

## Análise e mapeamento da qualidade de águas de nascentes na comunidade rural Piroás Redenção (CE)

Na região Nordeste do Brasil a escassez hídrica é comum e é intensificada pela predominância de altas temperaturas, baixa umidade e pouca precipitação. Essa situação teve maior repercussão a partir de 2014 quando outras regiões brasileiras passaram a obter taxas menores do que o esperado de precipitações pluviométricas, causando diminuição dos níveis de água em rios, açudes e outros corpos d'água. Na comunidade Piroás, localizada no município de Redenção no Estado do Ceará, a escassez hídrica também é uma característica da região. Práticas agrícolas como o desmatamento para a implantação de áreas agricultáveis, queimadas ilegais e o uso de agrotóxico tem contribuído para a degradação das nascentes, qualidade e sua área de entorno. Diante disto, o objetivo deste trabalho é mapear a espacialização das nascentes e analisar a água de acordo com parâmetros de qualidade do CONAMA e a Portaria nº 2.914. Para tanto foi realizado o caminhamento até o local onde a nascente estava e coletado coordenada e coleta de água. As análises foram realizadas no NUTEC e na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Todas as nascentes obtiveram valores superiores ao máximo permitido pelas legislações em relação aos coliformes totais, Escherichia coli, bactérias heterotróficas e condutividade. Em relação aos resultados de análises químicas a N5-MSC apresentou pH inferior ao mínimo permitido e a N2-DD apresentou ferro acima do valor máximo permitido. Enquanto aos parâmetros físicos as N2-DD e N5-MSC apresentaram valores de cor superior e as N1-ADC, N2-DD e N3-SF apresentaram turbidez superior ao valor máximo permitido pelas legislações. As nascentes analisadas não estão de acordo com os parâmetros estabelecido para consumo humano de acordo com as resoluções 357 e 396 e a Portaria nº 2.914.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento; Agricultura familiar; Análise de água; Parâmetros de qualidade.

## Analysis and mapping of the quality of water from springs in the rural community of Piroás Redenção (CE)

In the Northeast region of Brazil, water scarcity is common and is intensified by the predominance of high temperatures, low humidity and little rainfall. This situation had greater repercussions from 2014 when other Brazilian regions began to obtain lower than expected rates of rainfall, causing a decrease in water levels in rivers, dams and other bodies of water. In the community Piroás, located in the municipality of Redenção in the State of Ceará, water scarcity is also a characteristic of the region. Agricultural practices such as deforestation for the implementation of agricultural areas, illegal burning and the use of agrochemicals have contributed to the degradation of springs, quality and its surrounding area. Therefore, the aim of this work is to map the spatialization of the springs and analyze the water according to the quality parameters of CONAMA and Ordinance No. 2914. For this purpose, it was carried out the walk to the place where the spring was and coordinated and collected water. The analyses were performed at NUTEC and at the Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). All springs obtained values higher than the maximum allowed by legislation in relation to total coliforms, Escherichia coli, heterotrophic bacteria and conductivity. Regarding the results of chemical analysis, the N5-MSC had pH below the minimum allowed and the N2-DD had iron above the maximum value allowed. As for the physical parameters, the N2-DD and N5-MSC presented higher colour values and the N1-ADC, N2-DD and N3-SF presented turbidity higher than the maximum value allowed by legislation. The analyzed springs are not in accordance with the parameters established for human consumption according to resolutions 357 and 396 and Ordinance nº 2914.


**Keywords:** Geoprocessing; Family farming; Water analysis; Quality parameters.


Topic: **Desenvolvimento, Sustentabilidade e Meio Ambiente**


Received: **03/03/2022**

Approved: **15/05/2022**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.


**Francisca Josilene Barbosa**   
Universidade Federal do Ceará, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7054178017574354>  
<https://orcid.org/0000-0002-2333-6426>  
[fcaibc@hotmail.com](mailto:fcaibc@hotmail.com)

**Máya Xavier de Oliveira**   
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/9193078642993303>  
<https://orcid.org/0000-0002-7268-8583>  
[mayraolivev@aluno.unilab.edu.br](mailto:mayraolivev@aluno.unilab.edu.br)

**Paz Paulo Antônio**   
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/4270536532438257>  
<https://orcid.org/0000-0002-3068-7515>  
[pazorigem93@gmail.com](mailto:pazorigem93@gmail.com)

**Fred Denilson Barbosa da Silva**   
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/6158748616979607>  
<https://orcid.org/0000-0002-6365-6045>  
[freddenilson@unilab.edu.br](mailto:freddenilson@unilab.edu.br)

**Geocleber Gomes De Sousa**   
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/1328029175359492>  
<https://orcid.org/0000-0002-1466-6458>  
[sousagg@unilab.edu.br](mailto:sousagg@unilab.edu.br)

**Rafaella da Silva Nogueira**   
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/5709447822168454>  
<https://orcid.org/0000-0001-7540-1173>  
[rafaellanogueira@unilab.edu.br](mailto:rafaellanogueira@unilab.edu.br)



DOI: 10.6008/CBPC2318-2881.2022.002.0009

### Referencing this:

BARBOSA, F. J.; OLIVEIRA, M. X.; ANTÔNIO, P. P.; SILVA, F. D. B.; SOUSA, G. G.; NOGUEIRA, R. S.. Análise e mapeamento da qualidade de águas de nascentes na comunidade rural Piroás Redenção (CE). *Nature and Conservation*, v.15, n.2, p.98-111, 2022. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2022.002.0009>

## INTRODUÇÃO

A água na superfície da terra encontra-se na forma doce e salgada, apenas 0,7% correspondem à água doce com níveis adequados para consumo humano (RIBEIRO et al., 2019). Estas águas podem ser encontradas em reservas subterrâneas e na superfície terrestre em forma de geleiras, rios, lagos ou represas. Apesar desta subdivisão os cursos d'água originam-se do mesmo modo, através de nascentes que, segundo o Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934, é definida como águas que surgem naturalmente ou por indústria humana, e correm dentro de um só prédio particular, e ainda que o transponham, quando elas não tenham sido abandonadas pelo proprietário.

Este recurso natural é, no entanto, um elemento fundamental para a vida terrestre, a sua preservação, então, é discutida em pautas nas diversas áreas da sociedade em busca de formas de conservá-la sobre a superfície do planeta (VIEL et al., 2013). A mata ciliar torna-se neste ponto uma forma crucial na preservação e qualidade da água, pois há o reabastecimento com a formação de chuva e prevenção contra assoreamentos (LIMA, 2008). Porém, as condições climáticas interferem de forma direta nesse reabastecimento, assim como as ações antrópicas.

Deste modo, na região Nordeste do Brasil a escassez hídrica é comum e é intensificada pela predominância de altas temperaturas, baixa umidade e pouca precipitação. Essa situação teve maior repercussão a partir de 2014 quando outras regiões brasileiras passaram a obter taxas menores do que o esperado de precipitações pluviométricas, causando diminuição dos níveis de água em rios, açudes e outros corpos d'água. Na comunidade Piroás, localizada no município de Redenção no Estado do Ceará, a escassez hídrica também é uma característica da região. Além disso, práticas agrícolas como o desmatamento para a implantação de áreas agricultáveis na produção de milho (*Zea mays*), feijão (*Vigna unguiculata*), fava (*Phaseolus lunatus*) e arroz (*Oryza sativa*); queimadas ilegais e o uso de agrotóxico tem contribuído para a degradação das nascentes, qualidade e sua área de entorno.

A adoção dessas práticas inadequadas tem consequências negativas na dinâmica do ciclo hidrológico. Em primeiro lugar o desmatamento que interfere diretamente nas precipitações, pois as árvores contribuem na formação de nuvens com a evaporação da água liberada pelos estômatos, quando os abre para absorver CO<sub>2</sub>, item fundamental na fotossíntese. Em segundo lugar as queimadas, pois afetam na dinâmica de formação da gota de água dentro da nuvem, que muitas vezes não precipitam e as gotas evaporam, não retornando à superfície e estas nuvens são levadas para outros locais, ou seja, as partículas liberadas pelas queimadas formam nuvens sem a capacidade de formar chuva (ARTAXO et al., 2006). Além, de propiciar uma menor qualidade da água com uso de produtos químicos nas culturas e transato de pessoas e animais próximos às áreas de nascentes.

Trabalhos que mapeiam a interferência antrópica sobre recursos naturais estão sendo realizados para analisar a área de abrangência e a complexidade das degradações (SILVA et al., 2019; RABELO, 2017; TEODORO, 2015), além de propiciar atividades de recuperação destas áreas, proporcionando o aumento do volume e a melhor qualidade da água devido ao menor risco de contaminação. Neste âmbito, uso de

geotecnologias no mapeamento e análise espacial da qualidade da água de nascentes é fundamental importância para o monitoramento e preservação da região, auxiliando na gestão dos recursos hídricos e na tomada de decisão. Por isso objetiva-se o mapeamento da qualidade das nascentes na comunidade rural Piroás para melhor compreender a dinâmica do homem sobre a natureza, em busca dos impactos causados pela ação do homem sobre as nascentes nos parâmetros de qualidade cor, turbidez, temperatura, condutividade, pH, oxigênio dissolvido, cloretos, dureza, sólidos totais dissolvidos, sulfato, alcalinidade, ferro e coliformes; e a análise da espacialização delas com foco na legislação ambiental.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Caraterização da área de estudo

A comunidade rural de Piroás está localizada entre as coordenadas 9541794 N e 522903 W; 9537928 N e 521172 W, à 16 km da cidade de Redenção no Estado do Ceará, onde a Fazenda Experimental Piroás da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira (UNILAB) está instalada (Figura 1). O clima da cidade em que a comunidade se encontra é caracterizado de acordo com Köppen como Aw', ou seja, clima tropical com inverno seco (SOBRINHO, 2012).

As chuvas possuem média pluviometria de 1062 mm, com média de temperatura de 25 °C (IPECE; FUNCEME, 2016). A vegetação predominante no local onde a comunidade está inserida é caatinga arbustiva densa, representada por bosque denso com árvores isoladas de pequeno porte, e floresta subcaducifólia tropical pluvial, com porte maior que a caatinga arbustiva ocupando solos rasos (GOMES et al, 2011; ROSS, 1996). Os solos encontrados são planossolos solódicos, possuindo uma quantidade de sal tolerada pela maioria das plantas e podzóico vermelho-amarelado (EMBRAPA, 2013).

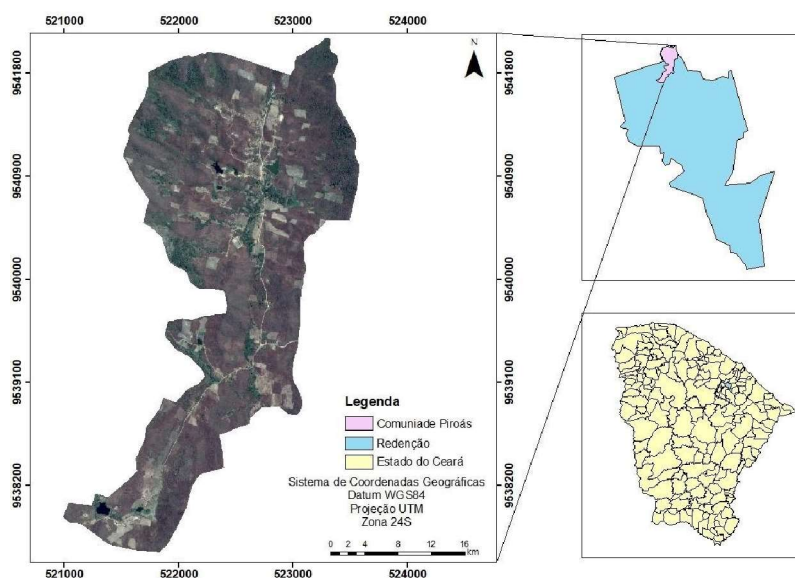


Figura 1: Mapa de localização da comunidade Piroás, Redenção-CE.

### Prospecção dos dados

O mapeamento das nascentes da comunidade Piroás foi realizada a partir da caminhada até o local onde elas se encontravam, com a ajuda de uma moradora que conhecia o caminho. No local foram obtidas

as coordenadas por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) modelo Garmim 76scx, o sistema de referência espacial utilizado foi o UTM Datum WGS84 Zona 24S. Ainda foram pontuadas algumas observações sobre o ambiente como presença de material orgânico dentro da nascente ou flutuando, presença de lixo, de animais, roçados, vegetação ao redor e alguma proteção construída pelo homem para sua preservação.

Os dados obtidos foram transferidos para planilha automatizada no documento Microsoft Excel salvos em extensão 'txt', para tratamento em ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas) com software ArcGIS versão 10.4. Para a confecção do mapa foi utilizado o ArcMap e uma imagem de satélite datada do dia 29 de agosto de 2016, obtida através do Google Earth Pro, referente ao município de Redenção para auxiliar na visualização da localização espacial da comunidade de Piroás.

É importante ressaltar que as imagens do Google Earth possuem erros de posicionamento cartográfico que devem ser ajustados para não afetar as medições dos terrenos. Segundo Mohammed et al. (2013) em seu trabalho testando a precisão posicional das imagens do Google Earth concluiu que essas imagens podem ser usadas para geração de mapas planimétricos com escalas médias e pequenas, não havendo diferenças bruscas nas tomadas de decisões, entretanto deve-se usá-la com cautela observando a data da imagem que será coletada.

Desta forma, a imagem selecionada no Google Earth foi exportada para georreferenciamento no ArcMap para adicionar um sistema de projeção tornando suas coordenadas geográficas conhecidas no software. Para isso, coletou-se 10 pontos de controle no programa Google Earth e salvos em 'txt'. Este arquivo foi inserido no ArcMap e transformado em KMZ. Logo após o arquivo em KMZ foi executado e foi aberto uma imagem com os 10 pontos. A imagem foi salva em resolução máxima e inserida no ArcMap. O georreferenciamento foi realizado a partir da extensão Georeferencing, o qual foi inserido pontos na imagem semelhantes ao que havia no arquivo 'txt' utilizando o Add Control Points.

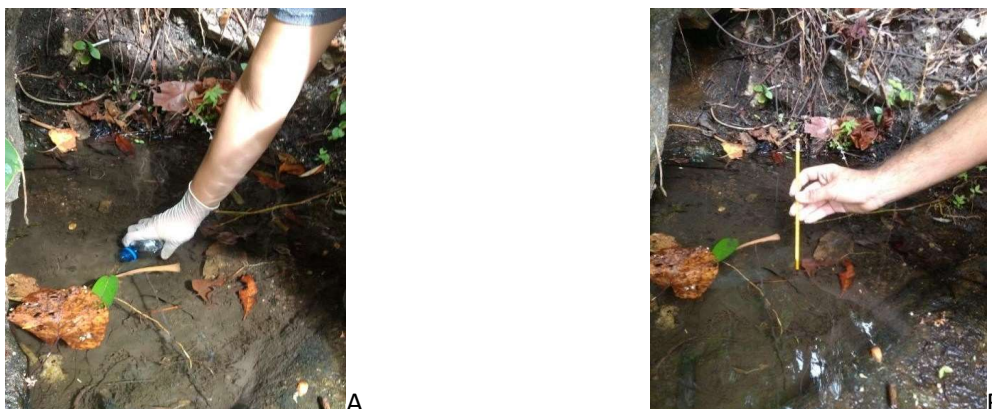
Realizado este processo o erro residual foi de 0,245 pixels, sendo considerado um erro aceitável, por isso procedeu-se então o uso da ferramenta Rectify para salvar a imagem com as coordenadas conhecidas. Com a imagem georreferenciada realizou-se a sobreposição dos pontos coletados para analisar como está a distribuição espacial das nascentes e a qualidade da água de acordo com cada parâmetro estudado. Para obtenção da elevação da comunidade foi usado o Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 90 m e escala 1:250.000, da missão SRTM realizada pela NASA no ano de 2000 (CARNEIRO et al., 2015).

A identificação das nascentes foi realizada considerando a sua localização conforme descrito nas nomenclaturas: N1 - ADC, corresponde a primeira nascente visitada e sua localização ser no Alto dos Cachorros; N2 – DD, corresponde a segunda nascente visitada e o dono da propriedade a qual está localizada; N3 – SF, corresponde a terceira nascente visitada e o dono da propriedade a qual está localizada; N4 - MCC e N5 – MSC, correspondem a quarta e quinta nascente visitada e o dono da propriedade a qual está localizada e se possuía ou não cobertura.

As coletas das águas foram realizadas nos dias 24 e 28 de novembro de 2017. No dia 24 de novembro procedeu-se a coleta das amostras para análise microbiológica e cor. Para ensaio microbiológico foram

usados 4 recipientes denominados “coletores universais” de 70 ml, para cada ponto de coleta e isopor com gelo para armazenamento das amostras, com temperatura de 8 °C. Para ensaio de cor foram usados 1 garrafa pet para cada ponto de coleta de 500 ml desinfetada com HCl concentrado, estas foram acondicionadas em isopor sem a necessidade de gelo para conservação. Logo após a coleta as amostras foram encaminhadas para análise na Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC).

No dia 28 de novembro procedeu-se a coleta de amostras para análises físico-químicas a serem realizadas na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). As amostras foram coletadas em duplicata, em garrafas pet de 500 ml (Figura 2) desinfetadas com ácido clorídrico (HCl) concentrado e armazenadas em isopor contendo gelo para sua refrigeração. A profundidade de coleta para ambos os dias foi de 10 cm. A temperatura foi medida no ato da coleta com uso de um termômetro com graduação de 0 a 150 °C (Figura 2). O pH, condutividade elétrica e os sólidos totais dissolvidos (STD) foram medidos em laboratório por meio de um aparelho multifuncional.



**Figura 2.** Coleta da amostra de água e medição da temperatura

Para a realização das análises a seguir foi utilizado como base as diretrizes do livro Standard methods: For the Examination of Water and Wastewater. Para determinação de cloretos foi utilizado o método argentimétrico. Para tanto, coletou-se uma alíquota de 100 ml da amostra que deveria estar com pH entre 7 e 10, para ajustar o pH foi usado hidróxido de sódio (NaOH) diluído, adicionou-se 1 ml de cromato de potássio 5% (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) como indicador e titulou com nitrato de prata (AgNO<sub>3</sub>), anotou-se o volume gasto. Repetiu-se mais uma análise. Um branco foi realizado utilizando 100 ml de água de destilada com um pouco de carbonato de cálcio CaCO<sub>3</sub> e titulado com AgNO<sub>3</sub>, o volume gasto foi anotado. O volume gasto foi anotado. O cloreto na água foi calculado usando a seguinte fórmula:

$$mg\ de\ [Cl]^{-} - L^{-} = ((V_a - V_b) \times N \times 35450) / V \quad \text{Equação (1)}$$

Onde: V<sub>a</sub> = Volume da solução de nitrato de prata gasto na titulação da amostra (ml); V<sub>b</sub> = Volume da solução de nitrato de prata gasto na titulação da água destilada (ml); V = Volume da amostra tomado para análise (ml); N = Molaridade da solução de nitrato de prata (mol L<sup>-1</sup>).

A alcalinidade foi determinada utilizando como indicador o misto de bromocresol e vermelho de metila e titulado com HCl 0,02 mol L<sup>-1</sup>. Transferiu-se uma alíquota de 50 ml da amostra para um erlenmeyer de 250 ml, adicionou-se duas gotas de fenolftaleína e 4 gotas do indicador misto e começou-se a titulação

com o HCl. Anotou-se o valor gasto e repetiu-se mais uma análise. Para calcular a alcalinidade da água utilizou-se a seguinte fórmula:

$$mg \text{ de Ca } [CO]_{-3} L^{-1} = (50000 \times NHCl \times T) / V \quad \text{Equação (2)}$$

Onde: NHCl = Normalidade do ácido clorídrico; T = Volume total de HCl gasto na titulação (ml); V = Volume da amostra tomado para análise (ml).

A normalidade do ácido clorídrico foi determinada com a transferência de 10 ml da solução padrão de carbonato de sódio para um erlenmeyer, acrescentou-se 50 ml de água destilada e 3 gotas do indicador misto. Titulou-se com HCl 0,02 mol L<sup>-1</sup>, anotou-se o valor e repetiu-se o procedimento mais duas vezes. Para calcular a normalidade utilizou-se a seguinte fórmula:

$$NHCl = (m \times V_2) / (53 \times V_1 \times V_3) \quad \text{Equação (3)}$$

Onde: m = massa de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> usada na preparação da solução padrão (g); V<sub>1</sub> = Volume da solução padrão de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (L); V<sub>2</sub> = Alíquota da solução de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> usada para titulação (ml); V<sub>3</sub> = Volume de HCl gasto na titulação (ml); 53 = equivalente-grama do Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

A dureza total foi determinada pelo método complexante, usando o ethylenediamine tetraacetic acid (EDTA) como complexante e titulante, como indicador usou-se o Ério T. Coletou-se 50 ml da amostra para um erlenmeyer de 250 ml, adicionou-se 10 ml da solução tampão pH 10, cristais de cianeto de potássio (KCN) para evitar interferência de ferro e um pouco do indicador Ério T, titulou-se com o EDTA 0,01 mol L<sup>-1</sup>. Anotou-se o valor gasto e repetiu-se mais uma análise. Para calcular a dureza total utilizou-se a seguinte fórmula:

$$CaCO_{3L^{-1}} = \frac{V_2 \times MEDTA \times 100000}{V_1} \quad \text{Equação (4)}$$

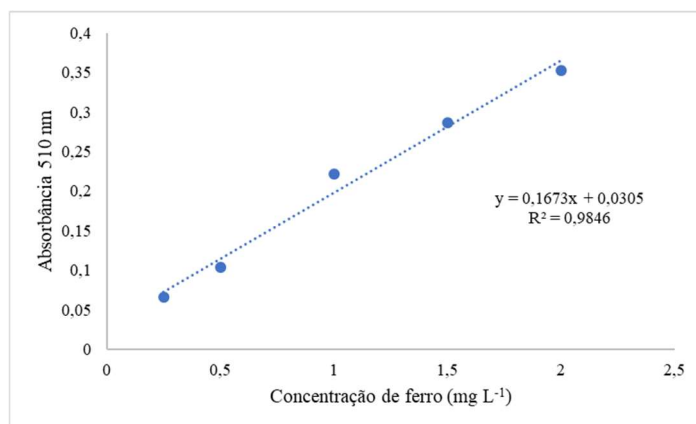
Onde: V<sub>2</sub> = Volume de EDTA gasto na titulação; MEDTA = molaridade da solução de EDTA (mol L<sup>-1</sup>); V<sub>1</sub> = Volume da amostra tomado para análise (ml); 100000 = conversão de massa molar de CaCO<sub>3</sub> 100 g mol<sup>-1</sup> para mg mol<sup>-1</sup>.

O ferro total foi determinado usando-se HCl concentrado e cloridrato de hidroxilamina para redução do ferro a estado ferroso e tratado com ortofenantrolina a um pH 3,2-3,3. Inicialmente procedeu-se a curva de calibração onde coletou-se alíquotas de 2,5; 5,0; 10,0; 15,0 e 20 ml da solução padrão de ferro, tais alíquotas correspondem a 0,25; 0,50; 1,00; 1,50 e 2,00 mg de ferro L<sup>-1</sup>.

Em seguida adicionou-se 2 ml de HCl concentrado e 1 ml cloridrato de hidroxilamina, levou-se para ebulição em chapa aquecedora. Após resfriamento transferiu-se para balão volumétrico de 100 ml, adicionou-se 10 ml da solução de acetato de amônio, água até 80 ml, 10 ml de ortofenantrolina e o feriu-se. Após 15 minutos mediu-se a absorbância em espectrofotômetro a 510 nm, contra um branco dos reagentes.

Para análise da amostra transferiu-se uma alíquota de 50 ml para um béquer de 150 ml, adicionou-se 2 ml de HCl concentrado e 1 ml da solução de cloridrato de hidroxilamina. Aqueceu-se até ebulição e transferiu-se para um balão volumétrico de 100 ml. Foi adicionado 10 ml da solução tampão de acetato de amônio e 2 ml da solução de ortofenantrolina. Agitou-se bem, esperou-se 15 minutos e foi realizada leitura da absorbância. Realizou-se o procedimento mais uma vez. O cálculo da quantidade de ferro foi através da

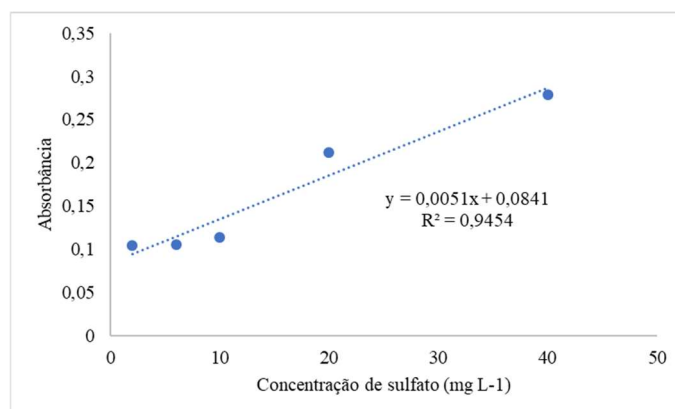
equação da reta da curva de calibração sendo o x a absorbância da amostra (Figura 3).



**Figura 3:** Curva de calibração para determinação do ferro.

Para determinação do sulfato total utilizou-se cloreto de bário para precipitar os íons sulfatos em solução de ácido acético formando sulfato de bário. Inicialmente procedeu-se a curva de calibração com a diluição de 1, 3, 5, 10 e 20 ml da solução padrão de sulfato em 50 ml de água destilada, correspondendo a concentração de sulfatos de 2, 6, 10, 20 e 40 mg L<sup>-1</sup>. Transferiu-se 10 ml das soluções para becker de 100 ml, adicionou-se 2 ml da solução tampão A e iniciou-se a agitação.

Foi acrescentado um pouco de cloreto de bário (BaCl<sub>2</sub>) e deixou em agitação por 1 minuto. A solução foi transferida para a cubeta, esperou-se 5 minutos e mediu-se a absorbância em espectrofotômetro a 420 nm. A amostra foi analisada da mesma utilizando-se uma alíquota de 10 ml. Repetiu-se esse processo mais uma vez. O cálculo da quantidade de sulfato foi através da equação da reta da curva de calibração sendo o x a absorbância da amostra (Figura 4).

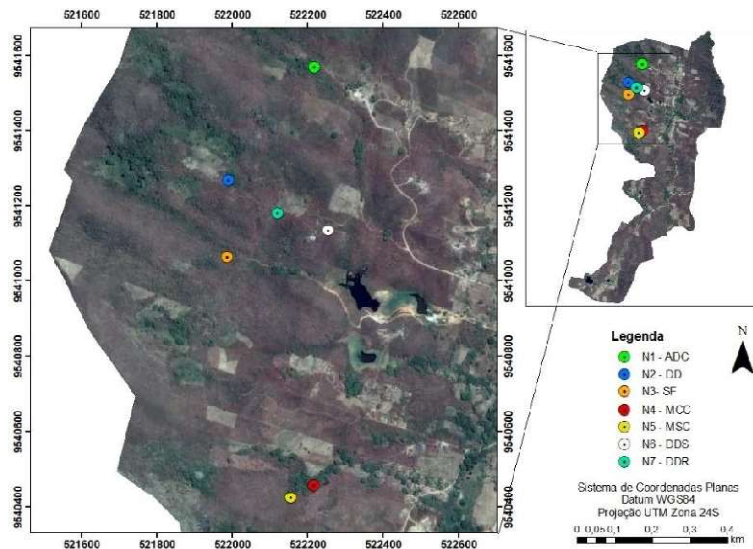


**Figura 4:** Curva de calibração para determinação de sulfato.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapeamento das nascentes na comunidade Piroás proporcionou o conhecimento da localização mais precisa das nascentes, resultado este que pode auxiliar no desenvolvimento de pesquisas futura na comunidade local (Figura 5). As nascentes encontram-se próximas umas das outras e estão localizadas no Piroás de cima (CARNEIRO et al., 2017).





**Figura 5:** Espacialização das nascentes da comunidade Piroás.

As nascentes mapeadas estão localizadas em áreas com elevação variando de 278 a 414 m como pode ser observado na Figura 7. Foram mapeadas sete nascentes, dentre elas cinco são destinadas para consumo humano em que possuíam quantidade de água satisfatória para realização de análises, as demais estavam secando o que impossibilitou a coleta. Os fatores que contribuem para o desaparecimento das nascentes são os relacionados ao ciclo hidrológico, pois as nascentes são reabastecidas por águas subterrâneas, logo deve-se proporcionar ambientes que favoreçam chuvas para que a água seja infiltrada.

A comunidade Piroás é um ambiente com um número relevante de agricultores que realizam práticas agrícolas inapropriadas, como o desmatamento de áreas que estão dentro dos 50 m exigidos por lei para preservação permanente (APP), isso pode ser melhor observado na Figura 7. Outro fator importante praticado é a queima das áreas, pois, segundo os agricultores não é possível o desenvolvimento das culturas sem haver este processo no preparo do solo.

A retirada das árvores para implantação de outras culturas dentro do raio de APP acarreta degradação das nascentes, devido à falta de proteção contra a entrada de solo e outros materiais oriundos do vento ou chuva. A dimensão do desmatamento é em toda a comunidade influenciando na redução da evaporação de água transpirada pelas árvores, interferindo também no clima (MARENGO, 2007).

Enquanto as queimadas provocam a emissão de partículas sólidas, chamadas de aerossóis, para a atmosfera causando impactos locais no clima e causando doenças respiratórias. Estas partículas atuam diretamente na formação das nuvens, pois em um ambiente limpo sem poluição, as nuvens são formadas pelo crescimento de gotas de água através do vapor da água ou da junção com outras gotas.

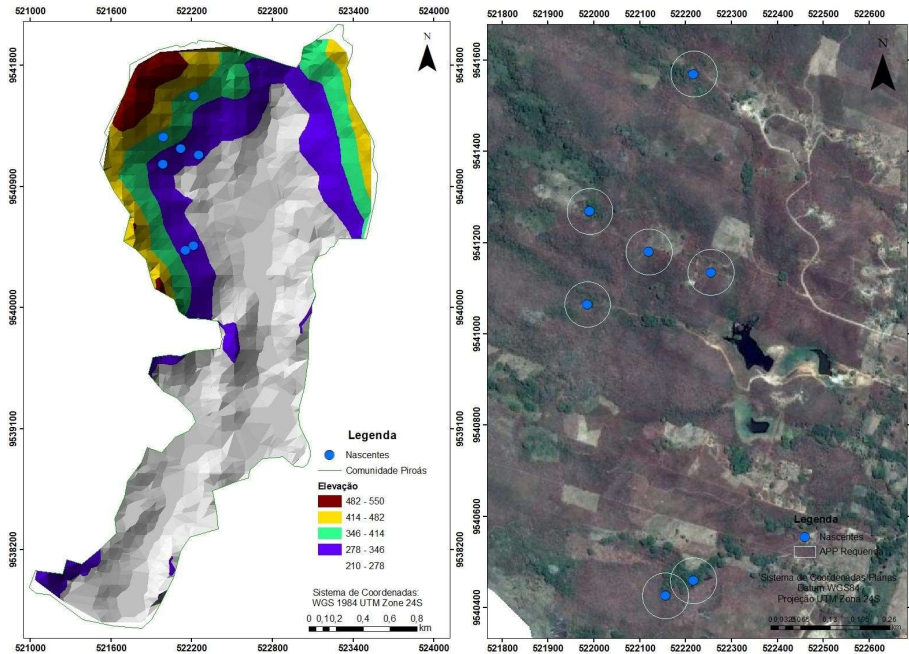
De acordo com o crescimento, o ar que leva a nuvem para cima vai diminuindo de velocidade devido ao peso, sendo altura máxima de chuva de 4 a 5 km, então neste momento a chuva precipita sem intervenções (ARTAXO et al., 2006; COHEN et al., 2007).

Entretanto, em locais com poluição e que liberam para a atmosfera partículas aerossóis, no caso em época de queimadas, as gotas das nuvens vão crescendo lentamente sem o vapor de água necessário, as vezes essas gotas chegam a não precipitar e evaporam, enquanto as nuvens crescem mais rapidamente e



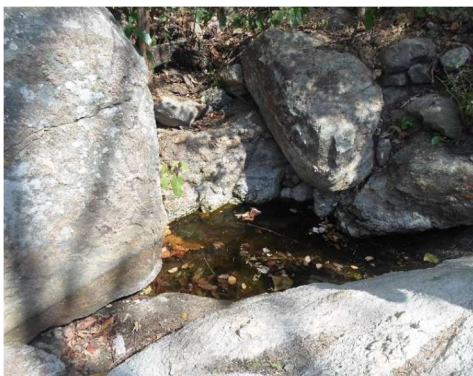
vão subindo, podendo chegar até 6 ou 7 km de altura provocando o congelamento da gota. Neste momento há condições favoráveis para o crescimento de gotas e são formadas mais rapidamente.

No processo a nuvem chega a uma altura de 10 ou 15 km, formando nuvens que provocam trovões e relâmpagos, constituindo este um indicativo de haver poluição na região por partículas aerossóis (ARTAXO et al., 2006; COHEN et al., 2007).



**Figura 7:** Área de preservação permanente em torno das nascentes na comunidade de Piroóas, Redenção-CE.

Nos dias de coleta das águas das nascentes foi realizada uma observação do ambiente em que estavam inseridas. Na nascente N1-ADC (Figura 8) observou-se que havia um volume de água inferior ao que normalmente possuía, pois a água aflorava entre as rochas mas continha material vegetal dentro, flutuando em sua superfície e presença de garrafa PET com presença de vegetação seca e áreas desmatadas ao redor para plantações (Figura 8). Nesta nascente, na segunda coleta, percebeu-se que haviam realizado queima em área próxima ao local onde estava a água, fator que propiciou a coloração amarelada.



**Figura 8:** Presença de materiais vegetais e lixo na Nascente N1-ADC.

A N2-DD constava com uma proteção feita de estacas e arame farpado (Figura 9) para prevenção da entrada de animais, está também aflorava entre rochas, com presença de vegetação verde e dentro havia bastante material vegetal em decomposição e pequenos animais (Figura 9). Também se verificou a presença

de áreas desmatadas destinadas aos cultivos comuns entre os agricultores. A N3-SF (Figura 9) encontrava-se em uma área particular, no local havia uma construção em forma de tanque (Figura 9) para comportar a água que aflorava da nascente, que também aflorava entre rochas, com presença de vegetação verde e possuía algumas folhas sobre sua superfície. No seu entorno havia uma grande quantidade de espaços desmatados para fins de agricultura.



F



G



H

**Figura 9:** Nascente N2-DD Com proteção e o reservatório para a água da nascente (2017).

As nascentes N4-MCC e N5-MSD também se localizam em propriedade privada com acesso restrito. A N4-MCC (Figura 10) possui cobertura feita de estaca com palha de palmeira para proteção contra alguns materiais vegetais que caia e o seu afloramento estava entre rochas. Próximo ao local da água havia prevalência de vegetação verde, presença de animais de vida aquática e áreas desmatadas ao redor para fins de agricultura. A N5-MSD (Figura 10) possui mesmas características da N4-MCC, mas não possuía proteção. As nascentes N6-DDS e N7-DDR, ambas estão com água escassa, ao redor existem áreas desmatadas, sendo que a N7-DDR se encontrava dentro de um roçado. Havia presença de vegetação seca e descuido quanto a sua preservação.

Além de observações gerais sobre o ambiente em que as nascentes ocorriam também foram realizadas análises de parâmetros de potabilidade da água relacionadas as características físicas, químicas e biológicas. Os resultados podem ser observados na (Tabela 1).





Figura 10. Nascente N4-MCC e N5-MSC

**Tabela 1:** Parâmetros físicos, químicos e biológicos das águas das nascentes de Piroás em relação aos valores máximos permitidos (VMP) pela legislação.

| Parâmetro  | N1-ADC | N2-DD | N3-SF | N4-MCC | N5-MSC | VMP        |
|--|--------|-------|-------|--------|--------|------------|
| Físicos  |        |       |       |        |        |            |
| COR (Hz <sup>5</sup> )                           | 1,21   | 81,8  | 6,14  | 11     | 19,2   | 15 Hz      |
| Condutividade (µS/cm)                            | 800,5  | 614   | 433   | 369    | 273    | 100 µS/cm  |
| Temperatura °C                                   | 25     | 24    | 25    | 24     | 26     | 20 - 30 °C |
| Turbidez (UNT <sup>7</sup> )                     | 118    | 1800  | 49    | 0,02   | 0,02   | 40 UNT     |
| Químicos (mg/L)                                  |        |       |       |        |        |            |
| pH   | 6,91   | 6,90  | 7,42  | 6,18   | 5,77   | 6 a 9      |
| Alcalinidade                                     | 0,211  | 0,465 | 0,262 | 0,203  | 0,161  | 500        |
| Cloretos   | 79,1   | 63,1  | 41,1  | 48,1   | 37,1   | 250        |
| Dureza Total                                     | 142    | 49    | 77    | 79     | 56     | 500        |
| Ferro Total                                      | 0,106  | 0,444 | 0,121 | 0,110  | 0,107  | 0,3        |
| Sulfato Total                                    | 0,085  | 0,084 | 0,084 | 0,084  | 0,084  | 250        |
| SDT <sup>8</sup>                                 | 399,5  | 308,0 | 216,0 | 183,0  | 136,0  | 1.000      |
| Microbiológicos                                  |        |       |       |        |        |            |
| C. Totais (NMP <sup>9</sup> /100ml)              | >23    | >23   | >23   | >23    | >23    | Ausente    |
| <i>E. coli</i> (NMP/100ml)                       | 3,6    | >23   | 2,2   | >23    | 6,9    | Ausente    |
| <i>B. heterotróficas</i> (UFC <sup>10</sup> /ml) | 11000  | 44000 | 5000  | 2700   | 18000  | 500 UFC/ml |

Os resultados da nascente N1-ADC para os parâmetros físicos foram: cor com 1,21 Hz, dentro do permitido pela legislação: 15 Hz; condutividade o resultado foi de 800,5 µS/cm (oito vezes superior ao que é permitido, sendo este de 100 µS/cm; temperatura da água encontrava-se a 25 °C dentro do padrão permitido pela legislação e turbidez com resultado de 118 UNT valor superior ao permitido pela legislação que é de 40 UNT. Para os parâmetros químicos os valores encontrados de pH, alcalinidade, cloretos, dureza total, ferro total, sulfato total e SDT foram de 6,91; 0,211; 79,1; 142; 0,106; 0,085 e 399,5 mg/L, respectivamente.

Os valores estão de acordo com os permitidos por legislação que são de, respectivamente, 6 a 9; 500; 250; 500; 0,3; 250 e 1000 mg/L. Para o parâmetro biológico a quantificação de coliformes totais foi de mais de 23, *E. coli* foi de 3,6 NMP/100 ml e *B. heterotróficas* é de 11000 UFC/ml, que estão em desacordo com a legislação, visto que para o consumo humano tais bactérias devem ser ausentes e não ultrapassar 500 UFC/ml. Desta forma, a N1-ADC encontra-se inapropriada para consumo conforme os parâmetros de condutividade, turbidez, coliformes, *E. coli* e *B. heterotróficas* enquanto de acordo com os parâmetros químicos ela encontra-se apropriada para consumo.

O resultado das análises para a N2-DD em relação aos parâmetros físicos para cor, condutividade, temperatura e turbidez foram 81,8 Hz; 614 µS/cm; 24 °C e 1800 UNT, respectivamente. Dentre estes, apenas a temperatura está em conformidade com a legislação. Em relação aos parâmetros químicos os valores foram 6,9; 0,465; 63,1; 49; 0,444; 0,084 e 308,0 mg/L para pH, alcalinidade, cloretos, dureza total, ferro total, sulfato

total e SDT, respectivamente. Dentre estes, o ferro total é o único padrão que se encontra em desconformidade com a legislação, pois o VMP é de 0,3 mg/L. Enquanto ao parâmetro biológico os coliformes, E. coli e B. heterotróficas foram encontrados mais de 23 NMP/100ml para ambas e 44000 UFC/ml, caracterizando desconformidade com a legislação, pois deveriam estar ausentes. Analisando o grau de potabilidade da N2-DD separadamente por parâmetro, ela encontra-se inapropriada para consumo em relação a cor, condutividade, turbidez, ferro, coliformes, E. coli e B. heterotrófica.

A nascentes N3-SF em relação aos parâmetros físicos foram obtidos os valores 6,14 Hz; 433  $\mu$ S/cm; 25 °C e 49 UNT correspondentes a cor, condutividade, temperatura e turbidez, respectivamente. Dos valores a condutividade e turbidez estão além do valor máximo permitido pela legislação. Os valores obtidos da análise química foram de 7,42; 0,262; 41,1; 77; 0,121; 0,084 e 216,0 mg/L correspondentes a pH, alcalinidade, cloretos, dureza total, ferro total, sulfato total e SDT, respectivamente, sendo todos os parâmetros em conformidade com os valores exigidos pela legislação.

Entretanto, para coliformes, E. coli e B. heterotróficas os valores forma mais de 23, 2,2 NMP/100 ml e 5000 UFC/ml, respectivamente, estando em desconformidade à legislação. Analisando o grau de potabilidade de acordo com cada parâmetro individualmente a água é inapropriada para consumo em relação a condutividade, turbidez, coliformes, E. coli e B. heterotrófica.

A nascente N4-MCC enquanto os parâmetros físicos, obteve como resultado para cor, condutividade, temperatura e turbidez os valores de 11 Hz; 369  $\mu$ S/cm; 24 °C e 0,02 UNT, respectivamente, sendo apenas a condutividade em desconformidade com a legislação. Para os parâmetros químicos os valores foram de 6,18; 0,203; 48,1; 79; 0,110; 0,084 e 183,0 que correspondem a pH, alcalinidade, cloretos, dureza total, ferro total, sulfato total e SDT, respectivamente, sendo que todos os valores estão em conformidade com a legislação dos valores máximos permitidos.

Enquanto aos coliformes totais e E. coli os valores foram mais que 23 NMP/100 ml de bactérias, enquanto B. heterotróficas foi de 2700 UFC/ml, tornando-se em desconformidade. Em relação a sua potabilidade de acordo com cada parâmetro, podemos afirmar que é imprópria apenas para condutividade, coliformes, E. coli e B. heterotróficas. A nascente N5-MSC para os parâmetros físicos obteve valores equivalentes a cor, condutividade, temperatura e turbidez iguais a 19,2 Hz; 273  $\mu$ S/cm; 26 °C e 0,02 UNT, respectivamente, com a condutividade inapropriada de acordo com a legislação. Quanto aos parâmetros químicos os valores foram de 5,77; 0,161; 37,1; 56; 0,107; 0,084 e 136,0 mg/L para pH, alcalinidade, cloretos, dureza total, ferro total, sulfato total e SDT, respectivamente, sendo o pH abaixo do que é permitido pela legislação.

A análise microbiológica, no entanto, também se encontra em desconformidade visto que os valores foram para coliformes, E. coli e B. heterotróficas, respectivamente, de mais de 23, 6,9 NMP/100 ml e 18000 UFC/ml. Em relação aos parâmetros individualmente, a nascente N%-MSC é desapropriada para consumo de acordo com condutividade, pH, coliformes, E. coli e B. heterotróficas. Os resultados obtidos nas análises das nascentes enquanto aos parâmetros bacteriológicos também foram encontrados por Villwock et al. (2014) quando analisaram águas de nascentes para consumo humano em um assentamento. As nascentes

estudadas estavam em desconformidade com os padrões exigidos, sendo explicado pela presença de esgoto a céu aberto mais acima das nascentes e alguns materiais orgânicos em decomposição.

Na comunidade de Piroás o fato de estas análises estarem com números superiores ao adequado, deve estar relacionado à materiais em decomposição que não são retirados periodicamente e a circulação de animais pelas nascentes. Uma alternativa de controle da presença de animais é a instalação de barreiras que impeçam sua entrada, como na nascente N2-DD, que, por falta de manutenção, não é mais eficaz.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As nascentes mapeadas encontram-se em elevações variando de 200 a 400 metros, estão localizadas no Piroás de cima próximas umas das outras. As nascentes que estão secando são influenciadas pela falta de água de reabastecimento do lençol freático devido à falta de chuva na região. Isso pode ser causado, além do clima característico de secas prolongadas, o desmatamento em alto nível para implantação de áreas agricultáveis. Com o desmatamento poucas nuvens são formadas e as que se formam podem não precipitar e serem levadas para outros locais, influenciadas pela ação das partículas liberadas pelas queimadas.

A qualidade da água das nascentes que se encontravam cheias indicam que todas estão fora dos padrões exigidos para consumo humano de acordo com as resoluções 357 e 396 do CONAMA e Portaria nº 2.914. Todas as nascentes obtiveram valores superiores ao máximo permitido pelas legislações em relação aos coliformes totais, *Escherichia coli*, bactérias heterotróficas e condutividade. Os microrganismos encontrados podem ser característicos de moléstias em humanos. Em relação aos resultados de análises químicas a N5-MSA apresentou pH inferior ao mínimo permitido e a N2-DD apresentou ferro acima do valor máximo permitido. Enquanto aos parâmetros físicos as N2-DD e N5-MSA apresentaram valores de cor superior e as N1-ADC, N2-DD e N3-SF apresentaram turbidez superior ao valor máximo permitido pelas legislações.

## REFERÊNCIAS

ARTAXO, P.; OLIVEIRA, P. H.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M.; RIZZO, L. V.; PIRES, C.; PAIXÃO, M. A.; LONGO, K. M.; FREITAS, S.; CORREIA, A. L.. Efeitos climáticos de partículas de aerossóis biogênicos e emitidos em queimadas na Amazônia. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3, p.1-22, 2006.

ASSOCIATION, A. P. H.; ASSOCIATION, A. W. W.; FEDERATION, W. E.. **Standard methods: For the Examination of Water and Wastewater**. Baltimore: APHA, 2012.

BRASIL. **Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934**. Decreta o código de águas. Brasília: DOU, 1934.

BRASIL. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013.

CARNEIRO, F. J. B.. Caracterização morfométrica da sub-bacia hidrográfica do rio Pacoti, Redenção-CE. In: SEABRA, G.. **TERRA: Saúde Ambiental e Soberania Alimentar**. Ituiutaba: Barlavento, 2015.

COHEN, J. C. P.; BELTRÃO, J. C.; GANDU, A. W.; SILVA, R. R.. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. **Ciência e Cultura**, v.59, n.3, p.36-39, 2007.

GOMES, D. D. M.; MENDES, L. M. S.; MEDEIRO, C. N.; VERISSIMO, C. U. V.. Análise multitemporal do processo de degradação da vegetação da bacia hidrográfica do Rio Jaibas no Estado do Ceará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, v.15, n.2, p.41-62, 2011. DOI:

LIMA, W. P.. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.

MARENGO, J. A.; VALVERDE, M. C.. Caracterização do clima no Século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4. **Revista Multiciência**, v.8, p 5-28, 2007.

MOHAMMED, N. Z.; GHAZI, A.; MUSTAFA, H.E.. Positional accuracy testing of Google Earth. **International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering**, v.4, n.6, p.6-9, 2013.

NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo. **Ciência Florestal**, v.15, n.2, 2005 DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981838>

RABELO, D. R.. Evidências da degradação ambiental na vertente seca da serra de uruburetama, Ceará, Brasil. **REVISTA GEONORTE**, v.8, n.29, p.72-85, 2017.

RECKZIEGEL, B. W.; ROBAINA, L. E. S.; OLIVEIRA, E. L. A.. Mapeamento de áreas de risco geomorfológico nas bacias hidrográficas dos arroios cancela e sanga do hospital, Santa Maria-RS. **Geografia**, v.14, n.1, p.5-18, 2010. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2005v14n1p5>

RIBEIRO, L. G. G.; ROLIM, N. D.. Planeta água de quem e para quem: uma análise da água doce enquanto direito fundamental e sua valoração mercadológica. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v.7, n.1, 2017.

ROSS, J. L. S.. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Edusp, 1996.

SÃO PAULO: **Cadernos da Mata Ciliar**: Departamento de Proteção da Biodiversidade. São Paulo: SMA, 2009.

SILVA, D. A. O.; ALVES, É. S.; LOPES, I.; SANTOS, W. M.; SILVA, E. M.. Análise e mapeamento da degradação por

sensoriamento remoto na estação ecológica raso da catarina-semiárido brasileiro. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.27, n.5, p.420-430, 2019.

SOBRINHO, T. R. G.. Classificação climática conforme a metodologia Köppen do município de Laranjal do Jari/Amapá/Brasil. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO. **Anais**. Palmas, 2012.

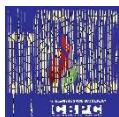
TEODORO, V. L.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista ReBraM**, v.11, n.1, p.137-156, 2015. DOI: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>

VIEL, J. A.; ARRUDA, D. C.; BERRETA, M. D. S. R., FATIN, M. L.; FARIAS, A. R., HOFF, R.. Geotecnologias e aprendizagem espacial em ambiente educacional: o mapeamento de nascentes utilizando técnicas de geoprocessamento por meio de softwares livres. **Anais Simpósio de Sensoriamento Remoto**, v.16, p.2650-2656, 2013.

VILLWOCK, F. H.; CRISPIM, J. Q.. Qualidade da água das nascentes para consumo no assentamento Muquidão na bacia do rio Muquidão no município de Iretama – PR. **Revista Eletrônica Educação Ambiental em Ação**, n.56, 2016.

Os autores detêm os direitos autorais de sua obra publicada. A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detêm os direitos materiais dos trabalhos publicados (obras, artigos etc.). Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas ou digitais sob coordenação da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.

Todas as obras (artigos) publicadas serão tokenizadas, ou seja, terão um NFT equivalente armazenado e comercializado livremente na rede OpenSea ([https://opensea.io/HUB\\_CBPC](https://opensea.io/HUB_CBPC)), onde a CBPC irá operacionalizar a transferência dos direitos materiais das publicações para os próprios autores ou quaisquer interessados em adquiri-los e fazer o uso que lhe for de interesse.



Os direitos comerciais deste artigo podem ser adquiridos pelos autores ou quaisquer interessados através da aquisição, para posterior comercialização ou guarda, do NFT (Non-Fungible Token) equivalente através do seguinte link na OpenSea (Ethereum).

*The commercial rights of this article can be acquired by the authors or any interested parties through the acquisition, for later commercialization or storage, of the equivalent NFT (Non-Fungible Token) through the following link on OpenSea (Ethereum).*



<https://opensea.io/assets/ethereum/0x495f947276749ce646f68ac8c248420045cb7b5e/44951876800440915849902480545070078646674086961356520679561158075982685405185/>