ao Deus criador do universo, e toda minha
família pelo apoio que tive, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus Criador do universo, pois sem ele nada do que foi feito existiria.

À minha mãe, avó Maria, meu avô Argemiro, e madrinha Lení, a todos os meus tios, em especial: Alusca, Tito, Arnoud, Adeildo, Adeilton, Argemiro Junior por terem contribuído com minha formação pessoal e acadêmica, inclusive financeiramente. Também à Saynara, Anderson, Mayara e Tainara e de certa forma, também ao meu pai (mesmo em sua ausência).

À minha esposa Thaynara Maria, por estar comigo enfrentando batalhas, ao longo dessa jornada.

Ao professor Dr. Hermes Alves de Almeida que me ajudou durante o curso, e pelas orientações para a realização deste trabalho, também por me incentivar a ser um pesquisador.

Aos professores do Curso de Geografia da UEPB, em especial, Antônio, Faustino, Alexandre Ramos, Arthur, Josandra, Rafael, Ledian, Juvandi (História) e Ramon Bolivar (Filosofia) e todos aqueles que contribuíram ao longo dessa jornada.

Aos gestores e alunos das escolas que contribuíram prontamente com a realização dessa pesquisa.

“Afirmou-lhe Jesus: Quem beber desta água tornará a ter sede; aquele, porém, que beber da água que eu lhe der nunca mais terá sede; pelo contrário, a água que eu der será nele uma fonte a jorrar para a vida eterna”

João 4:13-14

RESUMO

No Semiárido nordestino, o abastecimento de água é sempre um grande problema, recorrendo-se a abertura de poços tubulares, num subsolo cristalino, e na construção de açudes, sem priorizar a captação da água da chuva. Sem essa tecnologia e sem adutora de água, o programa governamental “Operação Carro-Pipa” vem suprindo, às vezes, de forma precária, a oferta de água potável nas pequenas cidades e na zona rural. Diante disto, procurou-se estabelecer as principais características do regime pluvial e estimar o potencial de captação da água da chuva (VPC), em três escolas públicas no município de Pedra Lavrada, PB, região geográfica Imediata de Cuité-Nova Floresta, sendo essas determinações os objetivos principais. O recorte amostral foi constituído por três escolas públicas de ensino fundamental e médio: Maria Elenita Vasconcelos Carvalho, na área urbana, Santa Ana de Albuquerque e Matilde de Melo Buriti, na zona rural do referido município. Os dados de chuva mensais foram cedidos pela SUDENE e pela AESA, referentes ao período: janeiro de 1961 a dezembro 2020 e analisados utilizando-se critérios da estatística climatológica, nos quais foram estabelecidos os regimes pluviais e os índices de secas meteorológica. As áreas de captação das escolas foram determinadas medindo-se os comprimentos e larguras das superfícies de captação. Estabelecidos os regimes anuais de chuvas foram estimados os volumes potenciais de captação (VPC), adotando-se cinco cenários: o ano mais seco, o mais chuvoso e aos níveis de 25, 50 e 75% de probabilidade. As percepções dos alunos e gestores das escolas foram avaliadas com perguntas relacionadas ao referido tema, aplicando-se questionários semiestruturados formatados pelo Google forms. Os principais resultados indicaram que o regime de distribuição de chuva é irregular, assimétrico, a estação chuvosa dura três meses (de fevereiro a abril) e chove cerca de 80% do total anual. Os anos com anomalias negativas, nos totais de chuvas observados, foram maiores que os positivos. O Índice de Anomalia de Chuvas mostrou-se eficaz para monitorar a seca meteorológica, classificando-o as diferentes tipologias de seca e/ou a variabilidade do regime pluvial. Concluiu-se que a captação de água de chuva é uma alternativa viável para o abastecimento de água nas escolas públicas de Pedra Lavrada-PB, embora estabelecer o regime pluvial local seja a condição *sine qua non* para dimensionar o potencial de captação da água da chuva.

Palavras-Chave: Semiárido; Educação Ambiental; Cisternas; Abastecimento Hídrico.

ABSTRACT

In the Northeastern semiarid, water supply is always a major problem, resorting to the opening of tubular wells, in crystalline subsoil, and the construction of dams, without prioritizing the capture of rainwater. Without this technology and without a water main, the government program “Operação Carro-Pipa” has been supplying, at times, in a precarious way, the supply of drinking water in small towns and rural areas. In view of this, we sought to establish the main characteristics of the rainfall regime and estimate the potential for rainwater harvesting (VPC) in three public schools in the municipality of Pedra Lavrada, PB, Immediate geographic region of Cuité-Nova Floresta, these being determinations the main objectives. The sample cut consisted of three public elementary and high schools: Maria Elenita Vasconcelos Carvalho, in the urban area, Santa Ana de Albuquerque and Matilde de Melo Buriti, in the rural area of that municipality. Monthly rainfall data were provided by SUDENE and AESA, referring to the period: January 1961 to December 2020 and analyzed using criteria from climatologically statistics, in which rainfall regimes and meteorological drought indices were established. School catchment areas were determined by measuring the lengths and widths of catchment surfaces. Once the annual rainfall regimes were established, the potential volumes of capture (VPC) were estimated, adopting five scenarios: the driest year, the wettest year and at levels of 25, 50 and 75% probability. The perceptions of students and school managers were evaluated with questions related to the aforementioned theme, applying semi-structured questionnaires formatted by Google forms. The main results indicated that the rainfall distribution regime is irregular, asymmetric, the rainy season lasts three months (from February to April) and it rains about 80% of the annual total. The years with negative anomalies, in the total rainfall observed, were greater than the positive ones. The Rainfall Anomaly Index proved to be effective for monitoring meteorological drought, classifying it according to different types of drought and/or the variability of the rainfall regime. It is concluded that rainwater harvesting is a viable alternative for water supply in public schools in Pedra Lavrada-PB, although establishing the local rainfall regime is the *sine qua non* condition to scale the rainwater harvesting potential.

Keywords: Semiarid; Environmental Education; Cisterns; Water Supply.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Distribuição de água no planeta Terra.	16
Figura 2. Distribuições percentuais da água e da população nas regiões geográficas brasileiras.	17
Figura 4. Modelo de circulação meridional da atmosfera mostrando os ventos à superfície e as áreas de alta (A) e de baixa (B) pressão.	21
Figura 5. Fluxograma ilustrativo do fenômeno El Niño Oscilação Sul: La Niña e El Niño...22	
Figura 6. Mapa de localização de Pedra Lavrada, PB, região geográfica Imediata de Cuité-Nova Floresta.....	30
Figura 7. Vista da área da EMEF Maria Elenita Vasconcelos Carvalho, Pedra Lavrada, PB. 31	
Figura 8. Vista da EMEF Santa Ana de Albuquerque, localizada no distrito de Cumarú, Pedra Lavrada, PB.	32
Figura 9. Vista da área da EEEM Matilde de Melo Buriti, localizada no distrito Cumarú, Pedra Lavrada, PB.	33
Figura 10. Médias mensais, medianas e desvios padrão da chuva. Pedra Lavrada, PB. Período: 01.01.1960 a 31.12.2020.	37
Figura 11. Totais anuais de chuvas observados em Pedra Lavrada, PB, comparados com a mediana esperada.....	38
Figura 12. Anomalia anual da precipitação pluvial observada em relação à esperada, em Pedra Lavrada, PB.	40
Figura 13. Índices de anomalia da chuva (IAC), em Pedra Lavrada, PB.....	41
Figura 14. Médias anuais da chuva observadas por décadas para Pedra Lavrada, PB, comparadas com a média e a mediana esperada.....	42
Figura 15. Normais climatológicas da cidade de Pedra Lavrada, PB.	43
Figura 16. Pessoas coletando água de cisterna comunitária, no fim da década de 1990, em Pedra Lavrada-PB.....	44
Figura 17. Vista de uma cisterna calçadão, do programa “PIMC”, na zona rural de Pedra Lavrada, PB.	45
Figura 18. Potenciais de água da chuva (PACH), em Pedra Lavrada, PB, para cinco cenários de regimes anuais de chuva, em mm.	46
Figura 19. Relação entre o consumo anual de água e o número de alunos matriculados nas escolas públicas de Pedra Lavrada, PB.	47

Figura 20. Relação entre o volume potencial anual de captação da água chuva (VPC), para cinco cenários de regime pluvial, e o consumo de água da escola Maria Elenita Vasconcelos Carvalho. Pedra Lavrada, PB.	48
Figura 21. Relação entre o volume potencial anual de captação da água chuva (VPC), para cinco cenários de regime pluvial, e o consumo de água da escola Santa Ana de Albuquerque, Pedra Lavrada, PB.	49
Figura 22. Relação entre o volume potencial anual de captação da água chuva (VPC), para cinco cenários de regime pluvial, e o consumo de água da escola Matilde de Melo Buriti, Pedra Lavrada, PB.	50
Figura 23. Relação entre o número de carros pipas e o custo do abastecimento nas três escolas públicas de Pedra Lavrada, PB.	51
Figura 24. Volumes potenciais de captação da água da chuva, nas três escolas públicas de Pedra Lavrada, PB, nos anos de 2012 a 2018.	52
Figura 25. Respostas dos alunos sobre a principal forma de abastecimento nas suas residências.	53
Figura 26. Opiniões dos alunos sobre a importância de um sistema de captação e armazenamento de água nas escolas públicas de Pedra Lavrada, PB.	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Águas da Paraíba
EMEF	Escola Municipal de Ensino Fundamental
EEEM	Escola Estadual de Ensino Médio
OCP	Operação Carro Pipa
PACH	Potencial de Água de Chuva
VPC	Volume Potencial de Captação
AC	Área de captação
PCE	Programa Cisterna nas Escolas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Água no planeta Terra	16
2.2 O Semiárido nordestino	18
2.2.1 Principais mecanismos responsáveis pela ocorrência de chuvas no Semiárido	19
2.3 Captação de água de chuva no Brasil	22
2.3.1 Alternativa da captação de água de chuva para fins de abastecimento	24
2.3.2 Qualidade da Água	27
2.3.3 Captação de água e educação ambiental nas escolas	28
2.4 Variabilidade no regime pluvial: estiagens e monitoramento de seca meteorológica	28
3.0 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 Caracterização geográfica do município de Pedra Lavrada, PB.	30
3.2 Procedimentos metodológicos e coleta de dados	31
3.2.1 Dados das Escolas públicas de Pedra Lavrada	31
3.2.2 Dados da precipitação pluvial: estimativa do volume potencial de captação	33
3.2.3 Análise da variabilidade anual da chuva e do índice de seca meteorológica.....	34
4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
4.1 Principais características do regime pluvial para Pedra Lavrada.....	37
4.2 Oscilações nos valores anuais de chuvas observados e dias com chuvas	38
4.3 Anomalia dos totais anuais de chuvas observados	40
4.4 Estudo comparativo das três normais climatológicas	42
4.5 Uma síntese do modelo de abastecimento de água, em Pedra Lavrada	43
4.6 Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva, nas escolas públicas de Pedra Lavrada-PB.....	46
4.6.1. Estimativa do consumo de água nas escolas nas escolas públicas de Pedra Lavrada, PB	47

<i>4.6.2. Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva para a E.M.E.F. Maria Elenita Vasconcelos Carvalho</i>	48
<i>4.6.3 Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva para a E.M.E.F. Santa Ana de Albuquerque</i>	49
<i>4.6.4 Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva para a E.M.E.F. Matilde de Melo Buriti.</i>	49
<i>4.6.5 Custo do abastecimento por Carro Pipa e a viabilidade da captação de água</i>	50
4.7 Percepção dos alunos e gestores sobre a captação da água da chuva	52
5. CONCLUSÕES.....	55
REFERÊNCIAS.....	56

1. INTRODUÇÃO

A água tem fundamental importância para a manutenção da vida no planeta e, portanto, a principal responsável pela sobrevivência da espécie humana, do meio ambiente, do equilíbrio da biodiversidade e das relações de dependência entre seres vivos e ambientes naturais (BACCI e PATACA, 2008).

A disponibilidade de água potável para o consumo humano pode ser considerada o principal fator de sobrevivência e de qualidade de vida, especialmente, para as populações rurais, sobretudo nas regiões áridas e semiáridas (ALMEIDA e RAMOS, 2020).

A história das secas no Nordeste brasileiro evidencia a importância do estudo da climatologia geográfica e, ainda, revela o descaso, perante a população, nos momentos de enfrentar o flagelo desse fenômeno da natureza.

O Semiárido brasileiro foi historicamente marcado por desigualdades sociais, pobreza e exclusão social; realidade notabilizada desde o período colonial até os dias atuais (CARVALHO, 2012). A convivência nessa região requer alternativa tecnológica como, por exemplo, a captação da água da chuva e o armazenamento em cisterna ou o uso de carros pipa, para transportar água potável destinada ao consumo humano (CIRILO, 2008).

Cisternas são depósitos ou reservatórios que servem para armazenar água, podendo ser com água: potável, da chuva ou de reuso. No entanto, em muitos casos, a qualidade da água da chuva é superior a das águas superficiais e subterrâneas, por não entrar em contato com o solo nem estar diretamente sujeita ao lançamento de poluentes de origem antropogênica.

Algumas fontes alternativas de abastecimento de água, especificamente, na época seca deveriam ser os poços tubulares e os açudes. No entanto, a água da maioria dos poços perfurados é salobra e, portanto, imprópria ao consumo humano. Nos açudes, a maior disponibilidade de energia solar contribui para aumentar as perdas por evaporação e, por isso, secam rapidamente, além de serem contaminados por fezes de animais.

A necessidade da concepção de práticas de políticas públicas direcionadas à preservação do meio ambiente em todos os níveis de ensino, especialmente, a oferta e a demanda de água nas escolas, buscando na captação da água da chuva uma fonte alternativa de suprimento de água.

A maioria das escolas da zona rural dos municípios do semiárido é abastecida por carros-pipa, oriundos do programa emergencial de distribuição de água potável para consumo humano, denominado Operação Carro-Pipa (OCP), sob a responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) e em parceria com o Exército brasileiro. Essa operação

teve início em 1998 e se estende até os dias atuais, envolve diversas Organizações Militares do Exército Brasileiro, atua na maioria dos Estados do Nordeste, realizada pelos governos estaduais e municipais, em situação de emergência e/ou calamidade pública, e atende a uma população de cerca de dois milhões de pessoas (OPERAÇÃO CARRO PIPA, 2021).

Apenas no município de Pedra Lavrada, PB, a operação carro pipa atende 2980 pessoas, incluindo as escolas municipais (OPERAÇÃO PIPA, 2022), o que causa uma grande dependência desse modelo de abastecimento, porque o OCP tem custo elevado e nem sempre é eficiente.

Para mudar essa realidade, faz-se necessário buscar outras alternativas de aumentar a oferta de água, especialmente, nas escolas, utilizando-se a tecnologia da captação da água da chuva que possibilita aumentar a disponibilidade de água, com o mesmo regime pluvial, o que traz mais independência e autonomia. Essa técnica simples e milenar pode ser uma alternativa viável para convivência no Semiárido, inclusive, para as famílias de baixa renda e/ou para abastecimento de água em escolas.

No recorte geográfico de Pedra Lavrada, destacam-se três escolas municipais de ensino fundamental: Maria Elenita Vasconcelos Carvalho, Santa Ana de Albuquerque e da escola estadual de ensino médio Matilde de Melo Buriti.

Nessas escolas há necessidade de implantar a tecnologia da captação de água de chuva, cuja técnica contribuirá não somente para aumentar a oferta de água, mas reafirmando o papel da educação em desenvolver princípios e práticas sustentáveis durante o processo de aprendizagem (TUGOZ; BERTOLINI e BRANDALISE, 2015; SANTOS, et al., 2020).

Estudar o potencial de captação da água de chuva num determinado local é necessário, primeiramente, estabelecer as principais características do regime pluvial local, condição *sine qua non* para o correto dimensionamento do tamanho da cisterna e da necessidade de consumo, em função do tamanho da área de captação e do regime pluvial (ALMEIDA e GOMES 2011; ALMEIDA e FARIAS, 2015; ALMEIDA e RAMOS, 2020; ALMEIDA e SILVA, 2021).

Diante disto, houve a necessidade de estabelecer as principais características do regime pluvial e estimar o potencial de captação da água da chuva, em três escolas públicas, localizadas no recorte geográfico de Pedra Lavrada, sendo essas determinações os objetivos principais. Tendo ainda, os seguintes objetivos específicos

a) Estabelecer às principais características do regime pluvial mensal e anual da cidade de Pedra Lavrada, PB;

b) Determinar os índices de anomalias anuais da chuva e as categorias de secas meteorológica de Pedra Lavrada;

c) Estimar o potencial anual de captação de água da chuva, nas escolas Maria Elenita Vasconcelos Carvalho, Santa Ana de Albuquerque e Matilde de Melo Buriti, e relacionar com as necessidades de consumos;

d) Diagnosticar a percepção dos alunos e gestores das referidas escolas, com relação ao tema captação da água da chuva nas escolas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Água no planeta Terra

A água é um recurso fundamental para a existência da vida, na forma que conhecemos, e, portanto, seria difícil imaginar a existência de qualquer forma de vida na ausência deste recurso vital.

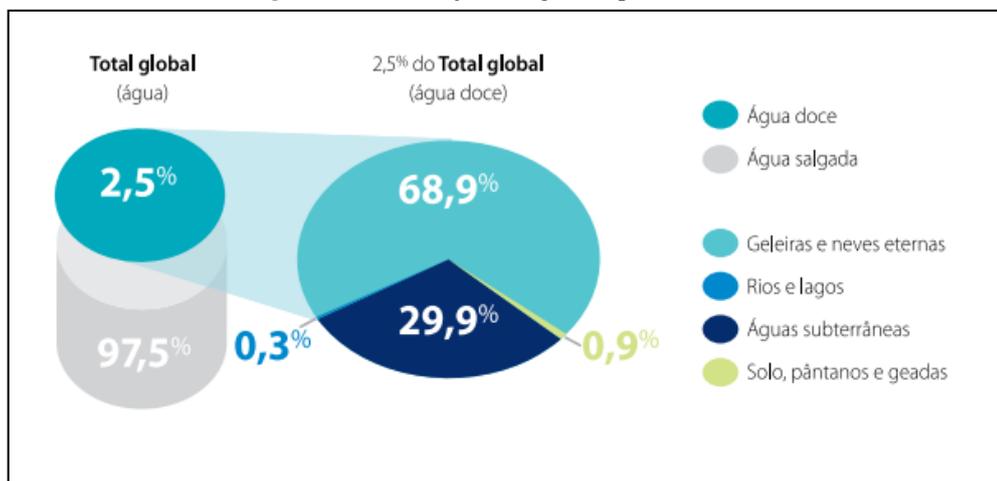
A disponibilidade de água de boa qualidade é, sem dúvida, um dos maiores desafios mundiais na atualidade. O crescimento populacional requer maior produção de alimentos e desenvolvimento industrial. Além disso, a degradação dos mananciais hídricos vem, a cada dia, diminuindo a oferta de água potável.

A água é um solvente universal e ideal para efetivar a limpeza e o transporte de praticamente todos os resíduos gerados pelo homem. Condições essas que se justificam a formação de povoados e o estabelecimento de cidades, em qualquer parte do planeta terra, nas proximidades de mananciais hídricos.

Mesmo nos dias atuais, a água após o seu uso, na mais diversa atividade, é geralmente descartada para um corpo receptor mais próximo, sem tratamento e/ou reaproveitamento. Ressalta-se, entretanto, que o volume de água no nosso planeta é praticamente constante, mas a água doce, utilizada com maior facilidade para consumo humano, está distribuída de forma desigual no planeta, tanto entre os tipos de mananciais quanto entre regiões e intra-região.

A partição da água na Terra de acordo com Gonçalves e Spinelle (2014, p. 6), cobre em torno de 70% da superfície terrestre, dos quais aproximadamente 97% são de água salobra e encontram-se nos mares e oceanos e os 3% restante são de água doce, sendo que a maior está “presa” nas geleiras e apenas 0,3% nos rios e lagos (Figura 1).

Figura 1. Distribuição de água no planeta Terra.

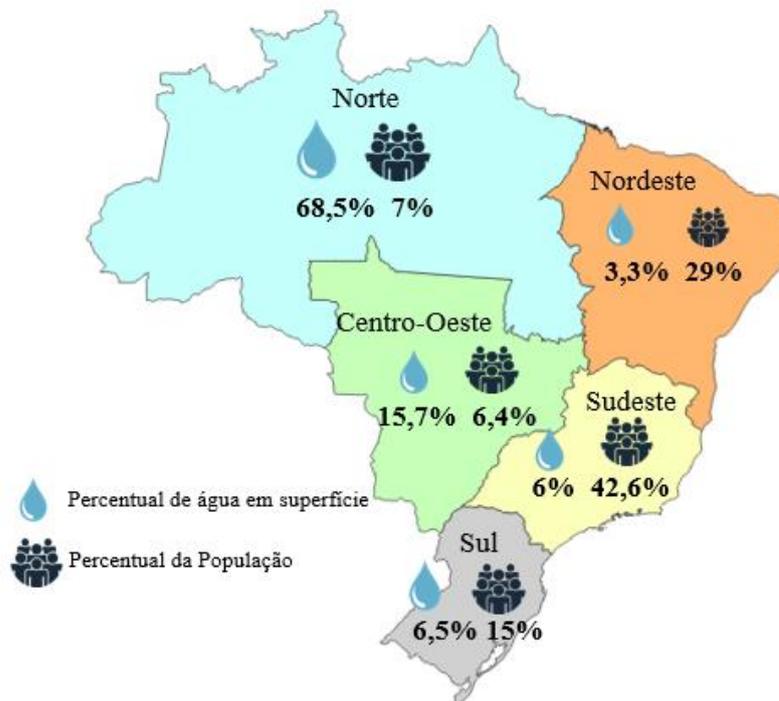


Fonte: Brasil (2005).

Desta quantidade de 3% de água doce, apenas 0,7% estão disponíveis para consumo humano direto, porém, apesar desse pequeno percentual, estima-se que a disponibilidade total seja suficiente para abastecer 20 bilhões de pessoas (Idem, 2014, p. 8).

O Brasil dispõe de aproximadamente 13,7% da água doce do mundo, porém a distribuição não é uniforme. A água é irregularmente distribuída e inversamente proporcional a concentração demográfica (TORRES e MACHADO, 2012; Brasil, 2005), as regiões mais populosas (Nordeste e Sudeste) tem pouca quantidade desse recurso (Figura 2), enquanto que a região Norte tem 68,5% da água do país e dispõe, apenas, de 7% da população brasileira, a região Nordeste tem apenas 3,3% do recurso hídrico e uma população de 29%.

Figura 2. Distribuições percentuais da água e da população nas regiões geográficas brasileiras.



Fonte: Adaptado de Brasil (2005).

Os impactos ambientais, tais como os desmatamentos têm alterado a disponibilidade de água, dificultando o uso para consumo humano. O percentual de água doce é muito pequeno e apenas 0,3% está armazenada em mananciais superficiais, cerca de 30% no subsolo e a maior parte, quase de 70%, estão retidas nas geleiras.

O maior consumo de água é utilizado na atividade agrícola, com cerca de 70% do total, seguido pela atividade industrial com 20%, e o uso doméstico (beber, cozinhar, higiene) corresponde a apenas 10% (TORRES e MACHADO, 2012).

Mesmo água sendo um recurso renovável vem tornando-se extremamente limitada, devido à má distribuição, mas principalmente ao aumento da demanda e diminuição da oferta, causado não pela diminuição da água (“em si”), mas pela redução da água potável devido à poluição:

Mesmo países que dispõem de recursos hídricos abundantes, como o Brasil não estão livres da ameaça de uma crise. A disponibilidade varia muito de uma região para outra. Além disso, nossas reservas de água potável estão diminuindo. Entre as principais causas da diminuição da água potável estão o crescente aumento do consumo, o desperdício e a poluição das águas superficiais e subterrâneas por esgotos domésticos e resíduos tóxicos provenientes da indústria e da agricultura (Brasil, 2005, p.27).

Destaca-se, ainda, que a maior parte do território da região Nordeste é semiárida e dispõe da menor concentração do recurso hídrico do país.

2.2 O Semiárido nordestino

O Semiárido brasileiro é composto por 1.262 municípios e abrange grande parte dos estados do Nordeste e do norte de Minas Gerais (Figura 3), ocupando aproximadamente 12% do território do Brasil.

Figura 3. Delimitação do Semiárido brasileiro.



Fonte: SUDENE (2017).

Essa região interestadual foi instituída por meio de resoluções que definem as delimitações e os municípios integrantes, onde a última atualização ocorreu no ano de 2017, por meio das resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27/07/2017 e de nº 115, de 23/11/2017.

Na resolução nº 107, de 27/07/2017, foram definidos os critérios para delimitação dos municípios: (1) precipitação pluvial média anual igual ou inferior a 800 mm; (2) índice de Aridez de Thornthwaite igual ou inferior a 0,50; (3) percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano. Esses critérios foram utilizados para delimitação, tendo o município que atender algum desses critérios, ou estar contíguo com municípios nessa situação.

Um elemento de maior destaque no Semiárido nordestino é, sem dúvida, a precipitação pluvial, em virtude dos modelos irregulares de distribuição espacial e temporal, além do ter o seu subsolo predominantemente cristalino, o que dificulta a infiltração e o armazenamento de água subterrânea (ALMEIDA e FARIAS, 2012).

Segundo Silva et al., (2010, p.33) historicamente o aproveitamento dos recursos hídricos no Nordeste brasileiro teve início ainda no século 19, que culminou na criação de instituições e programas governamentais, principalmente, voltadas para o enfrentamento dos problemas das secas¹, sendo inegável a contribuição, no entanto as ações não foram capazes de superar a vulnerabilidade e constituir alternativas de desenvolvimento sustentável.

Uma característica física marcante do semiárido é a presença do bioma caatinga, uma vegetação única que é extremamente adaptada ao clima local, com espécies endêmicas de fauna e flora, que vem sendo cada dia mais ameaçado pela degradação causada pelo homem, devida o uso inadequado dos recursos naturais (SILVA, et al., 2010).

A maioria dos problemas ambientais e socioeconômicos do Semiárido é consequência das estiagens e/ou das secas proveniente, ou seja, do modelo de precipitação pluvial, cujos mecanismos indutores são, resumidamente, apresentados, a seguir:

2.2.1 Principais mecanismos responsáveis pela ocorrência de chuvas no Semiárido

Desde muito tempo atrás se procura explicar, cientificamente, as causas da variabilidade no regime pluvial no Semiárido nordestino, tanto em quantidade quanto em distribuição espacial e temporal, características essa que afetam o meio ambiente, o abastecimento de água e as diversas atividades socioeconômicas.

¹ Um exemplo foi o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS.

Destaca-se, entretanto, que as causas dessas irregularidades no regime de chuvas são inúmeras e ainda não inteiramente conhecidas e/ou explicadas (ALMEIDA, 2016). Esse modelo de distribuição temporal de chuva difere de local para local, inclusive dentro de um mesmo recorte geográfico, a quantidade e a distribuição da chuva, durante o período chuvoso, não são os mesmos, têm início e duração diferente, além de chover num local e quase nada na sua circunvizinhança (ALMEIDA e BRITO, 2020).

Relatos anteriores descritos por Alves et al., (2006) existem, pelo menos, seis sistemas atmosféricos que influenciam as condições de tempo no Nordeste brasileiro. Embora na faixa do Semiárido, os dois mecanismos mais importantes são a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (VCAN).

Varejão-Silva (2006) relata que além da circulação meridional decorrente das atividades das células de Hadley, existe uma circulação zonal em larga escala, devido às células de Walker, que ocorre como consequência do aquecimento diferencial entre continente e oceano. Essa condição favorece a formação de nuvens em função das anomalias na temperatura das águas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico Tropical (Alves, 1997).

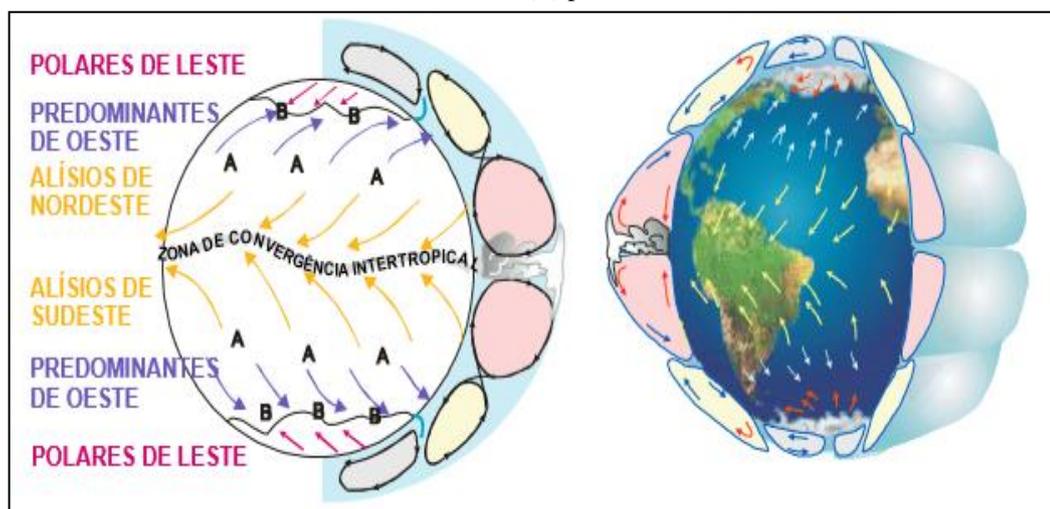
Nobre e Molion (1988) relataram que essa variabilidade se deva, principalmente, aos padrões de larga escala da circulação geral da atmosfera, que resulta de efeitos combinados da ação de vários sistemas meteorológicos e das variações na intensidade e posição das circulações de Hadley e Walker.

A modificação da circulação geral da atmosfera (Walker) causa movimentos descendentes anômalos, que por sua vez inibem a formação de nuvens e reduzem a precipitação no Nordeste do Brasil.

Nos casos em que ocorrem mudanças na circulação meridional da atmosfera (Hadley), a formação de nuvens sobre o Nordeste do Brasil, pode aumentar ou diminuir, em função de anomalias na temperatura das águas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico Tropical (ALVES, 1997).

A zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é uma “linha” nebulosa, que circula todo o globo terrestre na faixa do equatorial (Figura 4). Atua durante todo o ano, entre os trópicos, e coincide aproximadamente com o equador térmico. Causada pela convergência dos ventos alísios de Nordeste que vem do Hemisfério Norte e os alísios de Sudeste do Hemisfério Sul (que se originam na alta Pressão em 30°N/S). Traz umidade e chuvas sobre as áreas onde a ZCIT sobre põe, ocorrendo principalmente nos períodos de verão onde a temperatura é maior no Hemisfério Sul (ALMEIDA, 2016, p.133-134).

Figura 4. Modelo de circulação meridional da atmosfera mostrando os ventos à superfície e as áreas de alta (A) e de baixa (B) pressão.



Fonte: Varejão-Silva (2006).

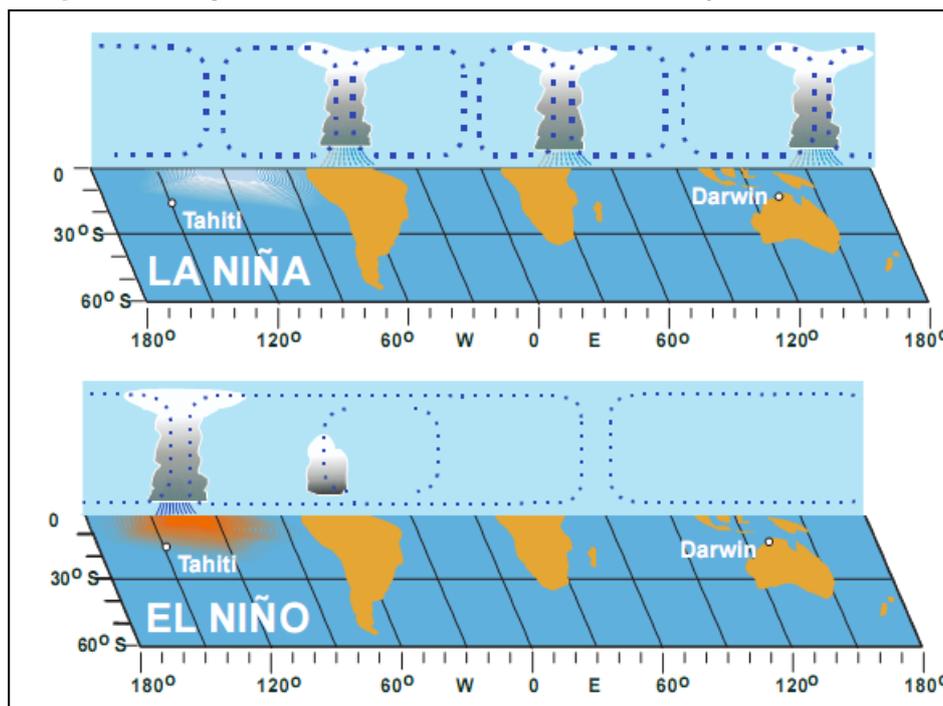
Os **Vórtices Ciclônicos de Ar Superior** (VCAN) são ciclones que ocorrem na alta troposfera, vista num mapa sinótico de 200 hPa, que induzem variações nas condições de Tempo no Nordeste do Brasil, trazendo chuvas no setor setentrional. “Ao contrário dos ciclones que ocorrem a nível da superfície, os mais difundidos na média, os VCANs favorecendo a formação de precipitação somente em suas bordas”.

As influências mais marcantes do regime pluvial são diretamente sentidas na migração latitudinal da ZCIT que, associa-se ao gradiente meridional de Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos Atlântico Tropical e o Pacífico Equatorial, influenciando na distribuição de chuvas proporcionando ciclos de estiagens intercalados com eventos torrenciais em escalas intrasazonal, sazonal e interanual (MECHOSO et al., 1990).

Os cenários com anos mais seco e/ou mais chuvosos no Semiárido nordestino podem ser agravados ou atenuados pelos Modelos de Variabilidade Climática Global, definidos como o El Niño Oscilação do Sul (ENOS) e o Dipolo do Atlântico Tropical (DAT), podendo influenciar o regime pluvial no Estado da Paraíba (MORAES NETO, BARBOSA e ARAÚJO, 2007).

O índice Oscilação Sul (IOS) é um fenômeno de grande escala caracterizado pela diferença de pressão padronizada nas regiões de Darwin (Austrália) e de Taiti (Polinésia Francesa). Essa diferença na pressão atmosférica poder ser positiva, caracterizando o fenômeno El Niño, ou negativa, o La Niña, como mostra a Figura 5.

Figura 5. Fluxograma ilustrativo do fenômeno El Niño Oscilação Sul: La Niña e El Niño.



Fonte: Varejão-Silva (2006, p. 308).

Sobre a influência do fenômeno ENOS a precipitação no Semiárido, pode-se destacar:

Embora haja evidências muito fortes que associam a “seca” nordestina com a ocorrência do El Niño, deve-se salientar que esse fenômeno não é univocalmente responsável por ela. Entretanto, a relação entre a “seca” e o El Niño é um exemplo incontestável de que o comportamento da atmosfera não pode ser entendido a nível regional (estudos restritos a pequenas áreas). A atmosfera age como um todo e determinados impulsos em uma área podem repercutir no estado prevalente do tempo em regiões distantes, muitas vezes situadas a vários milhares de quilômetros dos locais onde tais impulsos ocorreram (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 311).

O maior problema do semiárido, no que se refere ao clima, ou aquele que chama mais atenção é a falta de água (URBANO e DUQUE, 2007), não por falta de chuvas, mas porque as precipitações são irregulares e se concentram durante um período muito curto.

Diante disto, a captação da água da chuva passa a ser extremamente importante, especialmente, para o Semiárido, por ser uma tecnologia que permite aumentar a oferta de água com o mesmo regime pluvial, como será descrito a seguir.

2.3 Captação de água de chuva no Brasil

A água da chuva é o recurso mais viável e diretamente acessível, permitindo a captação dessa água, armazenando-a em cisternas e em outras alternativas de tecnologias de captação. A utilização de águas pluviais teve início por volta de 3000 anos a.C. no Oriente Médio e de 2750 anos a.C. na Mesopotâmia (TOMAZ, 2003).

O Semiárido nordestino demanda de estratégias tecnológicas de aproveitamento da água da chuva visando à convivência com a seca, baseada, principalmente, em tecnologias poupadoras de água, que envolve: a coleta, o armazenamento e manejo de água, a construção e a manutenção de pequenos barramentos, dentre outras (BRASIL, 2006)

De acordo com Silva et al., 2010, os conhecimentos acumulados sobre os recursos naturais do Semiárido brasileiro, principalmente no que concerne ao total anual das chuvas ocorridas, permitem concluir:

que não é a falta de chuvas a responsável pela oferta insuficiente de água na região, mas sua má distribuição, associada a uma alta taxa de evapotranspiração, bem como a falta de políticas públicas para disponibilizar os meios e orientar a população para captar e armazenar a água das chuvas para ser utilizada no período seco (SILVA, et al., 2010, p.35).

Os sistemas de captação de água das chuvas estiveram presentes em toda a história da humanidade nas mais diversas culturas e lugares, sobretudo onde o recurso era escasso. Durante a colonização do Brasil a técnica não foi bem vista, pois era o lugar considerado rico em água, e os chamados “sertões” eram destinados apenas a pecuária extensiva, portanto, os animais percorriam longas distâncias para dessedentação (GNADLINGER, 2006).

Devido à implementação de sistemas agrícolas não planejados para lugares secos, como o semiárido, com o passar do tempo grandes projetos de barramentos, poços tubulares foram sendo executados em todo o Brasil, e a técnica de captação de água foi caindo em desuso (Idem, 2006).

Hoje os órgãos governamentais em nível mundial estão fazendo ressurgir essas técnicas milenares, que estão sendo aprimoradas devido ao potencial existente. Na China e em outros lugares, projetos bem sucedidos de captação para plantações etc. vem sendo desenvolvidos (Idem, 2006).

Atualmente, segundo Machado et al., (2015), no Brasil estão sendo implementados alguns programas de convivência com a seca do Semiárido, cita-se o programa do governo federal conhecido como: “Programa Um Milhão de Cisternas” (P1MC), implantado em 2003, com objetivo de construir um milhão de cisternas nas zonas rurais do semiárido, onde no ano de 2011 já havia sido construído cerca de 75% desse valor.

No entanto ações municipais também estão sendo realizadas, pois Castro et al. (2021, p.4) destaca que:

No entanto, apesar dessa preocupação com os recursos hídricos e o novo incentivo ao aproveitamento de água pluvial, o Brasil ainda necessita de legislações específicas que conduzam às práticas de aproveitamento e estabeleçam casos de obrigatoriedade. Pensando nisso, na carência de uma política nacional em termos de regulamentação

da coleta de águas pluviais, algumas leis estaduais e principalmente regulamentos municipais assumiram a tarefa de cobrir essa lacuna legislativa.

E o autor continua destacando as atitudes de algumas prefeituras como São Paulo e Curitiba, que aprovaram projetos de obrigatoriedade da captação em algumas construções urbanas, com fins, principalmente, de diminuir o escoamento superficial.

É evidente a necessidade de ampliação dos incentivos aos programas de captação e aproveitamento das águas pluviais. As técnicas de captação variam muito desde a coleta direta através de calhas, até a construção de barramento para armazenar as águas do escoamento superficial, no entanto deve-se observar uma série de fatores para escolher uma delas.

2.3.1 Alternativa da captação de água de chuva para fins de abastecimento

As migrações de nordestinos para outras regiões do Brasil são claramente associadas às estiagens, que as obrigam a deixarem as suas terras. Em muitas regiões Semiáridas do mundo, o crescimento populacional e mudanças de hábitos de uso de água e de alimentação exercem pressão sobre o abastecimento de água para consumo humano, para os animais e para a agricultura.

No entanto, a captação de água de chuva tem-se revelado uma alternativa viável e importante para o Semiárido, porque aumenta a oferta de água, com o mesmo regime pluvial (ALMEIDA e FARIAS, 2015).

Gnadlinger (2006) cita que a população do Semiárido brasileiro, não teve muita oportunidade de fazer experiências com métodos de manejo de água de chuva, exceto a de Padre Ibiapina, introduzida na segunda metade do século XIX as chamadas ‘casas d’água’. A água era armazenada num tipo de cisternas de granito cavadas no chão, captada em terrenos inclinados e cobertas com telhado para evitar a evaporação. A água era utilizada em casas de caridade (tipos convento, escola e hospital e para comunidades).

As tecnologias de captação e manejo de água de chuva para fins humano, agrícola e dessedentação animal não são tratadas somente sob o ponto de vista técnico. Essas tecnologias são ao mesmo tempo agrícolas, ecológicas, econômico-solidárias, costumam a serem denominadas de tecnologias sócias (LASSANCE Jr e PEDREIRA, 2004).

Para descentralizar a posse da água, foram elaboradas ações alternativas de convivência com o Semiárido, com o Programa de Formação e Mobilização Social para a convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais (PIMC), que busca criar as práticas de controle, posse e domínio da água e a terra (BRITO et al., 2007).

Existem muitas técnicas conhecidas desde a antiguidade de captação de água das chuvas para utilização humana, sobretudo em regiões áridas e semiáridas, e no Brasil Leal (2015) analisou os benefícios da aplicação de tecnologias de captação de água devido à escassez de água nos municípios de Alagoinha e Pesqueira, Estado de Pernambuco, e concluiu que:

Para a disposição de água suficiente, é necessário que as cisternas – para consumo humano e para produção de alimentos – sejam combinadas com outros tipos de tecnologias que captam água das chuvas como barragens, barreiros e barraginhas, para complementar a água para produção de alimentos para consumo e comercialização, e ainda para diversos usos, como higiene e saneamento (LEAL, 2015, p.98-99).

Isto significa, de acordo com a referida autora, que deve ocorrer uma coexistência entre as tecnologias utilizadas e que apenas uma delas, não é suficiente para suprir toda demanda hídrica do semiárido. Ou seja, investir em apenas uma fonte hídrica não resolverá o problema da água.

Mas em contrapartida existem trabalhos no sentido de quantificar e qualificar a captação e consumo de água, principalmente por influência do “Programa Um Milhão De Cisternas”, que teve por objetivo a implantação de um milhão de cisternas nas áreas afetadas pelas secas, sobretudo no Nordeste, para que exista uma convivência sustentável com o semiárido.

O volume de cada cisterna do “P1MC” foi projetado para atender ao consumo de uma família com 5 pessoas, em média, durante 8 meses de estiagem, levando-se em consideração o consumo de 13 litros por pessoa com água para beber, cozinhar, lavar as mãos e utensílios domésticos de uso imediato (MACHADO et. al., 2015).

Também o Programa Cisterna nas Escolas – PCE, que segundo a Articulação Semiárido Brasileiro (2021):

O Projeto Cisternas nas Escolas tem como objetivo levar água para as escolas rurais do Semiárido, utilizando a cisterna de 52 mil litros como **tecnologia social para armazenamento da água de chuva**. A chegada da água na escola tem um significado especial porque possibilita o pleno funcionamento deste espaço de aprendizado e convivência mesmo nos períodos mais secos (ASA, 2021, grifo nosso).

Ainda segundo a ASA (2021), o Projeto Cisternas nas Escolas já construiu mais de 7 mil cisternas de 30 e 52 mil litros por todo o semiárido, ajudando a manutenção das aulas nessas escolas.

No entanto Ferreira, Ferreira e Pantaleão (2020) mostraram que no semiárido do estado de Alagoas, algumas dessas cisternas estão sendo inutilizadas para o fim correto que é a

captação de água de chuva, pois não foram instaladas as calhas de captação, mesmo que o recurso financeiro tenha sido recebido. Algumas dessas cisternas, mesmo com o sistema de captação, estão sendo utilizadas para o abastecimento por carro pipa, e outras nunca foram utilizadas devido problemas de rachaduras na construção (Idem, 2020).

Segundo Almeida e Gomes (2011, p. 4) “[...] construir um reservatório (cisterna) ou captar água de chuva para outras finalidades sem estudos estatísticos prévio da série pluvial conduzirão a erros que podem ser de sub ou super estimativa do volume potencial existente”, por isso a importância de se conhecer bem as características pluviométricas do local.

Mesmo lugares de climas mais chuvosos como no Sul e Sudeste do Brasil, vem passando por crises hídricas, e como consequência existe um aumento dos trabalhos demonstrando a viabilidade de projetos de captação de água diretamente de chuva. Alguns exemplos são os trabalhos de Tugoz, Bertolini e Brandalise (2017), que em uma escola estadual do Paraná, obtiveram uma economia de cerca de 50% do consumo de água mensal vinda da agência distribuidora (isso significou uma economia anual de cerca de 10.000 reais por ano, num projeto que custou 20.000 reais. Ou seja, em apenas 2 anos o projeto foi pago, e todos os anos são economizados 10.000 reais).

Também Oliveira, Oliveira e Sepini (2016), demonstraram a viabilidade da implantação de um sistema de captação em uma escola estadual de Paraguaçu-MG.

Ruver, Arnhorld e Zardin (2021) demonstraram que a partir de um sistema de captação implantado numa parte do prédio de uma escola técnica em Sapiranga-RS (que somava 992 m²), mesmo com um sistema de armazenamento de pequeno porte de apenas 10.000 litros foi capaz de obter uma economia total de água potável de 42,64% equivalendo a R\$ 2.255,96 entre 2016 e 2017.

Nos casos já mencionados são de locais com chuvas relativamente bem distribuídas durante os meses do ano. Ao contrário as regiões semiáridas onde a precipitação se concentra em poucos meses do ano, principalmente outono e verão, o planejamento da captação deve ser de caráter a aproveitar ao máximo a precipitação desse período, que de outra maneira seria desperdiçada para escoamento superficial (SILVA et al., 1984).

No entanto, Vieira et al., (2019) demonstra que o potencial de captação de água, em 23 das 26 escolas analisadas no Semiárido Sergipano, excedem o consumo de água não potável. Santos et al., (2020), também contabilizou numa escola do município de Campo Formoso-BA, que enfrenta graves problemas de escassez, mas o volume potencial anual de captação da água

de chuva seja o suficiente para atender toda a demanda da escola, ou seja, 148% a mais do que a quantidade transportada através de caminhões pipa/ano.

Destaca-se, entretanto, que embora a preocupação maior seja em aumentar a oferta da água, não há como se desprezar o item qualidade da água armazenada em cisternas. Questão essa que merece ser debatida, tendo em vista que a água pode ser contaminada na área de captação e/ou com o manuseio de água na cisterna.

2.3.2 Qualidade da Água

Os padrões de potabilidade da água, os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano foram estabelecidos pela portaria nº 518/04 (BRASIL, 2004). O uso de recipientes como baldes, latas de zinco e/ou alumínio, conectada com corda de náilon, são os principais fatores de contaminação da água, armazenada em cisterna, com bactérias heterotróficas (ALMEIDA, VIRIATO e SAMPAIO, 2020).

A portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde estabelece como **água para consumo humano**: “água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem”, e **água potável** como: “água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde” (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

Essa definição do que seja água potável não é a mesma concepção que se encontra em grande parte dos lares do semiárido, principalmente na zona rural, onde águas mal armazenadas ou de qualidade duvidosa são consumidas pelas famílias. Almeida, Viriato e Sampaio (2020) mostraram que na cidade de Barra de São Miguel-PB, em 83,3% das amostras analisadas as cisternas têm um quantitativo maior de bactérias heterotróficas na água que o recomendado pelo Padrão de potabilidade estabelecido pela Portaria 518/04 MS.

Ruver, Arnhorld e Zardin (2021), observaram a necessidade de implantação de um filtro de areia para conter detritos vindos das calhas, que acabavam causando vazamentos nas encanações, e que depois de implantados melhoraram a eficiência e a qualidade, e diminuíram o desperdício.

No entanto, a qualidade da água coletada e o seu destino final é que vão definir o tipo e a necessidade de tratamento das águas pluviais (TUGOZ, BERTOLINI e BRANDALISE, 2017).

2.3.3 Captação de água e educação ambiental nas escolas

A água da chuva coletada através de telhados de habitações e/ou de outras superfícies de captação pode ser usada para fins potáveis e não potáveis. A água é, sem dúvida, uma das maiores preocupação mundiais, seja para uso potável ou para outras finalidades. O subsolo do Semiárido nordestino e paraibano é, predominantemente, cristalino e, por isso, tem pouca capacidade de reserva de água subterrânea.

Neste contexto essa tecnologia vem despertando a população, inclusive nas escolas, da importância de aproveitar a água da chuva e armazená-la em cisternas. Essa tecnologia social, além de ser uma política pública de convivência com o Semiárido, ela incentiva a adoção de práticas sustentáveis, no ambiente escolar, local ideal para divulgar essa prática, o que reafirma o papel da educação no desenvolvimento da sustentabilidade, durante o processo de aprendizagem (TUGOZ; BERTOLINI e BRANDALISE, 2015, p. 2).

Por isso a importância do uso da água pluvial em escolas, servindo como instrumento não apenas para reduzir os gastos e resolução de problemas relacionados a seca, mas também como ferramenta de educação (SANTOS, et. al. 2020).

De acordo com Tugoz, Bertolini e Bradalise (2015, p. 2):

Nesse contexto, a escola passa a ser considerada um espaço propício ao desenvolvimento de ações voltadas para a educação ambiental, uma vez que pode promover nos educandos uma busca contínua pelo equilíbrio entre homem e natureza, e instigá-los a disseminar este conhecimento voltado à sustentabilidade.

Para os referidos autores, esses conteúdos são extremamente importantes e devem ser ministrados em sala de aula. No entanto, precisa-se sempre de respaldo científico, tanto na educação, quanto no conhecimento das variáveis que implicam em tais condições meteorológicas. Por isso é necessário a quantificação da precipitação.

2.4 Variabilidade no regime pluvial: estiagens e monitoramento de seca meteorológica

O tempo e o clima são descrições instantâneas e a longo prazo (sequenciamento cronológico com trinta anos ou mais) caracterizado por variáveis (elementos). Neste contexto, é comum atribuir a qualquer flutuação da chuva e/ou de outro elemento, como sendo mudança climática, quando se trata de uma variabilidade natural, oriunda de uma dispersão em relação à média climatológica (ALMEIDA e RAMOS, 2020).

A chuva por ser o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal, principalmente, no Semiárido nordestino, onde persistem as variabilidades mensais e interanuais, com anos extremamente secos e outros chuvosos (Almeida, Moura e Farias, 2017),

embora possa chover muito em um local e quase nada na sua circunvizinhança (ALMEIDA, 2017).

A elevada variabilidade temporal da precipitação pluvial no Semiárido nordestino e paraibano resulta num modelo assimétrico. Mesmo assim, é comum utilizar à média, mesmo não sendo recomendada. Neste contexto, Almeida e Pôrto (2021), recomenda o critério da anomalia da chuva (mensal e/ou anual), que contabiliza o valor observado, no ano ou mês, em relação ao esperado e, portanto, resulta num melhor indicativo do regime pluvial local.

As estiagens e/ou as secas não são características exclusivas das regiões áridas e semiáridas. Por outro lado, as crises hídricas não ocorrem apenas nesses recortes geográficos, pois não diz respeito apenas a redução da chuva, mas sim a vários outros fatores, como por exemplo, o aumento populacional (SILVA et al., 2018).

Embora existam vários índices de secas meteorológicas, utilizados para analisar a variabilidade temporal da chuva, como indicativo de estiagem e/ou de seca, o índice de anomalia da chuva (IAC) é um dos mais utilizados, por permitir comparar o valor de chuva observado em relação ao esperado e, portanto, avaliar a distribuição temporal e a intensidade da seca (FERNANDES et al., 2007; FREITAS, 2005).

Apenas para exemplificar, o IAC vem sendo utilizado, em diferentes regiões do Brasil, para monitorar a variabilidade do regime pluvial, como por exemplo, no Nordeste (Almeida, 2017; Garcês Júnior e Zalena, 2019); no Sudeste por Noronha, Hora e Silva (2016); no Sul por Nery e Siqueira (2020) dentre outros.

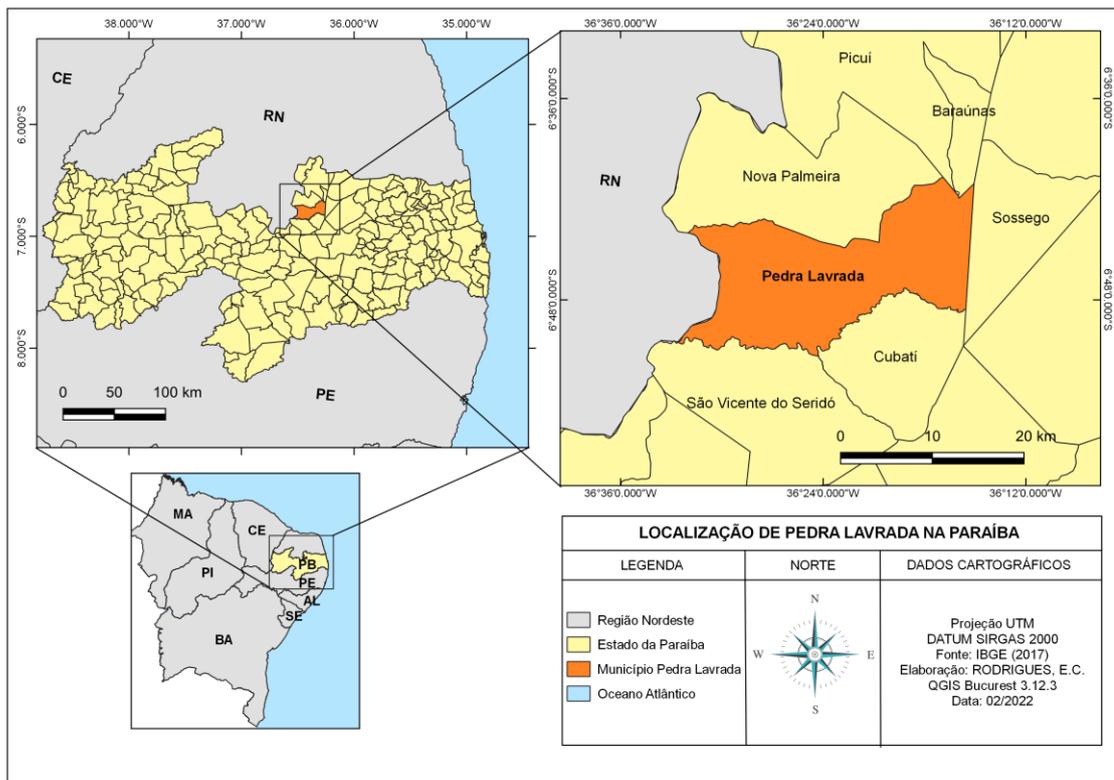
O efeito de uma seca difere de local para local, haja vista o modelo de chuva observada ser distinto tanto quanto em distribuição (Almeida, 2017). No entanto, a seca meteorológica é a base para sequenciar as demais (agrícola, hidrológica e socioeconômica), cuja categorização de seca e/ou de períodos úmidos e secos, cujos índices foram inicialmente, propostos por Palmer (1965) e Rooy (1965).

3.0 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização geográfica do município de Pedra Lavrada, PB.

A área de estudo abrange o município de Pedra Lavrada e três escolas públicas municipal e estadual, localizadas na região geográfica Imediata de Cuité-Nova Floresta (Figura 6).

Figura 6. Mapa de localização de Pedra Lavrada, PB, região geográfica Imediata de Cuité- Nova Floresta.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A população estimada de Pedra Lavrada para 2021 é de 7954 habitantes e densidade demográfica de 21,3 hab/km² (IBGE, 2022). O município está localizado sobre o relevo cristalino do planalto da Borborema, com altitude que varia entre 650 e 380 metros de altitude.

De acordo com a classificação climática de Koppen, o clima é do tipo semiárido quente (BSh), com temperatura média anual superior a 18°C e uma curta estação chuvosa de cerca de três meses (de fevereiro a abril).

O recorte geográfico de Pedra Lavrada é caracterizada pelo embasamento cristalino, com sistema de drenagem dos córregos e rios de fluxo intermitente e onde inicia a sub-bacia do rio Seridó, que nasce no próprio município, integrando a bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu.

A cidade é abastecida pela adutora do Curimataú, proveniente do açude Epiácio Pessoa, Boqueirão, PB, desde meados de 2002. No entanto, o sistema adutor é insuficiente e, por isso, há necessidade de racionamentos, o que dificulta a vida da população. Já, na zona rural não há sistema de abastecimento de água.

3.2 Procedimentos metodológicos e coleta de dados

3.2.1 Dados das Escolas públicas de Pedra Lavrada

Para realização deste trabalho foram escolhidas três escolas públicas: 1) uma na zona urbana; a escola municipal de ensino fundamental (EMEF) Maria Elenita Vasconcelos Carvalho e 2) duas na zona rural, localizadas no distrito Cumaru: a escola municipal de ensino fundamental Santana Albuquerque e a Escola Estadual de Ensino Médio Matilde de Melo Buriti.

A **EMEF Maria Elenita Vasconcelos Carvalho** (Figura 7), localizada na zona urbana da cidade de Pedra Lavrada, tem 514 alunos matriculados, não possui sistema adutor e abastecimento de água é feito por oito carros pipas por mês, com um volume equivalente a 80 mil litros de água. Tem uma cisterna com capacidade para armazenar 35 mil litros de água (Figura 7- C e D), que é abastecida duas vezes por semana. A área de captação total é de 2990 m² (ginásio: 1500 m² e prédio: 1490 m²)

Figura 7. Vista da área da EMEF Maria Elenita Vasconcelos Carvalho, Pedra Lavrada, PB.



Calhas de captação (A), cano da calha apontado para fora da cisterna (B), placa da “Operação Pipa” (C) e Cisterna da escola (D).

Fonte: Fotos do autor (2022).

A segunda escola é a **EMEF Santana de Albuquerque** (Figura 8-A) localizada no distrito Cumarú, município de Pedra Lavrada-PB. Tem 300 alunos matriculados e o consumo de água é de cerca de 30 mil litros/mês. A escola tem uma cisterna que armazena 30 mil litros de água (Figura 8-B), mas é abastecida por carros pipas (cada um com 10 mil litros).

Figura 8. Vista da EMEF Santa Ana de Albuquerque, localizada no distrito de Cumarú, Pedra Lavrada, PB.



(A) cisterna; (B) ginásio com sistema de captação (C) e parte do prédio com sistema de captação (D).

Fonte: Fotos do autor (2022).

A área de captação de 2063 m² incluindo o prédio da escola (1063 m²) e o ginásio (1000 m²). Apenas o ginásio que tem uma área de captação de 1000 m² já com sistema de captação instalado (Figura 8 C). De acordo com informações da diretoria da escola, não é aproveitada a água da chuva, pois recebe água do Programa Operação Carro Pipa (OCP), mesmo com uma área muito grande de captação e com sistema já instalado (Figura 8 D).

A terceira escola a escola estadual de ensino médio (**EEEM**) **Matilde de Melo Buriti** (Figura 9- B e C) foi escolhida por ter o padrão arquitetônico idêntico e área de captação semelhante (1063 m²) a de outras escolas do município. Tem 115 alunos matriculados e o consumo de água é cerca de 20 mil litros/mês.

Figura 9. Vista da área da EEEM Matilde de Melo Buriti, localizada no distrito Cumaru, Pedra Lavrada, PB.



Cisterna de captação de água da chuva (A e D), entrada da escola (B e C).

Fonte: Fotos do autor (2022).

A escola Matilde de Melo Buriti tem duas cisternas - uma maior que comporta 50 mil litros de água- destinada a captação pluvial e outra menor, com 20 mil litros, destinada ao abastecimento por carro pipa- sendo abastecido por dois carros pipas de água por mês, cada um com 10 mil litros.

Essa escola tem uma área de captação de 1137 m², com um sistema de captação já instalado numa pequena parte do telhado que capta água para a cisterna de 50 mil litros. Segundo informações da diretoria, enche e transborda todos os anos (Figura 5 -A e D).

3.2.2 Dados da precipitação pluvial: estimativa do volume potencial de captação

Os dados de precipitação pluvial (mensais e anuais) foram cedidos pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) correspondentes ao período: 01.01.1960 a 31.12.2020.

Para quantificar os dias com chuva mensais, selecionou-se, uma série de precipitação pluvial, disponibilizada pela AESA, durante o período de 01.01. 1994 a 31.12.2020.

Os dados de chuvas foram analisados mediante os critérios da estatística climatológica e descritiva, adotando-se a distribuição de frequência, com determinações das medidas de tendência central (média e mediana) e de dispersão (amplitude e desvio padrão).

Em virtude da assimetria na distribuição mensais da chuva, adotou-se a mediana, em vez da média, como critério já proposto por Almeida e Farias (2017), e a estação chuvosa foi estabelecida como sendo a sequência cronológica dos meses mais chuvosos.

A probabilidade empírica (Pr), para os totais anuais, foi estimada utilizando-se a expressão 1:

$$Pr = \frac{N}{n+1} \times 100 \quad (1)$$

Sendo: N= número de ordem da série

n = número total dos anos observados

De posse dos valores anuais de chuvas a diferentes níveis de probabilidade foram estabelecidos cinco cenários de regimes pluviais (o ano mais seco, o mais chuvoso e pra os tais equivalentes a 25, 50 e 75%).

Com as análises da climatologia da chuva procurou-se estimar o volume potencial de captação da água da chuva (VPC), das três escolas públicas de Pedra Lavrada, descritas no item 3.2.1, e para os cinco cenários pré-estabelecidos do regime pluvial. Com as determinações das áreas de captação (AC), de cada escola, os VPCs foram determinados pela equação 2:

$$\frac{VPC (m^3)=chuva (mm) \cdot AC(m^2) \cdot Ce}{1000} \quad (2)$$

Sendo: Ce = o coeficiente de escoamento (= 0,75) para telhas de barro e (=0,90) para telhado de alumínio, sendo o que mais se assemelha com o telhado de polietileno recomendado por Silva et al., (1984);

AC= área de captação (m²).

3.2.3 Análise da variabilidade anual da chuva e do índice de seca meteorológica

Para avaliar a variabilidade nos totais anuais da precipitação pluvial, utilizou-se o critério da anomalia da chuva, calculando-se a diferença entre o valor da chuva observado, em cada ano, pela mediana anual esperada. Essa operação algébrica resultou em valores positivo e negativo e em seguida, feita a ordenação.

De posse dessa ordenação e utilizando-se os procedimentos metodológicos propostos por Rooy (1965), foram determinados os índices de Anomalia de Chuva (IAC), rearranjando-se as sequências cronológicas das anomalias positiva e negativa, mediante as equações 1 e 2:

$$IAC = 3 \times \left[\frac{(P_{observada} - P_{média})}{(\overline{M} - P_{média})} \right], \text{ para anomalias positivas.....(1)}$$

$$IAC = -3 \times \left[\frac{(P_{observada} - P_{média})}{(\overline{X} - P_{média})} \right], \text{ para anomalias negativas.....(2)}$$

Sendo: *Pobservada*= precipitação observada (mm)

Pmédia= precipitação média da série histórica (mm);

\overline{M} = média dos dez maiores valores de precipitações observadas (mm)

\overline{X} = média dos dez menores valores de precipitações observadas (mm).

De posse dos valores do IAC, adotaram-se as tipologias descritas por Araújo et al., (2009), com algumas modificações, para enquadrar as respectivas categorias de seca meteorológica e suas respectivas categorias (Tabela 1).

Tabela 1. Índices de anomalias da chuva e as respectivas categorias de Intensidade

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Categoria de Intensidade
IAC \geq 4,0	Extremamente Úmida
2,0 \leq IAC $<$ 4,0	Muito Úmida
0,0 \leq IAC $<$ 2,0	Úmida
-2,0 \leq IAC $<$ 0,0	Seca
-4,0 \leq IAC $<$ -2,0	Muito Seca
IAC $<$ -4,0	Extremamente Seca

Fonte: Adaptado de Araújo (2009).

Para analisar o perfil sócio educacional das escolas foram aplicados questionários semiestruturados para 162 alunos (Apêndice I) e aos três gestores das escolas (Apêndice II), com perguntas quali e quantitativas sobre: dimensionamento da área de captação, consumo de água mensal, número de alunos matriculados, quantidades de carros pipas para abastecimento mensal, custos mensais, dentre outros, cujo detalhamento encontra-se no apêndice 1.

Os questionários dos alunos das três escolas: Maria Elenita Vasconcelos Carvalho, Santana Albuquerque e a Matilde de Melo Buriti, foram aplicados e respondidos na plataforma

“Google forms”, cujo modelo está disponível no link: <https://forms.gle/sr4tTLVkuUiXzcZE9> (ver modelo no Apêndice I).

As medidas da área de captação da escola foram obtidas através de consulta as plantas do projeto original das escolas, com exceção da escola Maria Elenita, onde as medições foram feitas utilizando a ferramenta Google Earth.

Como não existe abastecimento por adutora nas escolas, o consumo de água foi estimado pelos números de carros pipa mensais recebidos, que transporta 10 mil litros de água.

Os valores, em reais, de cada carro pipa de água foram estimados com base na informação de pipeiros que trabalham para o projeto Operação Carro Pipa, e dependem do ponto da coleta de água dos açudes: Araçagi, em Esperança-PB; Epitácio Pessoa, em Boqueirão-PB; e o açude Manoel Marcolino, em Taperoá-PB, calculados considerando-se o valor de 5 reais por km rodado. A distância média entre esses pontos e a cidade de Pedra Lavrada resulta num valor médio de 650 reais por pipa de água.

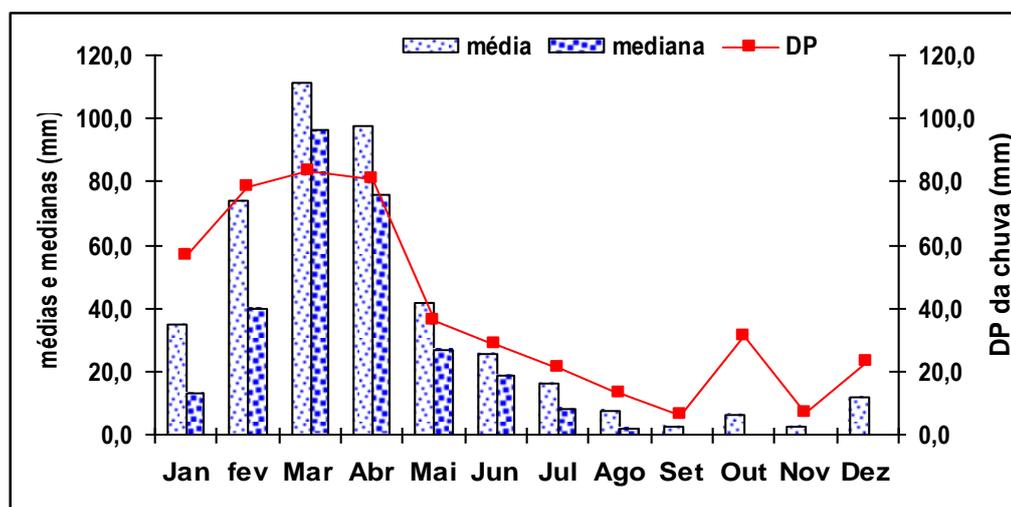
Os cálculos, análises e a elaboração de gráficos e tabelas foram feitas utilizando-se a planilha eletrônica da Microsoft Excel.

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Principais características do regime pluvial para Pedra Lavrada

As médias mensais da precipitação pluvial para cidade de Pedra Lavrada: média, mediana e desvios padrão da média, da série de 61 anos, são apresentados na Figura 10.

Figura 10. Médias mensais, medianas e desvios padrão da chuva. Pedra Lavrada, PB. Período: 01.01.1960 a 31.12.2020.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observa-se que os valores das médias aritméticas mensais são sempre diferentes das medianas. Isso demonstra, entretanto, que o modelo de distribuição de chuva é assimétrico e, portanto, recomenda-se o uso da mediana, em vez da média, o que concorda com os resultados encontrados para outras localidades, por Almeida e Farias (2012), Almeida e Farias (2017), Almeida e Gomes (2011).

Nota-se, também, a distribuição mensal de chuva é dispersa, comprovada pela elevada dispersão, mostradas através dos desvios padrão (DPs), o que mostra ser um modelo mensal disperso de chuva esperada, haja vista que os respectivos valores, tende a ser maiores que a própria média, em, pelo menos, durante nove ou dez meses do ano. Isso confirma a irregularidade semelhante encontrada em outros locais do Semiárido, por Almeida, Viriato e Sampaio (2020), Almeida e Gomes (2011), dentre outros.

Outra característica importante desse regime é a existência de um período muito curto com chuvas, no qual se concentra o período chuvoso, aqui denominado de estação chuvosa, ou seja, a sequência de meses mais chuvosos, concentrando-se entre fevereiro e abril, que chove 76% do total anual. Os meses de maio a julho, caracterizados como o período pós-estação chuvosa, ocorrem chuvas localizadas e de baixa intensidade, cujo valor da chuva é da

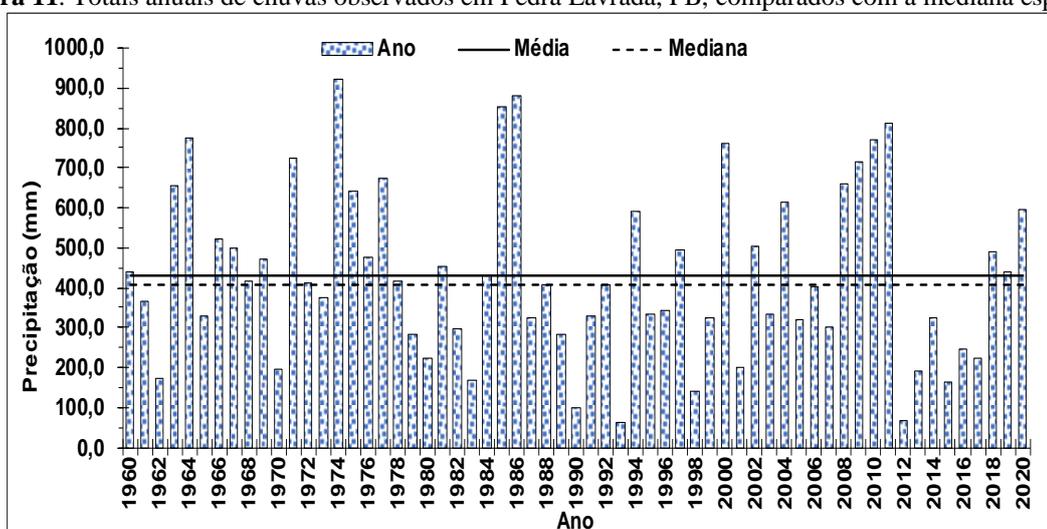
ordem de 18%. Entre o final do inverno e o início do verão (agosto a dezembro), especialmente, na primavera, coincide com a estação mais seca, quando não há praticamente registro de chuva, apenas alguns eventos esporádicos e eventuais.

Embora a variabilidade no regime pluvial mensais seja bem superior que em outra escala temporal, destaca-se que há oscilações no referido regime anualmente, como mostra o item seguinte.

4.2 Oscilações nos valores anuais de chuvas observados e dias com chuvas

Os totais de chuvas observados anuais entre 1960 e 2021, comparados com a média e a mediana esperadas, são apresentados na Figura 11. Observa-se que os totais de chuvas de cada ano diferem entre si, os quantitativos são bastantes irregulares e há sequência de anos mais e menos chuvosos.

Figura 11. Totais anuais de chuvas observados em Pedra Lavrada, PB, comparados com a mediana esperada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Fazendo-se uma análise comparativa entre a média e a mediana, observa-se, também, que os valores diferem entre si. Isso mostra, portanto, que o modelo de distribuição de chuva anual é assimétrico. Condição essa que se recomenda o uso da mediana, em vez da média, corroborando-se com as indicações feitas por Almeida (2017); Almeida e Ramos (2020); Almeida e Pôrto (2021) para esse tipo de modelo de chuvas.

Verifica-se (Figura 11) que existe uma grande dispersão nos totais de chuvas anuais observados, visualizada nos histogramas apresentados, ao se comparar um total de chuva observado em um ano com outro. Na comparação algébrica, utilizando-se a amplitude, como medida de dispersão, fica mais evidente, pelo expressivo valor de 860,7 mm, resultante da diferença entre o ano mais chuvoso (1974), com 921,4 mm, e o ano mais seco (1993), da série estudada, que choveu apenas 60,7 mm. Isso demonstra que o modelo anual da precipitação

pluvial em Pedra Lavrada é extremamente irregular, embora não seja muito diferente de outras localidades da Paraíba como encontrado por Almeida e Farias (2017), Almeida e Ramos (2020), Almeida e Pôrto (2021). Destacam-se, ainda, os quatro anos do período de 2008 a 2011, por ter chovido de forma sequencial acima da média esperada.

Outra característica importante, em um modelo temporal de distribuição de chuva, é, sem dúvida, o número de dias com chuva/mês. A Tabela 2 resume os números de dias com chuvas, num recorte temporal de vinte e sete anos.

Tabela 2: Dias com precipitação por mês. Pedra Lavrada, PB. Período 01.01.1994 a 31.12.2020.

Mês	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Máx
jan	3	2	2	4	1	2	4	0	4	3	15	3	0	0	3	1	2	5	0	0	1	0	6	0	2	3	3	15
fev	3	6	1	1	1	2	8	0	7	4	7	4	5	5	1	7	2	4	2	2	3	1	0	5	5	7	7	8
mar	11	4	7	4	6	2	3	4	5	4	4	8	5	1	12	6	5	8	0	3	1	4	1	4	6	11	15	15
abr	3	3	8	4	0	2	10	4	4	1	1	3	10	6	7	16	3	8	0	5	5	3	5	3	8	8	10	16
mai	4	4	1	5	0	4	3	0	4	3	7	4	4	2	6	6	3	8	0	1	5	0	5	3	2	2	7	8
jun	4	0	2	0	0	0	4	2	3	1	4	5	3	1	1	6	4	2	4	3	1	1	1	3	3	1	3	6
jul	2	0	1	1	0	2	4	0	1	0	2	0	0	0	2	6	1	4	2	2	0	3	0	5	0	7	5	7
ago	1	0	0	1	1	0	4	0	1	1	0	1	0	0	1	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	2	1	4
set	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
out	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
nov	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	3
dez	1	0	0	0	0	1	4	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	2	0	0	2	0	0	4
Total	32	19	24	21	9	15	44	11	30	18	40	28	27	15	34	51	27	42	8	22	16	14	18	23	30	42	52	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Espera-se que a variabilidade de um modelo diário de distribuição de chuva seja bem maior do que a dispersão numa escala maior: mensal e anual. Os comparativos dos somatórios dos números de dias de chuvas em um dado mês ao longo desses vinte e sete anos, superam os 50%, ou seja, no mês de janeiro de 2014, por exemplo, teve quinze (15) dias com chuva, mas em outros anos não choveu em nenhum dos dias.

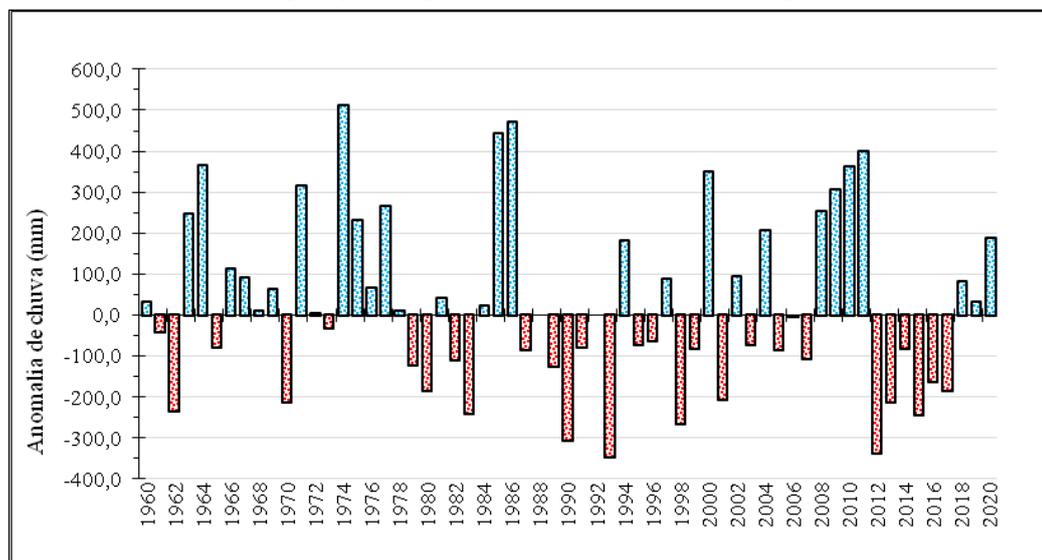
Análise semelhante ocorre nos meses da estação chuvosa, março de 2020 e abril de 2009, choveram 15 e 16 dias, enquanto em 2012, não houvera nenhum registro de chuvas. Os meses menos chuvosos, setembro a novembro, confirma-se com os de menores números de dias com chuva.

O somatório do número de dias com chuvas anualmente, também, é muito variável, oscilando entre 52 dias para o ano de 2020 e de apenas oito dias, em 2012. Em virtude da elevada variabilidade nesses anos, não significam que 2020 tenha sido o ano mais chuvoso e 2012 o mais seco, como pode ser comprovado ao observar a Figura 11.

4.3 Anomalia dos totais anuais de chuvas observados

Em virtude da irregularidade no regime pluvial da cidade de Pedra Lavrada, optou-se em incluir neste estudo, o critério da anomalia de chuvas, que permite analisar as dispersões tomando-se como referência a mediana esperada, computando-se a diferença entre o valor da chuva observado e a mediana da série, cujos resultados são mostrados na Figura 12.

Figura 12. Anomalia anual da precipitação pluvial observada em relação à esperada, em Pedra Lavrada, PB.

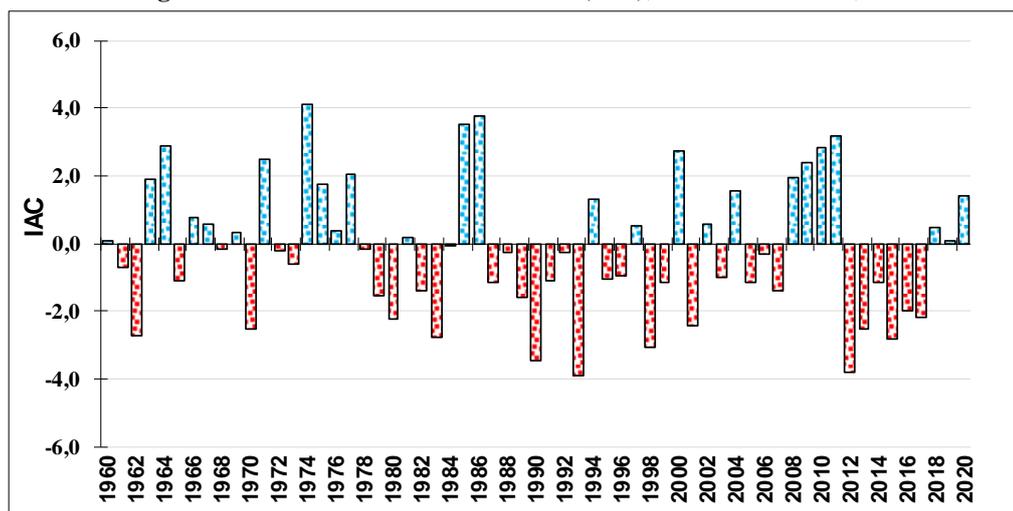


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Como se observa na Figura 13, os histogramas na cor azul são indicativos de anomalia positiva da chuva, ou seja, que choveu acima do esperado e os vermelhos, de anomalia negativa, abaixo do esperado. O critério adotado permite compreender muito melhor a realidade do efeito da chuva em um determinado local, quando se percebe, visualmente, os anos com chuvas acima ou abaixo do valor esperado.

A observação gráfica (Figura 13) facilita o entendimento do(s) ano(s) com deficiência ou excedente pluvial. Como se verifica na referida Figura há agrupamento de anos com desvios positivo (chuva acima da mediana esperada) e negativo (chuva abaixo do esperado), com anos sequenciamentos de positivo, como por exemplo, de quatro anos (2007 a 2010) e seis anos negativos (de 2012 a 2017).

Para avaliar se as anomalias anuais dos totais de chuvas observados são indicativas de secas meteorológica, utilizaram-se o índice de anomalia da chuva (IAC), que permite agrupar os anos com totais de chuvas observados acima ou abaixo do esperado, em diferentes categorias de secas meteorológica como mostra a Figura 13.

Figura 13. Índices de anomalia da chuva (IAC), em Pedra Lavrada, PB.

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os indicadores algébricos do IAC foram agrupados dentro de cada intervalo das categorias de intensidade de seca meteorológica proposta na Tabela 1. Contabilizando-se os IAC positivos e negativos, constata-se que 26 anos apresentaram anomalias positivas (43%) e 35 anos anomalias negativas (57%).

Em síntese, dos sessenta e um anos analisado, dezesseis foram úmido (26,2%); nove, muito úmido (14,75%); e um ano extremamente úmido. Já, os anos com IAC negativos, vinte e três foram secos (37,7%) e 12 anos muito seco (19,7%).

Fazendo um rol dos anos com anomalias positivas e descrevendo-se de acordo com a categoria de seca meteorológica, tem-se: o ano de 1974, enquadrado como extremamente úmido. Já, os das categorias de muito úmido, agrupam-se os anos de: 1964, 1971, 1977, 1985, 1986, 2000, 2009, 2010, 2011 e os úmidos: 1960, 1963, 1966, 1967, 1969, 1975, 1976, 1981, 1994, 1997, 2002, 2004, 2008, 2018, 2019, 2020.

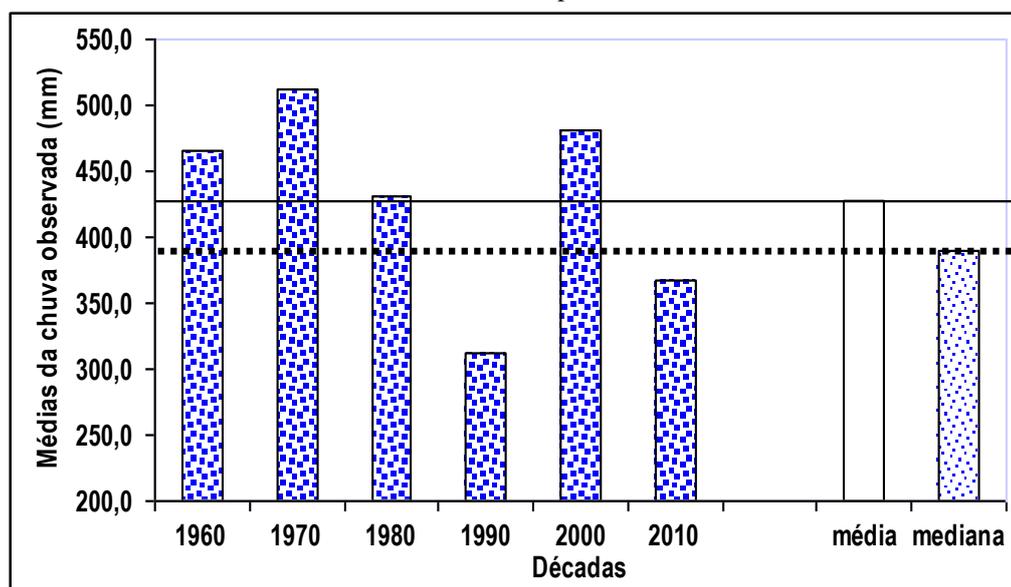
Utilizando-se critério semelhante, os anos com anomalia negativa, enquadram-se os anos de seca, nas categorias de anos Seco (23): 1961, 1965, 1968, 1972, 1973, 1978, 1979, 1982, 1984, 1987, 1988, 1989, 1991, 1992, 1995, 1996, 1999, 2003, 2005, 2006, 2007, 2014, 2016 e doze anos de muito seco: 1962, 1970, 1980, 1983, 1990, 1993, 1998, 2001, 2012, 2013, 2015, 2017.

Destaca-se, entretanto, que mesmo no ano mais seco, que choveu apenas 60,7 mm, o método não o enquadrado como ano extremamente seco, o que pode ser atribuída a uma falha para esse método.

Para facilitar o entendimento da variabilidade no regime anual da chuva, em Pedra Lavrada, inclui-se, na análise, o agrupamento por década. Por ser uma escala temporal maior, a dispersão é mais suave.

Os valores das médias decenais da chuva, comparados com a média e mediana da série, são apresentados na Figura 14. Os histogramas pluviométricos por décadas mostram de forma mais visível e clara, que há decênios mais e outros menos chuvosos.

Figura 14. Médias anuais da chuva observadas por décadas para Pedra Lavrada, PB, comparadas com a média e a mediana esperada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Mesmo nessa escala temporal, verifica-se que o valor da média da série continua diferente da mediana, ou seja, comprova-se a assimetria no modelo de distribuição da chuva local. Observa-se (Figura 14) que as décadas de 1990 e 2010 foram as menos chuvosas, ou seja, as que apresentaram os maiores quantitativos de anomalias negativas; com oito, na década de 1990, e seis na de 2010. Embora seja importante destacar que, nos anos de 2010 e 2011, por exemplo, choveu quase o dobro da mediana (770,6 e 809,7 mm), respectivamente.

Em síntese, as décadas de 60, 70, 80 e 2000 foram as mais chuvosas (Figura 14) e as de 90 e 2010 as mais secas, embora a década de 1990 tenha chovido 36,8 % menos que a de 2010.

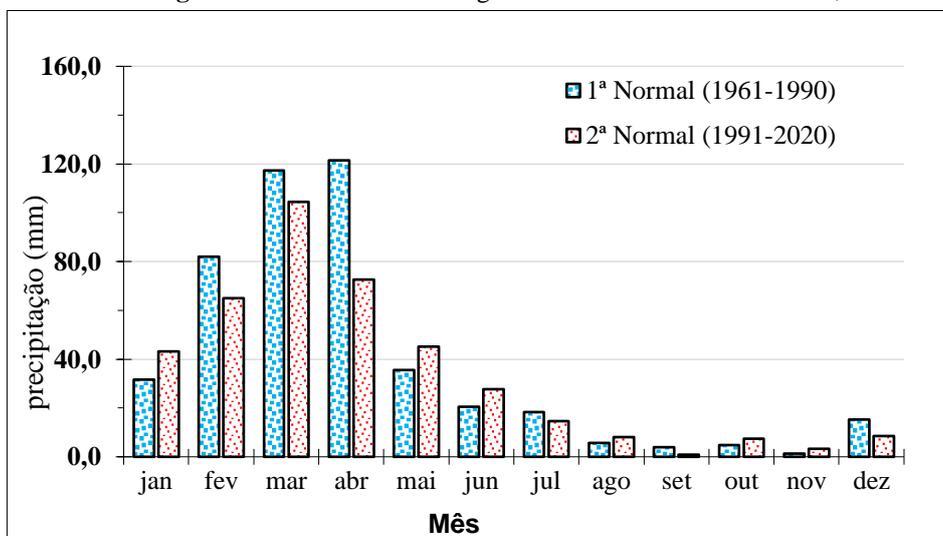
Para complementar este estudo de variabilidade da chuva na cidade de Pedra Lavrada, incluiu-se um comparativo das médias mensais, equivalentes as três normais climatológicas.

4.4 Estudo comparativo das três normais climatológicas

A inclusão de uma média, com a denominação de normal climatológica, foi utilizada para se fazer análises comparativas entre médias, embora uma normal climatológica refere-se

a uma média aritmética de exatamente 30 anos seguidos. A análise entre si passa ser um indicativo se estar aumentando ou diminuindo a chuva local, como mostra a Figura 14.

Figura 15. Normais climatológicas da cidade de Pedra Lavrada, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A série de dados de 1960 a 2020 permitiu a definição de duas normais a primeira de 1961 a 1990 e a segunda de 1991 a 2020 (Figura 16). Na primeira normal podemos observar maiores valores de chuva nos meses de fevereiro a abril, período de maior concentração de chuva, destaca-se que o mês de abril foi o de maior média de chuva.

Na segunda normal observa-se uma diminuição da precipitação média nos meses mais chuvosos, principalmente em abril com diminuição de 48,9 (mm) e um pequeno aumento em janeiro, maio, junho.

Foi observado uma redução média anual da primeira normal (457,9 mm) em relação a segunda normal (405,3 mm) de 52,6 mm, portanto houve uma variação de caráter diminutivo, sobretudo nos meses mais chuvosos.

4.5 Uma síntese do modelo de abastecimento de água, em Pedra Lavrada

Considerando que o regime pluvial é irregular e assimétrico e não há um sistema de abastecimento de água, especialmente, na zona rural e a carência de reservatório (açude) para abastecer a população urbana, a captação da água da chuva é, certamente, a alternativa mais viável para as escolas públicas.

O abastecimento de água foi e continua sendo a maior problemática no Nordeste do Brasil, sobretudo nas áreas mais afastadas do litoral, conhecida como “sertões”. A cidade de

Pedra Lavrada desde a época que era uma pequena povoação, no século 18, sempre teve a água como um problema presente.

Relatos mais recentes de pessoas que viveram a partir de 1950, contam que para obter água para beber era necessário passar uma noite inteira numa fila de pessoas para coletar água que “minava” em uma cacimba próxima a cidade.

Alguns avanços foram feitos, citam-se os programas emergenciais tais como a construção de açudes no recorte territorial, conhecidos como “açudes do Estado” construídos pelo Departamento Nacional de Obras Contra a Seca (DNOCS). No entanto, esses reservatórios secavam, também, nos longos períodos de estiagens.

Carros pipas de água foram distribuídos, era comum ver filas de pessoas nas ruas (Figura 16). Até que foi construído um sistema adutor local e a zona urbana de Pedra Lavrada começou a ser abastecida pela água do açude Tamanduá, construído em 1978. Embora esse açude tenha uma considerável capacidade de armazenamento, supria parcialmente a necessidade da população. Em 2002 foi implantada a Adutora Cariri, proveniente do açude Epitácio Pessoa (Boqueirão), a realidade hídrica tornou-se mais favorável a população.

Figura 16. Pessoas coletando água de cisterna comunitária, no fim da década de 1990, em Pedra Lavrada-PB.



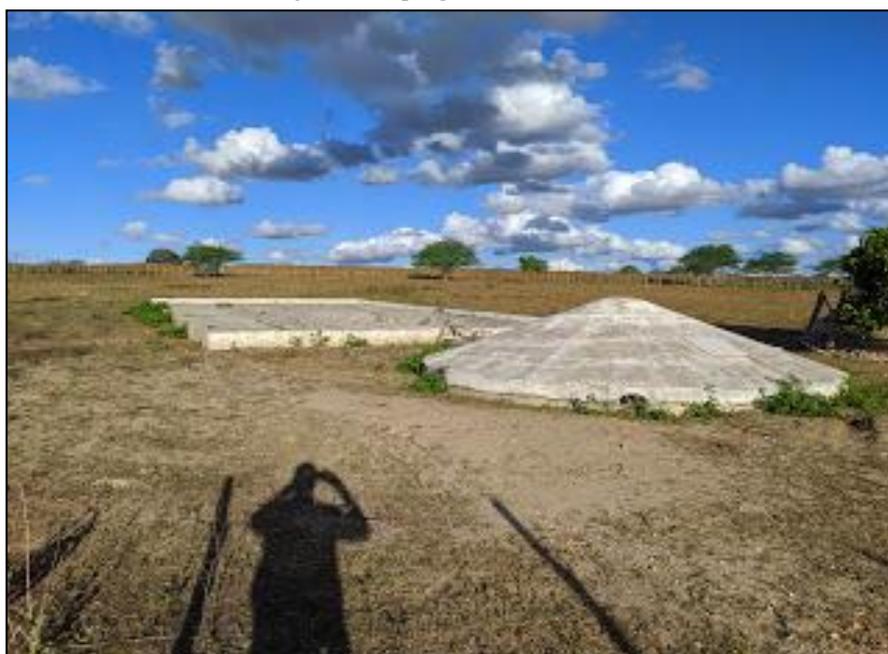
Fonte: Acervo da Secretaria de Educação de Pedra Lavrada-PB.

Com a chegada da adutora a cidade, a população torna-se desinteressada pela prática de captação de água da chuva e construção de cisternas, pois vivia uma relativa estabilidade hídrica. Com a estiagem do período 2012 até o início de 2017, teve-se que implantar o racionamento de água, de mais de 30 dias sem água nas torneiras, devido à redução gradual do

volume do açude Epitácio Pessoa. Essa condição, fez com que a população retornasse aos poucos a construção de reservatórios de água para captação.

A zona rural desde sempre foi abastecida por fontes básicas, desde açudes, poços e cacimbas. Atualmente a opção mais usual é o abastecimento por carros pipas, do programa governamental “Operação carro-pipa”. Há, também, captação direta da água da chuva e o armazenamento em cisternas para consumo, especialmente, a cisterna calçadão construídas pelo Programa 1 milhão de Cisternas (P1MC), como mostra a Figura 17.

Figura 17. Vista de uma cisterna calçadão, do programa “P1MC”, na zona rural de Pedra Lavrada, PB.



Fonte: Foto do autor (2022).

Como se observa na Figura 17, a área de captação é um calçadão e não o telhado residencial. A maioria desse tipo de cisterna no Semiárido nordestino é subdimensionada e o reservatório é abastecido por meio de carros pipa, o que encarece a água.

O alto custo para comprar um carro pipa para abastecer a cisterna ou aguarda a chegada da água pela OCP inviabilizam, praticamente, a convivência do pequeno agricultor nesta região.

A melhor alternativa para aumentar a oferta de água seja na zona rural ou urbana é a tecnologia da captação pluvial, que aproveite a própria água da chuva. No entanto, essa técnica requer um estudo, primeiramente, do modelo de precipitação pluvial local, associado ao tamanho da área de captação e as necessidades de consumo de água, para fins potáveis e não potáveis.

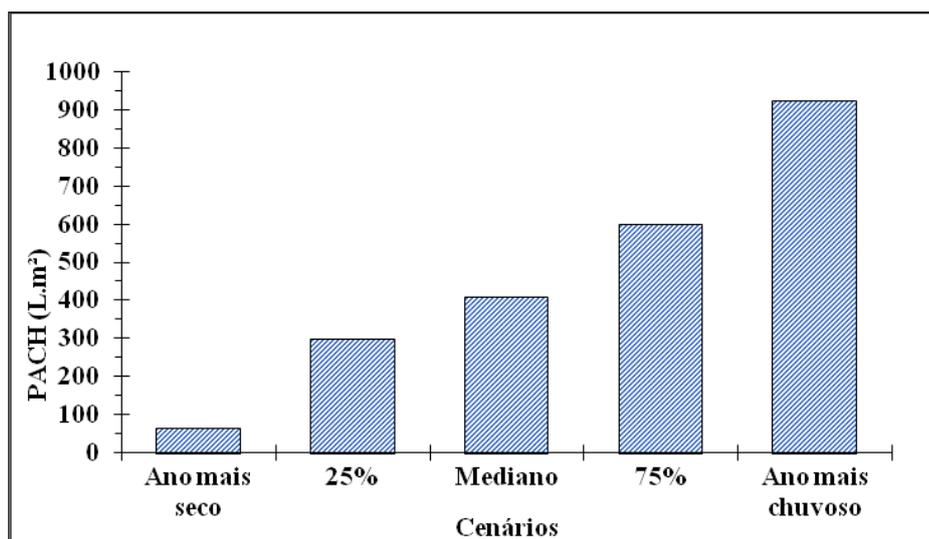
Diante disto, a condição *sine qua non* para estimar o potencial de aproveitamento da água da chuva é o estabelecimento das principais características do regime de chuva local e não simplesmente utilizar uma média, como recomendado por Almeida e Gomes (2011); Almeida e Farias (2017); Almeida e Silva (2017), cujo potencial de captação será apresentado a seguir:

4.6 Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva, nas escolas públicas de Pedra Lavrada-PB

Mesmo com um regime pluvial caracterizada pela baixa quantidade e elevada irregularidade espacial e temporal, a captação de água é uma alternativa viável e importante para a convivência no Semiárido nordestino, haja vista se tratar de uma região onde chove anualmente e a tecnologia de captar água da chuva aumentam-se a oferta de água, com o mesmo regime pluvial.

A Figura 18 exemplifica o potencial de captação da água da chuva (PACH), para a cidade de Pedra Lavrada e área unitária de escoamento, adotando-se cinco cenários anuais de regime de chuvas.

Figura 18. Potenciais de água da chuva (PACH), em Pedra Lavrada, PB, para cinco cenários de regimes anuais de chuva, em mm.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Os cenários de chuvas propostos mostram que os potenciais de captação da água da chuva, variam de 60,7 a 921,4 mm (L.m⁻²), com predominância de ocorrer no nível mediano, ou seja, com 50% de chances, de captar um volume de 407,6 (L.m⁻²). A estimativa do volume de água captado, para cada cenário, é obtida multiplicando-se pelo tamanho da área de catação do telhado de cobertura de uma residência, escola ou outro empreendimento.

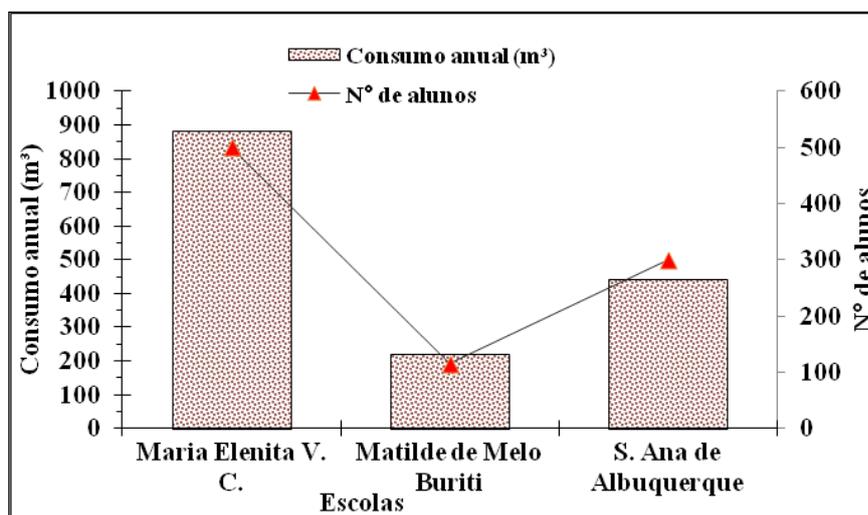
Essas medidas podem ser utilizadas para o cálculo do volume potencial de captação (VPC) de qualquer projeto de captação de água no município, inclusive residências, prédios e para todas as escolas rurais e urbanas, multiplicando-se pela área de captação, obtém-se o volume potencial de captação (VPC).

4.6 1. Estimativa do consumo de água nas escolas nas escolas públicas de Pedra Lavrada, PB

Antes mesmo de se estabelecer os potenciais de captação da água da chuva nas três escolas municipais de ensino fundamental: Maria Elenita, Matilde de Melo Buriti e Santa Ana de Albuquerque, localizadas nas zonas rural e urbana de Pedra Lavrada, PB, é necessário destacar que todas são abastecidas, exclusivamente, por carros pipas.

A Figura 19 mostra a relação entre o consumo anual de água, em m³, das três escolas versus os números de alunos matriculados.

Figura 19. Relação entre o consumo anual de água e o número de alunos matriculados nas escolas públicas de Pedra Lavrada, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O consumo de água, em cada escola, é, obviamente, diretamente proporcional ao número de alunos.

O consumo per capto mensal varia de 122 a 159 litros/por aluno. mês ou de 4,1 a 5,3 litros/por aluno. dia. O maior consumo diário de água é o da escola Matilde de Melo Buriti, que tem o maior número de alunos matriculados e o menor e da Escola Santa Ana de Albuquerque.

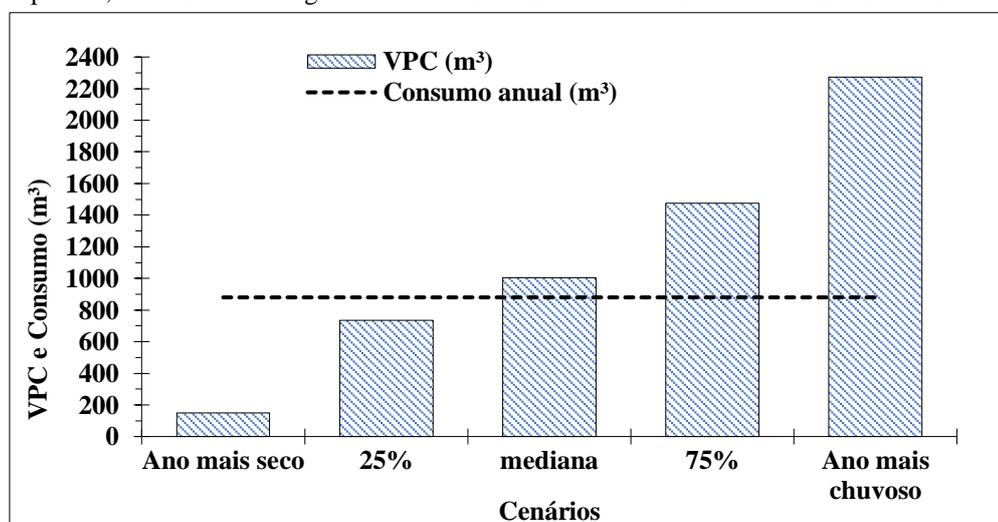
Destaca-se, entretanto, que a escola Maria Elenita, localizada, na zona urbana de Pedra Lavrada, foi a que apresentou o consumo per capto intermediário de 4,9 litros/por dia.

De posse do regime pluvial de chuva da cidade de Pedra Lavrada, para diferentes níveis de probabilidades, o item seguinte será apresentado às estimativas dos volumes potenciais de captação da água da chuva em função do tamanho da área de captação das referidas escolas e os cenários anuais de regime pluvial.

4.6.2. Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva para a E.M.E.F. Maria Elenita Vasconcelos Carvalho

Na estimativa do volume potencial de captação da água da chuva (VPC) da escola Maria Elenita, considerou-se uma área de captação de 2990 m² (incluindo-se a área do ginásio e prédio) cuja relação entre os valores do VPC e o consumo de água, para a referida escola, simulando-se cinco cenários de regime de chuvas, são mostrados na Figura 20.

Figura 20. Relação entre o volume potencial anual de captação da água chuva (VPC), para cinco cenários de regime pluvial, e o consumo de água da escola Maria Elenita Vasconcelos Carvalho. Pedra Lavrada, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

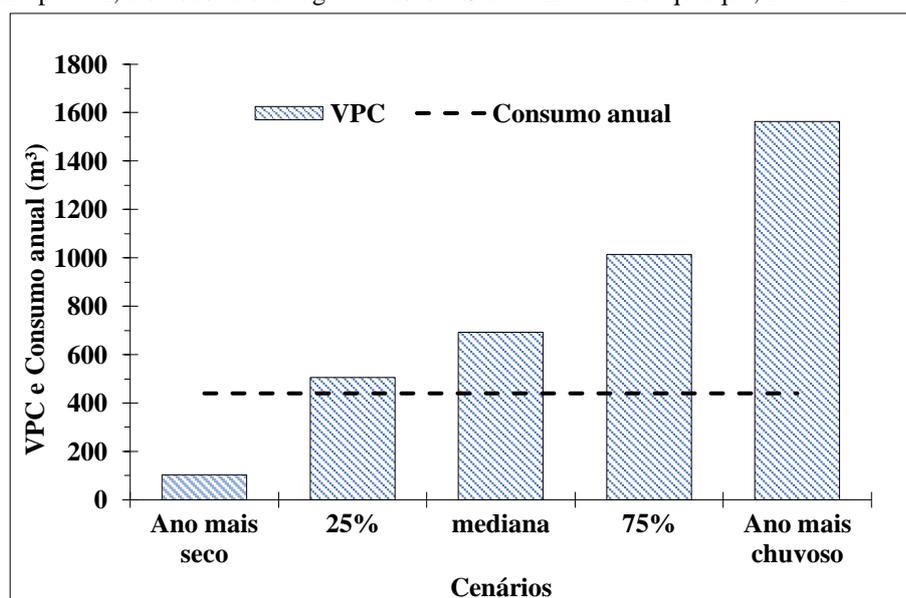
Como pode ser observado na Figura 20, em qualquer ano que chover igual ou acima da mediana, o VPC é maior do que o volume de água necessário, para manter as atividades da escola, e apenas nos dois piores cenários, o VPC seria menor.

Mesmo no pior cenário, o ano mais seco, cuja probabilidade de ocorrer é menor que 2%, a água captada equivaleria a 17% do volume necessário. Já, no nível de 25% de probabilidade, o volume captado, pelo telhado, seria o equivalente a 83% do necessário. Esse quantitativo equivale a mais de 3/4 do consumo anual. Resultados esses bem superiores aos encontrados por Tugoz, Bertolini e Brandalise (2017), que consideraram vantajosa a economia de 50%.

4.6.3 Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva para a E.M.E.F. Santa Ana de Albuquerque

Adotando-se procedimentos semelhantes, o VPC da escola Santa Ana Albuquerque foi estimado, tomando-se como referência a área de captação de 2063 m² (o ginásio + o prédio), para os cinco cenários anuais de regime de chuvas, cujos volumes potenciais de captação e consumo são mostrados na Figura 21.

Figura 21. Relação entre o volume potencial anual de captação da água chuva (VPC), para cinco cenários de regime pluvial, e o consumo de água da escola Santa Ana de Albuquerque, Pedra Lavrada, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Como pode ser observado na Figura 21, o VPC estimado é superior ao valor consumido em praticamente todos os cenários anuais de chuva, exceto, para o ano mais seco, cuja probabilidade de ocorrência é inferior a 2%. Mesmo assim, o volume de água que seria captada, nessa condição, ainda representa 23% do necessário.

Os resultados aqui apresentados mostram a importância da tecnologia da captação da água da chuva, como alternativa de abastecimento da referida escola. No cenário de 75%, por exemplo, a chance de ocorrer é de três anos numa série de quatro, o VPC é quase o dobro do volume necessário.

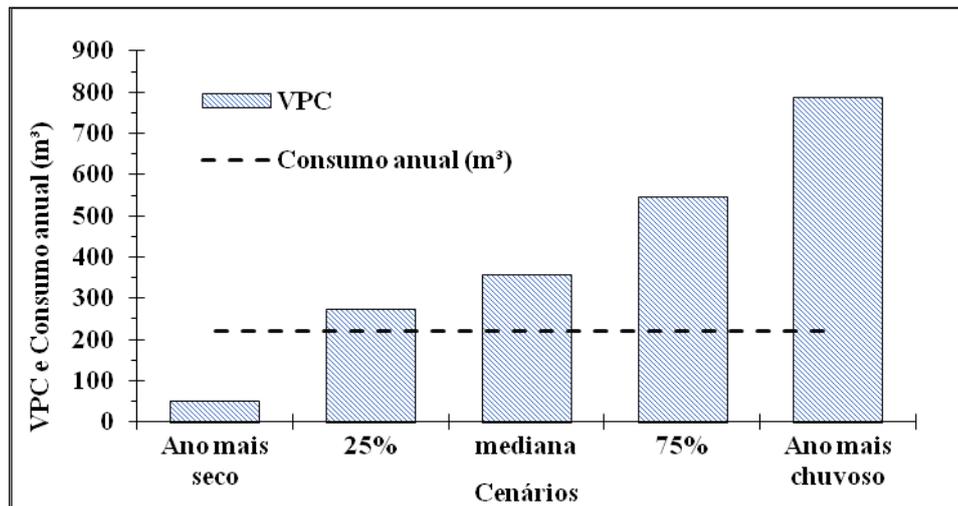
4.6.4 Estimativa do volume potencial de captação da água da chuva para a E.M.E.F. Matilde de Melo Buriti.

A escola estadual Matilde de Melo Buriti tem área de captação é de 1063 m², o menor número de alunos matriculados (115) e, obviamente, a quem tem o menor consumo comparado

com as escolas de ensino fundamental Maria Elenita Vasconcelos Carvalho e Santa Ana de Albuquerque.

A relação entre o volume potencial de captação, estimado em função da área de captação e dos cinco cenários anuais de quantidades de chuvas, e o volume de água necessário são apresentados na Figura 22.

Figura 22. Relação entre o volume potencial anual de captação da água chuva (VPC), para cinco cenários de regime pluvial, e o consumo de água da escola Matilde de Melo Buriti, Pedra Lavrada, PB.



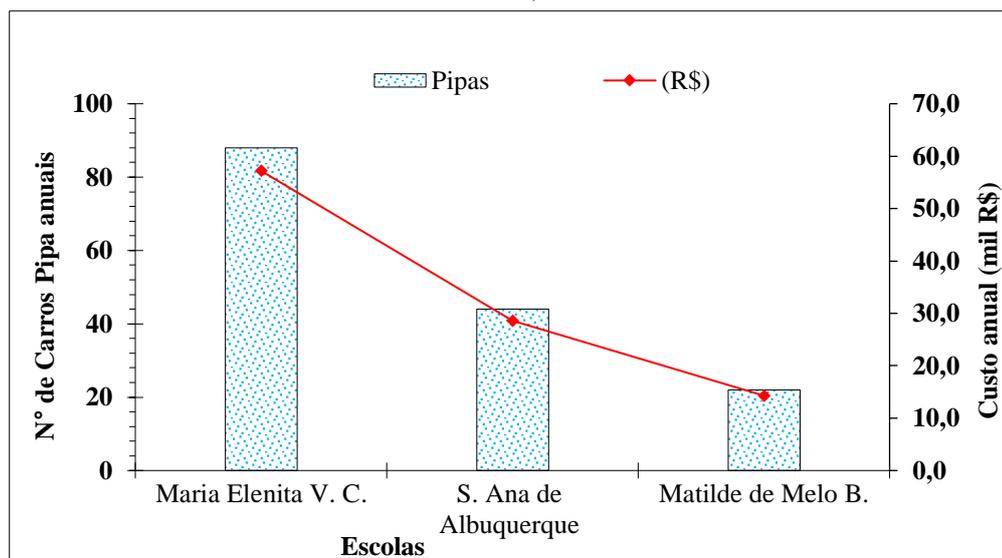
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A relação entre o volume potencial anual de captação e o consumido, na referida escola, mostra de forma clara, que o consumo de 220 mil litros/ano, é captado nos quatro cenários, exceto, no cenário para o ano mais seco, mesmo assim, capta o equivalente a 24% do volume consumido. Nos demais cenários, estimam-se que o telhado da escola colhe, respectivamente, 124%, 162%, 249% e 357% do necessário, equivalentes, em metros cúbicos, a 273, 356, 547 e 786 m³.

4.6.5 Custo do abastecimento por Carro Pipa e a viabilidade da captação de água

A importância da captação da água da chuva é sumarizada na Figura 23, mediante a relação do número de carros pipas e os custos, em reais, por ano, por essa prestação de serviço.

Figura 23. Relação entre o número de carros pipas e o custo do abastecimento nas três escolas públicas de Pedra Lavrada, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

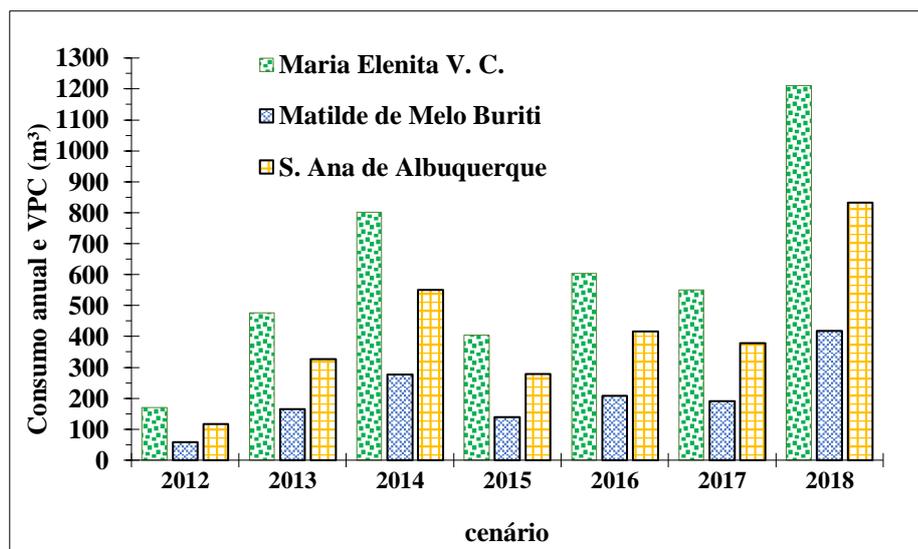
Verifica-se (Figura 23) que os custos anuais para abastecimento da escola Maria Elenita são da ordem de 57,2 mil reais por ano. Nos cenários de anos com chuva igual ou superior a mediana, o VPC seria superior ao volume necessário.

Como podem ser observados na Figura 23, os custos com carros pipas, para abastecimentos das escolas Santa Ana de Albuquerque e Matilde de Melo Buriti, são da ordem de 29 e 15 mil reais. Também em ambas as escolas analisadas não há dúvida que os volumes de captação da água da chuva, nos cenários analisados e com os tamanhos das áreas de captação, são superiores aos de água necessária, ou seja, não haveria necessidade de abastecer por carros pipas e os custos por esse serviço seriam nulos.

Os quantitativos apresentados mostram, de forma muito clara, que esses educandários devem optar pela captação da água da chuva, evitando, assim, os custos para abastecer por carro pipas e a oportunidade prática da adoção da sustentabilidade hídrica nas escolas.

Adicionalmente, escolheu-se a década de 2010, exemplificando-se com dados de chuvas observados para os anos de 2012 a 2018, nos quais foram estimados os volumes potenciais de captação da água da chuva, nas três escolas analisadas, e mostrados na Figura 24.

Figura 24. Volumes potenciais de captação da água da chuva, nas três escolas públicas de Pedra Lavrada, PB, nos anos de 2012 a 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Como mostra a Figura 24, para os anos de 2012 até 2018, na escola Maria Elenita, os VPCs corresponderiam, respectivamente, a 19,3%, 54,1%, 91,0%, 46,0%, 68,7%, 62,5% e 137,7%. Já, a escola Matilde de Melo Buriti, os volumes potenciais equivalem a 26,7%, 74,8%, 125,8%, 63,6%, 94,9%, 86,4% e 190,3% e na escola Santa Ana de Albuquerque, em 26,6%, 74,4%, 125,2%, 63,3%, 94,5%, 86,0% e 189,4,7%.

Destaca-se, entretanto, que apenas, em 2012, que choveu apenas 69,0 mm, o VPC para todas as escolas foi inferior a 27% da demanda. A partir de 2013, o menor volume potencial de captação equivaleu a 46,0% da demanda. Mesmo numa seca relativamente prolongada, o volume potencial de captação da água da chuva supriu de forma parcial ou total, as necessidades de água para as referidas escolas.

4.7 Percepção dos alunos e gestores sobre a captação da água da chuva

Para averiguar a percepção dos alunos e gestores das escolas analisadas sobre o tema captação da água da chuva como alternativa para o abastecimento desses educandários foram aplicados questionários semiestruturados, conforme procedimentos descritos no item material e métodos e as perguntas nos Apêndice I e II.

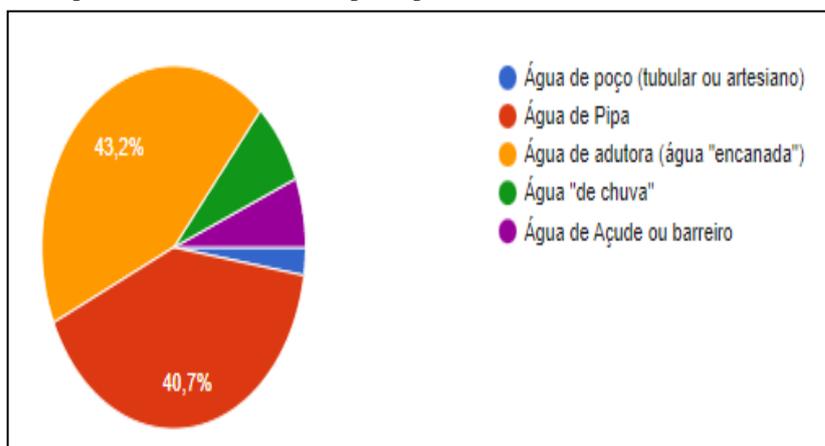
Com relação à renda familiar mensal dos alunos, dos cento e sessenta e dois (162) responderam que 57,0% têm renda inferior a um salário mínimo; 37,7% de um a dois salários mínimos e apenas 4,9% ganham mais de três salários, ou seja, 95,1% das famílias dos alunos vivem com menos de dois salários mínimos.

Perguntados sobre acesso à internet em casa; 89,5% dos alunos responderam ter acesso à internet em suas residências, enquanto 10,5% responderam não. Já, sobre a existência de cisternas nas suas residências; 90,7% deles informaram que sim e 8% que não, embora 2% afirmaram ter cisternas em casa, mas não às utilizam.

Contabilizando-se as respostas dos alunos, com percentuais de uso da principal forma de abastecimento de água nas suas respectivas residências, observa-se na Figura 25, que 43,2 % deles é por água encanada (adutora), sendo que quase a totalidade estuda na escola Maria Elenita (zona urbana) e 40,7%, a água é transportada por carros de pipas, dos quais 87,4% dos alunos residem na zona rural.

Dos 16,1 % restantes dos entrevistados, 7,4% responderam que o abastecimento é por água da chuva (captação); 6,2%, o abastecimento é por água de açude ou barreiro e 2,5%, de poço tubular (Figura 25).

Figura 25. Respostas dos alunos sobre a principal forma de abastecimento nas suas residências.



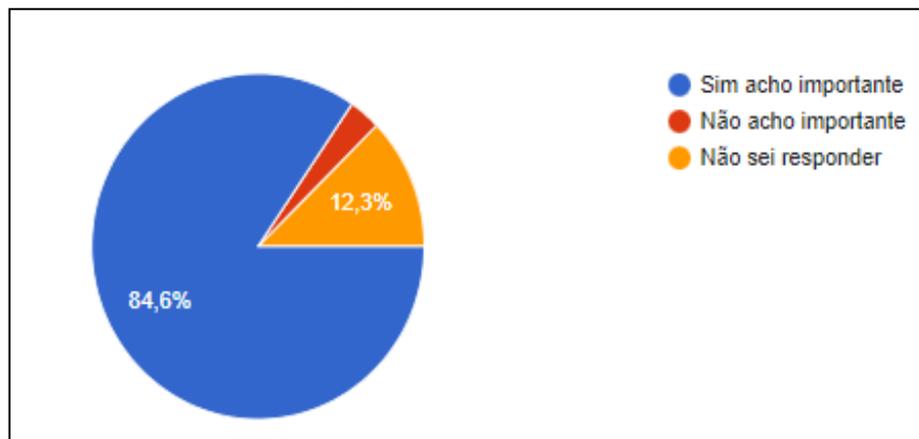
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com relação à pergunta, se existe sistema de captação da água da chuva nas suas residências, 65,4 % afirmaram que sim, dos quais 1,8 % não os utilizam, e 34,6% não tem captação de água.

Sobre a qualidade de água fornecida nas escolas; 45,7% afirmaram ser boa para consumo; 49,4% consideraram razoáveis e 4,9% de ruim para consumo. Feita essa mesma pergunta a uma funcionária da EMEF Maria Elenita, ela respondeu que a água é tratada em “filtros industriais”, mas a deixa com sabor de cloro.

Questionados sobre a importância da captação da água da chuva para fins de abastecimento de água nas escolas, a Figura 26 sumariza as respostas com percentuais favoráveis (sim), contrários (não) ou não sabem informar.

Figura 26. Opiniões dos alunos sobre a importância de um sistema de captação e armazenamento de água nas escolas públicas de Pedra Lavrada, PB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Com um percentual de 84,6% das respostas (Figura 26), os alunos relataram que o sistema de captação e armazenamento da água da chuva é importante para as escolas; 3,1 % não acham importantes e 12,3% não souberam responder. Destaca-se, entretanto, que as respostas dos que não sabiam responder se é ou não importante a captação da água da chuva na escola, provieram dos alunos da escola EMEF Maria Elenita, localizada na área urbana de Pedra Lavrada que é abastecida por adutora.

5. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se:

O regime de distribuição de chuva é irregular, assimétrico e, por isso, recomenda-se o uso da mediana, em vez da média.

A curta estação chuvosa dura cerca de três meses (de fevereiro a abril), chove cerca de 80% do total anual e tem chances de ser seca.

Os números de anos com anomalia negativas, nos totais de chuvas observados, foram menores que os com positivas.

A década de 1970 foi a mais chuvosa seguida pela de 2000. Já, a década de 1990 foi a mais seca de toda a série estudada, seguida pela de 2010.

O Índice de Anomalia de Chuvas mostrou ser eficaz, como indicativo para monitorar a seca meteorológica, estabelecer e classificar as categorias de seca e/ou a variabilidade no regime pluvial local.

O número médio de dias com chuvas no ano é inferior a 10% e ocorre, predominantemente, na estação chuvosa, época em que ocorre o máximo aproveitamento da captação da água da chuva.

A renda familiar dos alunos é muito baixa e a maioria sobrevive com menos de um salário mínimo. No entanto, a maioria, adota-se o sistema de captação e armazenamento da água da chuva ou da operação carro pipa, em cisternas.

A maioria dos alunos das escolas públicas, especialmente, os da zona rural considera muito importante a alternativa da captação da água de chuvas, para fins de abastecimento de água nas escolas, certamente, com base na experiência de suas casas.

Para os alunos das escolas públicas de Pedra Lavrada, a importância do acesso à internet e semelhante ao da captação da água da chuva e o armazenamento em cisterna.

O regime pluvial local possibilita captar volumes de água necessários ao abastecimento de água nas referidas escolas.

Recomenda-se dimensionar o tamanho do reservatório (cisterna) em função do regime pluvial (máximo) e da área de captação, a fim de evitar perdas de água da chuva, ajustando o volume armazenado com o necessário para cada escola.

O regime pluvial anual de Pedra Lavrada, mesmo com características de irregularidade e baixa quantidade, a tecnologia da captação da água da chuva é viável e, portanto, apresenta-se como uma alternativa de abastecimento das escolas: Maria Elenita Vasconcelos Carvalho,

Santa Ana de Albuquerque e Matilde de Melo Buriti, e possivelmente para grande parte das escolas de outros municípios do Semiárido do Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, H. A de; FARIAS, M. P. Potencial de captação de água da chuva para a microrregião mais seca da Paraíba: alternativas de abastecimento e desenvolvimento. In.: XAVIER, R. A; REINALDO, L. R. L. R. DAMASCENO, J. (org). **Práticas geográficas: experiências de pesquisa e ensino de geografia no Estado da Paraíba**. Campina Grande: EDUEPB, 2017, p.41-58, 2017.
- ALMEIDA, H. A. **Climatologia aplicada à geografia** [Livro eletrônico]. Campina Grande: EDUEPB, 2016. 317p.
- ALMEIDA, H. A. de, MOURA, M.S.B., FARIAS, M. P.. Social water technologies: brazilian experience of coexistence and development in the semi-arid region of Paraíba. **International Journal of Research in Geography (IJRG)**, v. 3, p. 1-11. 2017
- ALMEIDA, H. A. de. Índices de secas e a influência do fenômeno El Niño na estação chuvosa de Ipaíú, BA. **Agrotropica**, v. 29, n. 1, p. 51- 62. 2017.
- ALMEIDA, H. A. de; FARIAS, M. P. Potential for rainwater catchment's as an alternative for human consumption in drier micro-region of the state of Paraíba, Brazil. **International Journal of Research in Geography (IJRG)**, v. 1, n.2, p. 32-37, 2015.
- ALMEIDA, H. A. de; FARIAS, M. P. Regime Pluvial e Potencial de Captação de Água Para as Microrregiões Mais Secas da Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 8. 2012. Campina Grande. **Anais...** Campina Grande/PB: ABCMAC, 2012.
- ALMEIDA, H. A. de; PÔRTO, J. C. G. Temporal oscillations in the rain regime in Curimatáu paraibano: variability, extreme or climate change? **Journal of Hyperspectral Remote Sensing** v.11, n.5, p. 262-270, 2021
- ALMEIDA, H. A. de; RAMOS, D. B. Alternative of living in the geographical outline of cariri paraibano, Brazil. **International Journal of Development Research**, v. 10, n. 05, pp. 35820-35824, 2020.
- ALMEIDA, H. A. de; SILVA, A. N. Estimativa do potencial de captação de água da chuva no parque das feiras, Toritama, PE. **Águas e florestas** [livro eletrônico]: desafios para conservação e utilização. Guarujá, SP. Científica Digital, 2021, cap 15, p. 227-235, 2021.
- ALMEIDA, H. A. de; VIRITAO, C. L.; SAMPAIO, E. A. M. Alternativa da captação de água da chuva e qualidade da água armazenada em cisternas e em tanques naturais. **Geo UERJ**, v.1 n.37, p. 1-12, 2020
- ALMEIDA, H. A; SILVA, A. N. estimativa do potencial de captação de água da chuva no Parque das Feiras, Toritama, PE In: OLIVEIRA, R. J (Org). **Águas e florestas**. Guarujá: Científica Digital, 2021. Disponível em: <<https://downloads.editoracientifica.org/books/978-65-89826-21-7.pdf>>. Acesso em: 06 de julho de 2021.

ALVES, J. M. B. Aspectos climatológicos do Nordeste Brasileiro com ênfase na região semi-árida: principais causas da variedade pluviométrica interanual. **Anais...** 1º Simpósio sobre captação de água de chuva no semi-árido brasileiro. Petrolina, PE, 1997.

ALVES, J. M.; FERREIRA, F. F.; CAMPOS, J. N. B.; SOUZA, E. B.; DURAN, B. J.; SERVAIN, J. ; STUART . Mecanismos Atmosféricos Associados à Ocorrência de Precipitação Intensa sobre o Nordeste do Brasil durante Janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n. 1, p. 1-21, 2006.

AMEIDA, H. A. de, GOMES, M. V. A. Potencial para a captação de água da chuva: alternativa de abastecimento de água nas escolas públicas de Cuité, PB. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 17, Guarapari, ES, 2011, **Anais...** Guarapari: CD-R.

ASA – Articulação Semiárido Brasileiro. 2021. Disponível: <https://www.asabrasil.org.br/acoes/cisternas-nas-escolas>. Acesso em: 01 dezembro de 2021.

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.

BRASIL. CONSUMO SUSTENTÁVEL: Manual de educação. Brasília: Consumers International/ MMA/MEC/IDEC, 2005. 160p. Disponível em: < (PDF) Consumo Sustentável: Manual de Educação. (researchgate.net)>. Acesso em 01 de novembro de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE: Portaria No 518/2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <<http://app4.mdr.gov.br/snisweb/src/pdf/Portaria-518-2004.pdf>>. Acesso em 10 de dezembro de 2022.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE; Portaria n. 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília-DF:Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em 10 de dezembro de 2022.

BRASIL. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006, 143p.

BRITO, L. T. DE L.; SILVA, A. DE S.; PORTO, E. R.; AMORIM, M. C. C. ; LEITE, W. DE M. Cisternas Domiciliares: água para consumo humano. In: Brito, L. T. de L.; Moura, M. S. B. de; Gama, G. F. B. (org.). **Potencialidades da água de chuva no Semiárido brasileiro**. 1.ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007. v.1, p.81-101

CARVALHO, O. As secas e seus impactos. Em Brasil, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, A questão da água no Nordeste/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Agência Nacional de Águas. Brasília: CGEE, 2012.

- 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. 2021. Disponível em: <<https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15066>>. Acesso em: 23 novembro de 2021.
- CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, 2008.
- FERNANDES, D. S., HEINEMANN, A. B., PAZ, R. L., AMORIM, A. O., CARDOSO, A. S. **Índices para a quantificação da seca**. Santo Antônio de Goiás : Embrapa Arroz e Feijão, 48p, 2009.
- FERREIRA, E. P; FERREIRA, J. T. P; PANTALEÃO, F. S. Programa Cisternas nas Escolas: estudo de caso na Microrregião Serrana dos Quilombos no estado de Alagoas, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n. 3, p. 1050–1061, 2020.
- FREIRE, J. L. M; LIMA, J. R. A.; CAVALCANTI, E. P. Análise de aspectos meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em anos de El Niño e La Niña. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, p. 429-444, 2011.
- FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte a Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. Fortaleza: **Revista Tecnologia**, p. 84-95, 1998.
- GARCÊS JÚNIOR, A. R; ZANELLA, M. E. **Identificação do índice de Anomalia de Chuva da Pré-Estação Chuvosa de São Luís, Maranhão**. Fortaleza, CE: XVIII SBGFA, 2019.
- GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semi-áridas. **Tecnologias Apropriadas para Terras Secas - Manejo sustentável de recursos naturais em regiões semi-áridas no Nordeste do Brasil** /organizadores: Ângela Küster, Jaime Ferré Martí, Ingo Melchers - Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, GTZ 2006, p.103-122, 2006.
- GONÇALVES, M; SPINELLI, K. **Hidrogeografia**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2014.
- IBGE. **Cidades e Estados**: Pedra Lavrada-PB. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/pedra-lavrada.html>>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2022.
- LASSANCE JR., A E.; PEDREIRA, J. S. Tecnologias Sociais e Políticas Públicas. In: **Tecnologia Social, uma estratégia para o desenvolvimento**, Fundação Banco do Brasil, Rio de Janeiro, RJ, p.65-82, 2004.
- LEAL, A. K. T. B. **Uso de tecnologias sociais de captação de água da chuva para a convivência com o semiárido brasileiro**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Pernambuco, Recife, 2015.
- MACHADO, T. T. V SILVA, T. C.; BATISTA, M. E M.; NASSAU, M. G.; DIAS, J. T.; SANTOS, M. A. F. dos. **Captação e armazenamento de águas da chuva no semiárido**

brasileiro para atendimento às populações rurais. [S. l.]: XV Encuentro de Geógrafos de América Latina, 2015.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Climanálise**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 2016.

MECHOSO, C. R.; LYONS, S. W.; SPAHR, J. A. The impact of sea surface temperature anomalies on the rainfall over Northeast Brazil. **Journal of Climate**. v. 3, p. 812 – 826, 1990.

MORAES NETO, J. M.; BARBOSA, M. P.; ARAÚJO, A. E. Efeito dos eventos ENOS e das TSM na variação pluviométrica do semi-árido paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, p.61–66, 2007.

NERY, J. T.; SIQUEIRA, B. Índice de Anomalia de Chuva aplicado ao estudo das precipitações no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, 2020.

NOBRE, C. A.; MOLION, L. C. B. The climatologic of drought prediction. Kluwer Academic Publishers. **The impact of variation on agriculture**, v. 2, p.305-323, 1988

NORONHA, G. C; HORA, M. A. G. M; SILVA, L. P. Análise do índice de anomalia de chuva para a microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 74-81, 2016.

OLIVEIRA, F. H.; OLIVEIRA, F. C. L.; SEPINI, R. P. **Viabilidade econômica do projeto de captação de água pluvial da escola estadual Padre Piccinini**. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Foz do Iguaçu, 2016.

OPERAÇÃO Carro Pipa. **Comando da 6ª Região Militar**. Disponível em: <<https://www.6rm.eb.mil.br/index.php/operacao-pipa>>. Acesso em: 06 de julho de 2021.

OPERAÇÃO pipa. **Paraíba**. Disponível em: <<http://sedec.5cta.eb.mil.br/>>. Acesso em 07 de fevereiro de 2022.

PALMER, W. C. Meteorological drought. US Weather Bureau Res. N° 45. Washington, 58p, 1965.

RUVER, C. A.; RINHORD, N. G.; ZARDIN, G. Análise econômica do aproveitamento de água pluvial em uma escola técnica de rede federal. **Revista Tecno-Lógica**, v. 25, n. 1, p. 01-19, 2021.

SANTOS, C. F.; RIOS, M. L.; SILVA, F. F.; FONSECA, D. F. Aproveitamento de água de chuva para fins potáveis numa escola pública no interior do município de Campo Formoso (BA). **Revista Monografias Ambientais**, v. 19, ed. 9, 2020.

SILVA, A. de S.; PORTO, E. R.; LIMA, L. T.; GOMES, P. C. F. **Captação e conservação de água de chuva para o consumo humano**: cisternas rurais, dimensionamento, construção e manejo. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, n. 12, 1984, 103p.

SILVA, A. L. C. da; GOMES, M. M.; SANTOS, T. F. de O.; FERRACIOLI, J. AMANA - Aproveitando a água da chuva. In: Congresso Brasileiro dos Engenheiros Sem Fronteiras, 5., **Anais...** Natal, 2018.

SILVA, B. A. G; CAMPOS, D. A.; SANTOS, M. J. **Programa um milhão de cisternas rurais: atenção à saúde e qualidade da água de chuva.** In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12. Natal, 2014.

SILVA, P. C. G. da; MOURA, M. S. B. de; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. de L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. de C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. In: SA, I. B.; SILVA, P. C. G. da. (Ed.). **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação. Petrolina: Embrapa Semiárido**, 2010. Disponível em:
<<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/861906>>. Acesso em 10 de novembro de 2021.

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

TORRES, F. T. P; MACHADO, P. J. O. **Introdução à hidrogeografia.** São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TUGOZ, J. E; BERTOLINI, G. R. F; BRANDALISE, L. T. Captação e Aproveitamento da Água das Chuvas: o Caminho Para uma Escola Sustentável. In: Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade, 4. **Anais...** São Paulo, 2015.

TUGOZ, J. E; BERTOLINI, G. R. F; BRANDALISE, L.T. Captação e aproveitamento da água das chuvas: o caminho para uma escola sustentável. **Revista de gestão ambiental e sustentabilidade**, v. 6, n. 1, p. 26-39, 2017.

URBANO, I.; DUQUE, C. **Técnicas de captação e uso da água no semi-árido brasileiro.** V.1. Campina Grande - PB, 2007. CD-ROM

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia.** Brasília: Gráfica e Editora Pax, 2001. 532p.

VIEIRA, Z. C.; SILVA JÚNIOR.; C. G da; SAMPAIO, L. S.; SANTOS, D. K. A.; NOVAIS, R. A. De. Potencial de captação e aproveitamento de água pluvial em escolas do semiárido sergipano. In: Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade. **Anais...** Campina Grande: Realize Editora, 2019. Disponível em:
<<https://www.editorarealize.com.br/artigo/visualizar/63782>>. Acesso em: 21 de novembro de 2021.

**APÊNDICE I - MODELO DO QUESTIONÁRIO SEMI-ESTRUTURADO APLICADO
AOS ALUNOS DAS ESCOLAS PELO GOOGLE FORMS²**

1. Em qual dessas escolas você estuda?

- EMEF Maria Elenita Vasconcelos Carvalho
- EMEF Santa Ana de Albuquerque
- EMEE Matilde de Melo Buriti

2. Qual sua Idade?

- Entre 10 e 13 anos
- 14 e 18 anos
- 18 ou mais

3. Sexo

- Masculino
- Feminino

4. Qual sua renda familiar mensal total (a soma de toda renda familiar)

- Menos de um salário mínimo
- De um a dois salários mínimos
- Mais de três salários mínimos

5. Qual ano/série você estuda?

- 6° ANO
- 7° ANO
- 8° ANO
- 9° ANO
- EJA
- 1° ANO E. MÉDIO
- 2° ANO E. MÉDIO
- 3° ANO E. MÉDIO

6. Você tem acesso à internet na sua casa?

- Sim
- Não

7. Quantos livros você já leu nesse ano? (não conta o livro didático)

- Nunca li nenhum livro
- Entre 1 e 3
- Entre 3 e 5
- Entre 5 e 10
- Mais de 10

8. Se na sua escola tem biblioteca, quantas vezes, por mês, você costuma frequentá-la (antes da pandemia)?

- Nunca vou a biblioteca

² O questionário original pode ser acessado pelo link: <<https://forms.gle/sr4tTLVkuUiXzcZE9>>.

- Entre 1 e 3 vezes
- Entre 3 e 5 vezes
- Mais de 5 vezes
- Na minha escola não tem biblioteca

9. Quantas vezes você já foi reprovado?

- Nunca fui reprovado
- 1 vez
- 2 Vezes
- 3 Vezes
- 4 Vezes
- 5 ou mais

10. Tem cisternas na sua casa?

- Sim
- Não
- Sim, mas não utilizamos

11. Qual a PRINCIPAL forma de abastecimento de água da casa onde você mora?

- Água de poço (tubular ou artesiano)
- Água de Pipa
- Água de adutora (água "encanada")
- Água "de chuva"
- Água de Açude ou barreiro

12. Na sua casa tem sistema de captação de água da chuva (água captada da "biqueira" para cisterna ou cisterna calçadão)?

- Sim
- Não
- Sim, mas não utilizado

13. Qual sua opinião sobre a água fornecida na sua escola?

- Boa para consumo
- Ruim para o consumo
- Razoável

14. Você acha importante ter na sua escola um sistema de captação e armazenamento de água da chuva?

- Sim acho importante
- Não acho importante
- Não sei responder

APENDICE II – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS GESTORES

Data ___/___/___

Nome da Escola: _____

Nome do gestor: _____

1. Quantos alunos? _____

2. Qual é o abastecimento hídrico principal/único da escola?

Carro Pipa Água da Chuva Água de Poço

3. Quantos carros pipas são necessários por mês (e com quantos litros)?

4. Qual o custo (anual, mensal) para a escola com abastecimento? _____

5. Tem sistema de captação de água da chuva?

Sim Não Desativado

Complementos

Calha Total (m)? _____

Cisterna qual a capacidade? _____

Filtro

6. Qual a área total do telhado da escola (m²)? _____

7. Você considera necessário a captação de água da chuva para o abastecimento da escola?

Sim Não

8. Qual sua opinião sobre a água oferecida na escola para consumo?

Boa Razoável Ruim

Observações: _____
