



Revisão metodológica - geoquímica na arqueologia

Ana Cristina de Lima Pedrozo Cardouzo¹ - Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-4927-2742>

Bruno de Azevedo Cavalcanti Tavares² - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1823-3016>

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil*

² Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil**

Artigo recebido em 01/07/2025 e aceito em 08/10/2025

RESUMO

Geoarqueologia é a área da Arqueologia que se debruça sobre a relação entre o ser humano e o seu meio físico-natural. Sob essa perspectiva, um leque de possibilidades pode ser utilizado para a compreensão do mundo que vivemos em um cenário pretérito. Dentre essas destaca-se a pesquisa de cunho Geoquímico na compreensão dos componentes químicos das rochas da crosta, da alteração química em perfis de solos e depósitos sedimentares e a evolução da paisagem. Diante disso, objetiva-se apresentar aplicações que este viés possui para a Arqueologia, principalmente, no âmbito de reconstruções paleoambientais e modelos formativos da paisagem. Para tal, duas áreas arqueológicas - Morro do Chapéu (BA) e a Bacia do Rio Carnaúba (RN/PB) - foram analisadas pelo enfoque geoquímico, fazendo uso de duas seções verticais, uma coluvionar e outra em ambiente fluvial. Os estudos realizados em Morro do Chapéu permitiram propor modelos evolutivos influenciados por fatores climáticos, geomorfológicos e sedimentológicos; indicando uma evolução complexa, marcada por alterações químicas intensas, deposição de sedimentos maduros e estabilização pedogenética. O relevo elevado favoreceu a retenção de umidade, permitindo o desenvolvimento de mantos profundos em clima semiárido, com presença de níveis ferruginosos de caráter laterítico. Depósitos do rio Carnaúba evidenciam regime semiárido com pulsos sazonais de alta energia associados a um regime de canal entrelaçado com variação nas condições de transporte como resposta à sazonalidade climática. A integração multidisciplinar oferece *insights* sobre a evolução de paisagens semiáridas e sua relação com ocupações humanas, sendo relevante para reconstruir dinâmicas climáticas e ambientais em contextos tropicais.

Palavras-chaves: Geoarqueologia; Geoquímica; Bacia do Carnaúba; Morro do Chapeú

* Mestranda em Arqueologia pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: anacristina.cardouzo@ufpe.br

** Professor do Departamento de Arqueologia da Universidade de Pernambuco. E-mail: bruno.tavares@ufpe.br



Methodological review - geochemistry in archaeology

ABSTRACT

Geoarchaeology is the branch of Archaeology that examines the relationship between humans and their physical-natural environment. From this perspective, a range of approaches can be employed to understand the world of the past. Among these, geochemical research stands out for its role in analyzing the chemical components of crustal rocks, chemical alteration in soil profiles and sedimentary deposits, and landscape evolution. This study aims to demonstrate the applications of this perspective in Archaeological Science, particularly in paleoenvironmental reconstructions and landscape formation models. Two distinct archaeological areas—Morro do Chapéu (BA) and the Carnaúba River Basin (RN/PB)—were analyzed through a geochemical approach, utilizing two vertical sections: one colluvial and the other fluvial. Research conducted in Morro do Chapéu proposed evolutionary models influenced by climatic, geomorphological, and sedimentological factors. Geochemical analyses revealed a complex evolution marked by intense chemical alterations, deposition of mature sediments, and pedogenetic stabilization. The elevated terrain facilitated moisture retention, enabling the development of deep weathering mantles even in semi-arid climates, with ferruginous lateritic horizons. Deposits from the Carnaúba River reflect a semi-arid regime with seasonal high-energy pulses associated with a braided channel system and transport condition variability driven by climatic seasonality. This multidisciplinary integration provides valuable insights into the evolution of semi-arid landscapes and their relationship with human occupations, offering a critical framework for reconstructing climatic and environmental dynamics in tropical contexts.

Keywords: Geoarchaeology; Geochemical; Bacia do Carnaúba; Morro do Chapéu

Revisión metodológica - geoquímica en arqueología

RESUMEN

La Geoarqueología estudia la relación entre los seres humanos y su entorno físico-natural. Desde esta perspectiva, se pueden emplear diversas aproximaciones para comprender el mundo del pasado. Entre estas, destaca la investigación geoquímica, que analiza los componentes químicos de las rocas de la corteza terrestre, las alteraciones químicas en perfiles de suelos y depósitos sedimentarios, y la evolución del paisaje. Este estudio tiene como objetivo demostrar las aplicaciones de esta perspectiva en la Arqueología, particularmente en reconstrucciones paleoambientales y modelos de formación del paisaje. Se analizaron dos áreas arqueológicas - Morro do Chapéu (BA) y la Cuenca del Río Carnaúba (RN/PB) — a través de un enfoque geoquímico, utilizando dos secciones verticales: una coluvial y otra fluvial. La investigación en Morro do Chapéu permitió proponer modelos evolutivos influenciados por factores climáticos, geomorfológicos y sedimentológicos. Los análisis revelaron una evolución compleja, marcada por alteraciones químicas intensas, la deposición de sedimentos maduros y la estabilización pedogenética. El relieve elevado favoreció la retención de humedad, permitiendo el desarrollo de mantos profundos en climas semiáridos, con horizontes ferruginosos de carácter laterítico. Los depósitos del río Carnaúba reflejan un régimen semiárido con pulsos estacionales de alta energía asociados a un sistema de canales entrelazados y variabilidad en las condiciones de transporte, como respuesta a la estacionalidad climática. Esta integración multidisciplinaria proporciona información valiosa sobre la evolución de los paisajes semiáridos y su relación con las ocupaciones humanas, ofreciendo un marco crucial para reconstruir dinámicas climáticas y ambientales en contextos tropicales.

Palabras-clave: Geoarqueología; Geoquímica; Cuenca del Carnaúba; Morro do Chapéu

INTRODUÇÃO

A Arqueologia é a ciência que estuda o ser humano através de sua materialidade e a imaterialidade associada a ela (Reinard, 2020). Em seu início, atenção demasiada era dada ao objeto em si, deixando de lado outros aspectos dos grupos humanos (Renfrew e Bahn, 2016). Esse cenário perdurou até a década de 60, quando novas percepções começaram a ser introduzidas na Ciência Arqueológica (Gamble, 2003); com uma delas levando em consideração o meio ambiente em que o ser humano está inserido.

Hodiernamente, o termo Geoarqueologia é empregado para definir a área da Arqueologia que se debruça sobre essa relação, entre o ser humano e o seu meio físico-natural, munindo-se de técnicas das ciências da terra para a resolução de problemas de origem arqueológica, oferecendo assim compreensão de como os grupos humanos do passado se relacionavam com o ambiente e como este poderia influenciar a dinâmica destes grupos (Butzer, 1982; Rapp e Hill, 2006; Cardouzo e Tavares, 2024).

Sob essa perspectiva, um leque de possibilidades pode ser utilizado para a compreensão do mundo que vivemos em um cenário pretérito. Essas possibilidades se associam aos proxies ambientais comumente utilizados para interpretação dos contextos ambientais pretéritos, como o uso de evidências biológicas, litológicas e geomorfológicas associados a depósitos do Quaternário (Bradley, 2015; Lowe e Walker, 2015; Karkanas e Goldberg, 2019). Dentre essas, destaca-se a pesquisa de cunho Geoquímico que, apesar de ter inúmeras aplicações nas geociências - tanto no campo da compreensão dos componentes químicos das rochas da crosta, como a compreensão da alteração química em perfis de solos e depósitos sedimentares e a evolução da paisagem, ainda é utilizada de maneira embrionária na Ciência Arqueológica.

Autores como Renfrew e Bahn (2016), ao abordarem os métodos de análise e interpretação na Arqueologia, dedicam à Geoquímica apenas um breve espaço, restrito à prospecção geoquímica do fosfato. Essa técnica tem como objetivo identificar evidências orgânicas em perfis estratigráficos, ou seja, indicar a provável presença humana em determinados níveis por meio da concentração de fósforo no sedimento. Tal abordagem vem sendo utilizada na Arqueologia para compreender sítios arqueológicos em diferentes contextos ambientais, auxiliando na identificação de níveis de ocupação ao longo da estratigrafia (De Souza *et al.*, 2020).

Todavia a Geoquímica possui outras aplicações que podem ser muito úteis para a Ciência Arqueológica, especialmente, no âmbito das reconstruções paleoambientais. A Geoquímica das paisagens tem o objetivo de identificar os elementos químicos associados a dinâmica superficial da superfície terrestre, vinculada aos processos intempéricos (Mirlean et al, 2006). Isso porque a utilização de marcadores geoquímicos como índices do intemperismo químico é corroborada pela remoção seletiva dos elementos químicos considerados ‘móveis’ e a permanência dos ‘imóveis’ nas formações superficiais (Yang *et al.*, 2004). Partindo disso, existe uma variedade de elementos que podem ser utilizados como indicadores do grau de intemperismo químico em distintos tipos de sedimentos e, conseqüentemente, ambientes; o que acaba por auxiliar os estudos de proveniência dos materiais (Schellenberger & Veit, 2006; Lira, 2014; Tavares, 2015; Fonsêca et al, 2024; Santos, 2024).

Além disso, como pontuado por Fonsêca et al (2024), considerando que os processos de formação estão intimamente relacionados com fatores climáticos, os elementos considerados imóveis vão esboçar, para além de atuar como marcadores de proveniência, prováveis cenários formativos. Dessa forma, como proposto por Taylor & Enggleton (2001), os elementos marcadores e a mineralogia dos materiais transportados serão fruto da distribuição geoquímica dentro de um perfil de intemperismo em distintos ambientes, e, como cada ambiente irá possuir uma característica mineralógica específica, os sedimentos terão assinaturas geoquímicas distintas (Taylor & Enggleton 2001; Santos, 2024; Fonsêca et al, 2024).

Nessa perspectiva, tendo em vista o leque de informações e interpretações que podem ser oferecidos pela análise geoquímica para além da análise de fosfato, o presente artigo objetiva apresentar outras utilizações que esta análise possui para a ciência arqueológica, principalmente, no âmbito de reconstruções paleoambientais e modelos formativos da paisagem. Para tal, a pesquisa irá apresentar duas pesquisas já realizadas com a abordagem da geoquímica na resolução de problemas arqueológicos, em contextos ambientais distintos; tratando-se assim de um trabalho de revisão metodológica das aplicações da geoquímica na arqueologia.

O SER HUMANO E O AMBIENTE: GEOARQUEOLOGIA

De acordo com Rapp e Hill (2006), existe uma certa fluidez na definição do que é a Geoarqueologia, o que pode ser considerado como um processo de classificação da própria ciência,

entretanto, como pontuado por Ferring (*apud* Rapp e Hill, 2006), os processos de definição do termo passou por remodelações com a ‘Nova Arqueologia’, proposta por Lewis Binford, visto que, foi nesse momento que a ciência arqueológica passou a se munir de noções mais científicas das ciências naturais e trazer para suas interpretações as questões ambientais.

Nessa conjuntura, a Geoarqueologia é a parte da Arqueologia que se debruça sobre os seguintes aspectos: Documentação da estratigrafia do sítio arqueológico, os processos de formação do sítio e a reconstrução da interação entre a paisagem e o ser humano. Esses estudos, por sua vez, tornaram os arqueólogos mais cuidadosos na hora de realizar interpretações culturais em cima desse registro (Butzer, 1982; Rapp e Hill, 2006; Goldberg e MacPhail, 2006; Karkanas e Goldberg, 2019).

Destarte, o presente trabalho terá como definição para Geoarqueologia a apresentada por Rapp e Hill (2006) que define essa ciência como a aplicação de qualquer conceito, técnica ou base de conhecimento para o estudo de artefatos e dos processos envolvidos na criação do registro arqueológico; sendo tal área crucial para a compreensão do registro arqueológico e o passado humano. Portanto, sua aplicação é imprescindível para os estudos paleoambientais, sedimentológicos e geoquímicos no contexto arqueológico; sendo este último o foco do presente estudo.

O MUNDO COMO UMA EXPLOÇÃO QUÍMICA: GEOQUÍMICA

A Geoquímica pode ser compreendida como a ciência que se debruça sobre a origem, a evolução e a distribuição dos elementos químicos na Terra, estes que se encontram distribuídos na hidrosfera, na atmosfera, na litosfera e na biosfera, ou seja, nos seres vivos (Lopes, 2021). Apesar desta definição ampla, inicialmente, a Geoquímica era fortemente associada à Geologia, principalmente aos estudos planetários (Texeira et al., 2009).

Todavia, embora intimamente relacionada à Geologia — sendo amplamente reconhecida, especialmente em seu campo isotópico —, merece destaque a sua aplicação na ciência geográfica. Essa vertente, conhecida como Geoquímica da Paisagem, foi desenvolvida na Rússia do século XX, e é um ramo das ciências geográficas que estuda a paisagem a partir da distribuição e comportamento dos elementos químicos (Mirlean et al., 2006; Santos, 2024).

Para tal, parte-se do princípio de que, na paisagem, existem elementos químicos com diferentes mobilidades: enquanto a sílica e o potássio são facilmente removidos pelos processos de

intemperismo, o alumínio e o ferro tendem a permanecer mais estáveis nos mantos de alteração (Taylor e Eggleton, 2001; Santos, 2024). Estudos como os de Lira (2014), Tavares (2015), Tavares (2020), Fonsêca (2020 e 2024), Carvalho (2022) e Santos (2024) se baseiam nesse princípio, destacando que a concentração de certos elementos pode registrar a história evolutiva da paisagem. De acordo com Fonsêca et al. (2024), sedimentos mais intemperizados apresentam maior concentração de elementos imóveis — como alumínio, ferro, titânio e zircônio — e menor presença de elementos móveis — como sílica, potássio, cálcio e sódio (Taylor & Eggleton, 2001; Santos, 2024). Para quantificar essas variações, utilizam-se índices geoquímicos que refletem a resistência dos minerais ao intemperismo com base na composição química das amostras (Cruz, 2006; Fonsêca et al., 2024; Santos, 2024).

Nessa perspectiva, em uma dinâmica interativa com o ambiente, especialmente condições climáticas e geomorfológicas, os índices irão variar de ambiente para ambiente, ou seja, como cada ambiente possui características mineralógicas específicas e condições climáticas específicas, os sedimentos – frutos dessas transformações – terão assinaturas geoquímicas distintas (Taylor & Enggleton, 2001). Os índices mais comumente utilizados nas análises da Geoquímica da Paisagem são (Taylor & Enggleton, 2001; Fonsêca 2018; Santos, 2024):

- **Índice Geoquímico de Alteração (CIA):** Por meio da relação ternária entre Alumínio, Potássio, Cálcio e Sódio, o índice avalia o grau de alteração química do sedimento em análise.
- **Ruxton:** Através da relação de mobilidade da sílica e do alumínio, o índice é responsável por analisar a extensão do intemperismo químico das rochas.
- **Paleoambiente:** A relação entre Sílica, Potássio, Alumínio e Sódio tece inferências acerca do ambiente formativo e/ou deposicional das amostras em análise.
- **Proveniência:** Referem-se às relações elementares - como Alumínio e Potássio, Zircônio e Titânio, Titânio e Alumínio - que permitem inferências sobre a origem do material analisado.
- **Laterização:** Relação entre Ferro, Alumínio e Sílica que auxilia na identificação de sedimentos que estão mais desgastados geoquimicamente, bem como aqueles sedimentos que foram retrabalhados e, portanto, não foram formados in situ (critérios de formação).

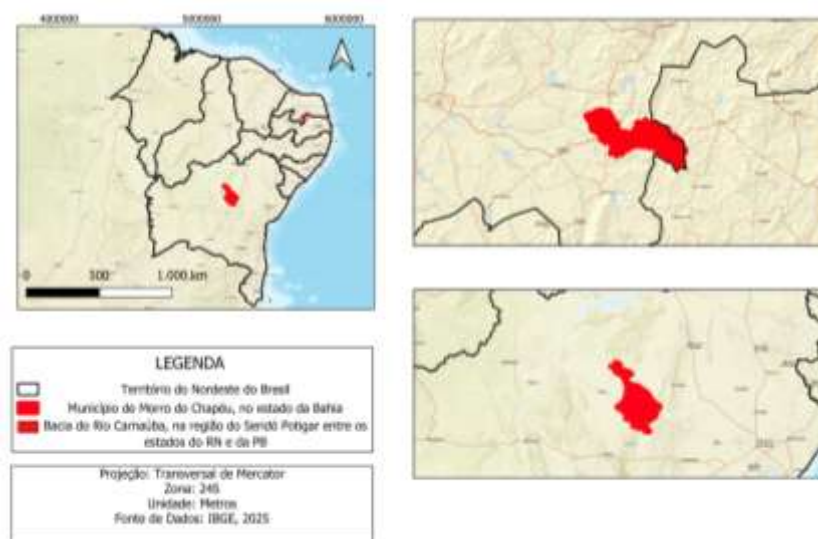
METODOLOGIA

CONTEXTO AMBIENTAL

Na seção que se segue será apresentado, de maneira breve, uma caracterização ambiental das duas áreas que serão abordadas, com o intuito de pontuar as diferenças em ambas as regiões e como, a posteriori, a aplicação geoquímica foi interpretada para cada setor.

De forma abrangente, como será detalhado em seguida, ambas as regiões (Fig. 1) se encontram inseridas no Nordeste do Brasil, dentro do bioma caatinga e associado ao clima semiárido; com uma delas estando localizada na região do Seridó Potiguar, entre os estados de Rio Grande do Norte e da Paraíba, e a outra localizada no estado da Bahia, em particular, o município de Morro do Chapéu no setor norte da Chapada da Diamantina.

Figura 1: Mapa de localização das duas regiões em análise no território do nordeste do brasileiro.



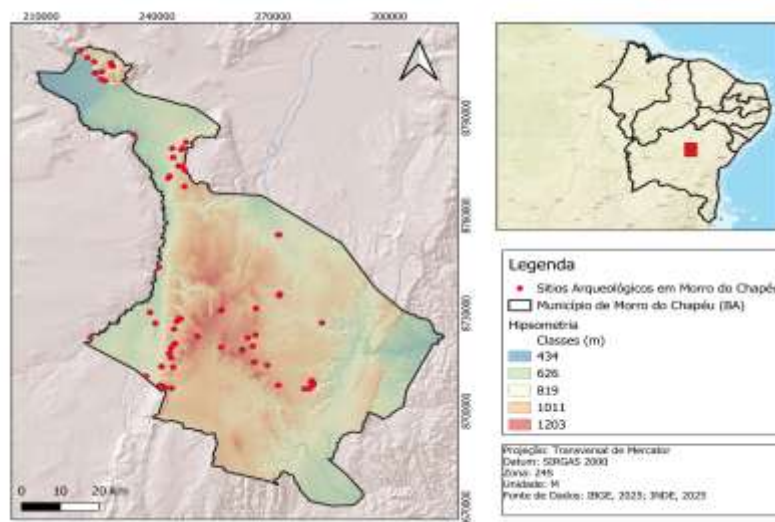
Fonte: autores, 2025

MORRO DO CHAPÉU - BAHIA

As coberturas superficiais que foram analisadas no Complexo Arqueológico Coreia localizam-se na região do município de Morro do Chapéu, na Bahia (Fig. 2). A área em questão contém uma grande concentração de sítios arqueológicos, estes que se destacam pela arte rupestre

presente em inúmeros abrigos sob rocha, cavernas e grutas (Etchevarne, 2015); além das formações litológicas pré-Cambrianas, algumas datando do Neoproterozóico (Cardouzo e Tavares, 2024).

Figura 2: Mapa Hipsométrico do Município de Morro do Chapéu



Fonte: autores, 2025

A escolha do local a ser coletado, ou seja, das coberturas superficiais, deve-se à gama de informações sobre as condições ambientais pretéritas da área que podem ser obtidas por meio da análise delas. Isso porque a compreensão da paisagem, sob a égide da reconstrução ambiental para esse setor da Chapada Diamantina, ainda carece de informações com essa abordagem de cunho geoarqueológico (Cardouzo e Tavares, 2024).

Nessa perspectiva, de acordo com Rocha (2013), no que tange os aspectos ambientais da região têm-se um cenário de litologia composta essencialmente de rochas sedimentares deformadas (dobradas); constituindo-se de algumas formações. A primeira, mais antiga, é conhecida como Formação Tombador e se caracteriza por ser uma base de arenito e metaconglomerado; estando associada à regressão marinha. A segunda, constituindo o meio, é chamada de Formação Caboclo; caracterizando-se por sequências de calcário, calcário-arenito e estando associada à transgressão/avanço marinho. Por fim, mais recente, se tem a Formação Morro do Chapéu, ligada à regressão marinha, sendo constituída de arenitos, meta-arenitos e quartzarenitos.

A Chapada da Diamantina é uma região de planalto elevado, em relevo dobrado (Corrêa et al, 2019; Araújo, 2025), com cotas que chegam até 2038 m. A região em destaque, no cenário da

Chapada, localiza-se no setor norte em que os setores mais elevados ficam, em torno, dos 1200 m (IBGE, s.d). O Morro do Chapéu, como o próprio nome sugere, é um morro testemunho, que se destaca na paisagem marcada por rampas suaves que marcam o contato das escarpas com os vales das principais drenagens - localizado na cidade de Morro do Chapéu, na Chapada Diamantina.

No que tange o clima, predomina-se o aspecto semiárido com temperatura média na casa dos 19.5 °C. As chuvas ocorrem no período da primavera e verão, podendo avançar até o início do outono. Os totais pluviométricos de Morro do Chapéu têm média de 808 mm anuais (IBGE, s.d). As chuvas são respostas aos sistemas que avançam do Atlântico e atingem a porção central da Bahia, essa condição ocorre a partir da formação do bandeamento de nuvens associados a baixa pressão no sudeste e porção sul do nordeste do Brasil trazendo instabilidade e chuvas para os setores elevados da Chapada Diamantina (Sousa et al., 2013).

No que diz respeito a sua hidrografia, a região se encontra em duas bacias hidrográficas, sendo elas: São Francisco e o Paraguaçu. Segundo Havre (2015), as duas principais bacias dividem, portanto, a região num eixo sudoeste-nordeste. Em cada uma destas áreas, existem diversos cursos menores que recebem, sobretudo, um volume de água mais importante na estação das chuvas, entre novembro e março.

Por fim, a caracterização vegetal da região é típica da caatinga, que é o bioma predominante no nordeste do Brasil. É importante destacar que a vegetação da caatinga é altamente adaptada às condições de clima e solo específicas da região do Morro do Chapéu, e desempenha um papel fundamental na manutenção do ecossistema local, oferecendo abrigo e alimento para diversas espécies de animais, muitos dos quais são endêmicos, ou seja, só são encontrados nessa região.

ÁREA ARQUEOLÓGICA DE MORRO DO CHAPÉU: ANÁLISE DAS COBERTURAS SUPERFICIAIS

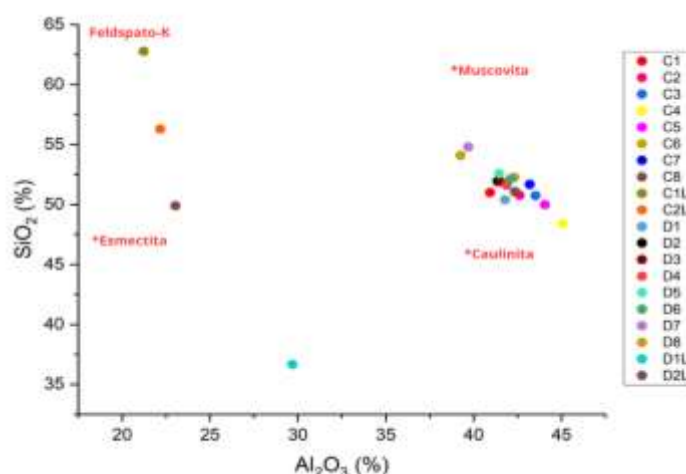
Dentre o leque de possibilidades da Geoarqueologia, a pesquisa teve como foco a análise Geoquímica das coberturas superficiais da área arqueológica da região em destaque. Iniciou-se assim o levantamento bibliográfico para a construção do arcabouço teórico da pesquisa, seriam estes: O Contexto da Região (Corrêa *et al.*, 2019; Etchevarne *et al.*, 2015; Van Havre, 2015), o conceito de Geoarqueologia (Rapp & Hill, 2006; Goldberg & Karkanas, 2019), Geoquímica e índices químicos

(Eggleton e Taylor, 2001; Fonsêca, 2018; Santos, 2024), a Formação de Lateritas e Ferricretes (Widdowson, 2007; Augustin *et al.*, 2013) e a Evolução da paisagem (Butt *et al.*, 2000).

Após esse levantamento, foi realizada uma coleta de campo na região, sendo coletado ao todo 16 amostras, sendo estas analisadas a posteriori pela técnica da Fluorescência de Raio -X. Nesse contexto, serão apresentados e discutidos os resultados conseguidos por meio desta análise. Todavia, antes disso, é importante salientar que todas essas informações foram apresentadas no relatório final do PIBIC (2023/2024), elaborado pelos autores e previamente discutidos em outro artigo (Araújo; Cardouzo; Tavares, *manuscrito em preparação*).

O primeiro índice utilizado foi o índice de Ruxton, que avalia o grau de intemperismo químico das rochas com base na mobilidade relativa da sílica e do alumínio. As amostras analisadas, em geral, mostram um alto grau de intemperismo (gráfico 1), o que é confirmado posteriormente pelo gráfico do CIA. No entanto, as amostras da base do perfil (D1L, D2L, C1L, C2L) apresentam maior concentração de sílica do que alumínio, apesar dos baixos valores no índice de Ruxton indicando forte intemperismo. Esse elevado teor de sílica pode estar relacionado à sua alta concentração geral nos elementos químicos, ou seja, embora as camadas apresentem intenso grau de alteração química, conforme evidenciado pelo CIA, essa alteração não foi suficiente para promover a lixiviação da sílica (Santos, 2024).

Gráfico 1: Índice de Ruxton com todas as amostras

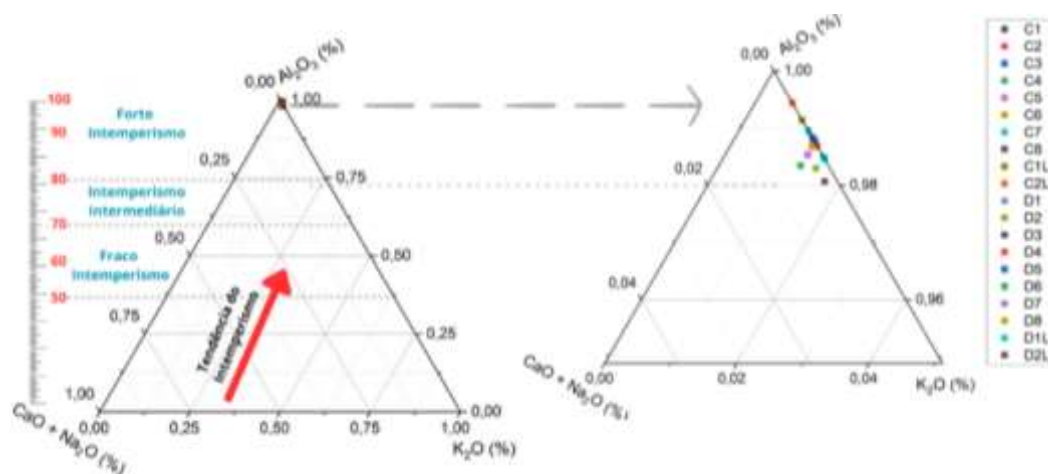


Fonte: Autores, 2024

O Índice de Alteração Geoquímica (CIA) é utilizado para avaliar o grau de intemperismo químico nos sedimentos, refletindo as variações ao longo de um perfil. Valores acima de 80 indicam intemperismo moderado, enquanto valores superiores a 90 apontam para intemperismo intenso. Esse grau de alteração está diretamente relacionado às condições ambientais da área de origem, especialmente em regiões tropicais úmidas, evidenciando que a origem do depósito influencia significativamente o nível de intemperismo.

O gráfico 2 confirma a hipótese de que os materiais estão fortemente intemperizados, concentrando-se na faixa de forte intemperismo. Sob essa perspectiva, como destacado por Nesbitt e Young (1982), altos valores de CIA indicam um elevado grau de alteração química, geralmente associando-se a altos níveis de precipitação e, conseqüentemente, a uma maior maturidade química dos sedimentos. Assim, mesmo nas amostras em que algumas frações não apresentam alumínio, é provável que sua formação tenha ocorrido em um contexto de alta precipitação. No entanto, ao se considerar a geomorfologia e a topografia da região — fatores que influenciam diretamente a sedimentação e o intemperismo químico (Nash e McLaren, 2007) —, esses níveis de precipitação podem estar relacionados a períodos de semiaridez mais branda. Portanto, é essencial considerar os diversos elementos da paisagem natural, pois, em regiões semiáridas localizadas em setores elevados e com baixa declividade, é possível a formação de mantos mais oxidados e ferruginosos.

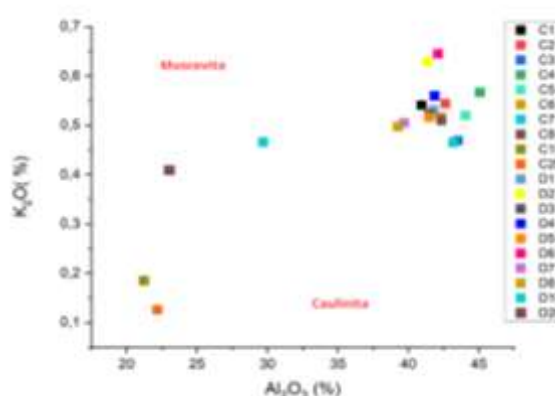
Gráfico 2: Índice de CIA das amostras



Fonte: Autores, 2024

A relação entre alumínio e potássio está associada à origem do material. No gráfico 3, observa-se um domínio caulinitico. Isso não indica necessariamente que o material original seja rico em caulinita, mas sim que o intenso intemperismo químico — favorecido por fatores como precipitação e relevo — promoveu a formação de minerais aluminosos, como a caulinita; sendo este processo compatível com os altos valores de CIA observados.

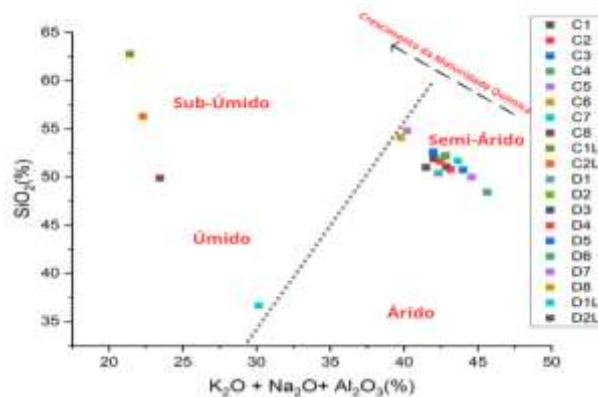
Gráfico 3: Relação Alumínio e Potássio das amostras.



Fonte: Autores, 2024

A relação entre sílica, alumínio, potássio e sódio permite inferências sobre o ambiente de formação e deposição dos sedimentos. Conforme o gráfico 4, as lateritas indicam um ambiente úmido a subúmido, distinto do cenário semiárido atual, mas compatível com o alto grau de alteração química (CIA). Já as demais amostras, associadas ao clima semiárido semelhante ao hodierno, sugerem sedimentos previamente intemperizados em outro ambiente e posteriormente transportados, refletindo um contexto deposicional distinto (Fonsêca, 2024; Santos, 2024).

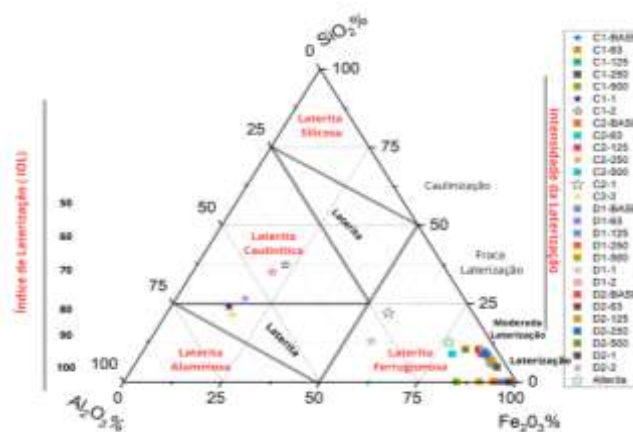
Gráfico 4: Índice de Paleoambiente de todas as amostras



Fonte: Autores, 2024

O Índice de Lateralização (gráfico 5) oferece a indicação dos sedimentos com maior desgaste geoquímico, além de distinguir aqueles que foram retrabalhados e não se formaram *in situ*. Considerando as amostras, a maioria apresenta fraca laterização, com exceção da base do perfil — as lateritas — que exibem laterização moderada. Três dessas amostras (C1L, C2L, D2L) são classificadas como lateritas ferruginosas, sendo que D2L se encontra no limite entre os domínios ferruginoso, laterítico e caulínítico. A amostra D1-L é classificada como laterita caulínítica.

Gráfico 5: Índice de Laterização de Todas as Amostras

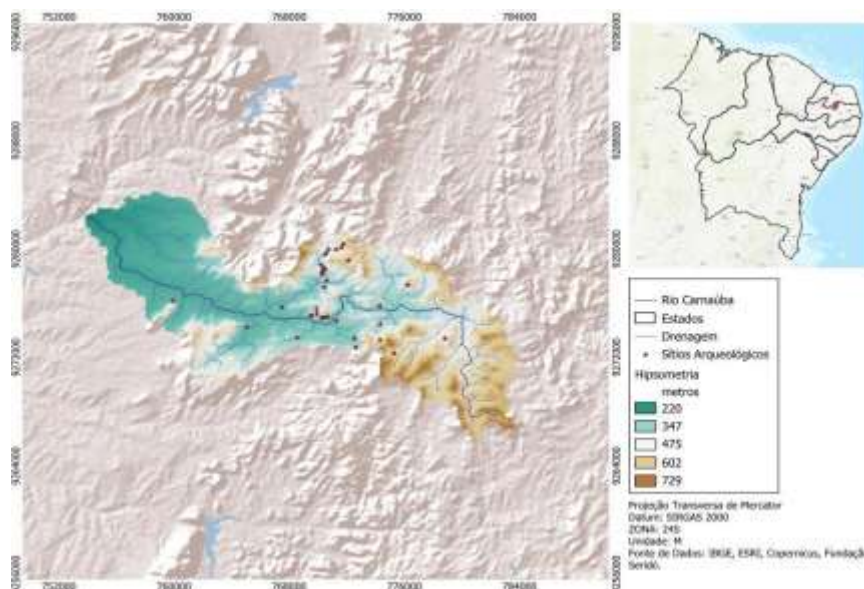


Fonte: Autores, 2024

RIO CARNAÚBA - SERIDÓ POTIGUAR

A área em questão está inserida entre os domínios do Planalto da Borborema e Depressão Sertaneja, situado na Mesorregião Central Potiguar e na Microrregião do Seridó Oriental, entre os municípios de Carnaúba dos Dantas e Acari. Inserida no domínio da Faixa Seridó, seccionando as unidades litoestratigráficas de idade neoproterozóicas da Suíte de Médio a Alto Potássio Itaporanga do Grupo Seridó, a região corta perpendicularmente a Zona de Cisalhamento Transcorrente Dextral Carnaúba dos Dantas e a Falha Transcorrente Sinistral em orientação E-W, onde consta as Formações Equador, Seridó e Serra dos Martins (Mutzenberg, 2007).

Fig 3: Mapa Hipsométrico da Bacia do Carnaúba na região do Seridó



Fonte: autores, 2025

Em termos litológicos, a bacia do rio Carnaúba abrange nas suas cabeceiras, um capeamento sedimentar dos arenitos da Formação Serra dos Martins, estes sotopostos na Formação Seridó, a biotita xisto e nas intrusões ígneas da suíte Dona Inês. Também no alto curso da Bacia, a suíte Itaporanga se faz presente controlando o eixo de drenagem principal juntamente com algumas falhas de rejeito extensional. Ao chegar no médio curso, se faz presente de forma mais abrangente as biotitas xistos da Formação Seridó, associados à diversos abrigos sob rocha onde se encontram os sítios arqueológicos presentes na área. Além da Formação Seridó, a presença da muscovita quartzito da Formação Equador está associada a setores elevados na porção central da bacia, atuando também

como suporte rochoso de sítios arqueológicos presentes no médio curso do rio Carnaúba e drenagens tributárias associadas. Nessa porção central há uma considerável concentração de material aluvial decorrente do retrabalhamento do rio Carnaúba, formando extenso vale fluvial entulhado de material inconsolidado quaternário (Mützenberg 2007; Tavares et al, 2025). Ao atingir o baixo curso do rio, há uma presença marcante dos granitos ora da Suíte Itaporanga, ora da Suíte São João do Sabugi, neste setor os sítios arqueológicos estão distribuídos em matacões e em estruturas de dissolução como as cacimbas e gnammas.

O Contexto da bacia está fortemente atrelado a um cenário de rochas cristalinas ígneas e metamórficas, com grande presença de quartzos, feldspatos e micas (Mützenberg, 2007). Essa condição é revelada na própria sedimentação presente no vale do rio Carnaúba sob a forma do plano aluvial e dos seus terraços fluviais. A sedimentação de caráter arenoso típica do ambiente semiárido indica alternância de fases associadas ao ciclo sedimentar de um canal entrelaçado em regime semiárido, onde a variação de carga de fundo e carga em suspensão é uma resposta às condições climáticas de grandes irregularidades dentro do semiárido. Assim, a sequência sedimentar encontrada para a estratigrafia no médio curso do Carnaúba indica fases de canal ativo, carga de fundo, momentos de enchente e formação de barras cascalhosas e arenosas com indicação de migração das mesmas. Essa sequência está de acordo com os postulados de Miall (2006) para os regimes de sedimentação de drenagens com morfologia entrelaçada e anastomosada.

A DINÂMICA FLUVIAL A PARTIR DA GEOQUÍMICA DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS: O RIO CARNAÚBA, SERIDÓ POTIGUAR

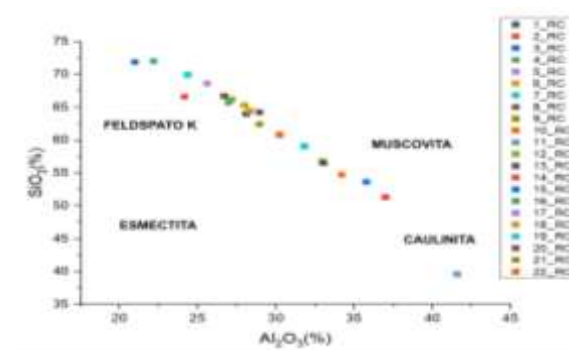
Diferente do contexto de Morro do Chapéu, onde a coleta foi realizada nos setores elevados do Planalto, em uma morfologia de encostas e pedimentos associados às deposições coluviais, o perfil estratigráfico do Seridó está em um ambiente fluvial. O perfil em questão foi feito nos terraços que compõem o setor médio do rio Carnaúba, rio este que possui 48km de extensão, tem suas nascentes no Planalto da Borborema e seu exultório no rio Acauã, já inserido no domínio da Depressão Sertaneja. No seu médio curso apresenta um vale preenchido de sedimentos fluviais, atingindo profundidades de até 10 metros (Tavares et al, 2025).

No que tange o perfil em questão, ele possui 2.50 de espessura indicando diversos ciclos de sedimentação associados com um canal entrelaçado em regime semiárido. Com presença de depósitos

com carga de fundo, canal ativo, barras cascalhosas e arenosas, e planícies de inundação (Miall, 2006; Mützenberg, 2007; Tavares *et al.*, 2025). A escolha desse perfil se dá pelo fato de ele ter características associadas a um regime de variação de carga atrelado a irregularidade da condição climática semiárida onde está inserida a área do vale do rio Carnaúba.

Seguindo o exemplo de Morro do Chapéu, o primeiro índice trabalhado na região da bacia do Carnaúba foi o índice de Ruxton. Desse modo, o gráfico obtido indica que as amostras analisadas apresentam baixos índices de intemperismo, corroborados pelos valores obtidos no índice CIA. Entretanto, a relação Si/Al revela que essas amostras passaram por processos de intemperismo, sendo os elevados teores de sílica possivelmente atribuídos à proveniência ou à presença de litologias ricas em sílica na paisagem de estudo. A análise gráfica confirma essa alta concentração de sílica, a qual tende a decrescer em função da progressiva transformação mineralógica decorrente do intemperismo, como exemplificado pela amostra 11_RC, que se insere, graficamente, no domínio caulinítico. Para inferências mais robustas, torna-se imprescindível considerar a posição estratigráfica da amostra no perfil e sua relação com o contexto geomorfológico circundante.

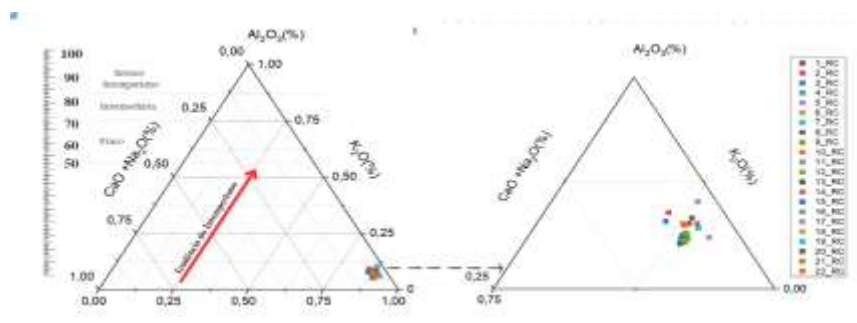
Gráfico 6: Índice de Ruxton das amostras da bacia do Carnaúba



Fonte: autores, 2025

Em concordância com o gráfico de Ruxton, os valores de CIA indicam que as amostras analisadas apresentam baixo grau de alteração química. No entanto, nesse contexto, a proveniência dos depósitos pode ter influenciado o grau de maturidade química observado, considerando que a área estudada é caracterizada por mineralogias e litologias ricas em sílica.

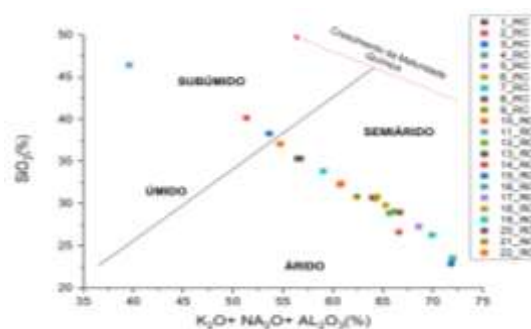
Gráfico 7: Índice de CIA das amostras da Bacia do Carnaúba



Fonte: autores, 2025

Para as amostras em questão, no que tange o índice de Paleoambiente, existe uma concentração no domínio semiárido, o que corrobora os dados de baixa intensidade de intemperismo químico, ou seja, baixo grau de maturidade química, e comunga com o contexto atual da região que se enquadra no domínio morfoclimático do semiárido. Todavia, duas amostras (11_RC e 14_RC), se encontram no domínio morfoclimático subúmido, ou seja, distinto do atual. Nesse cenário, é possível que tenha ocorrido um momento de maior umidade que levou a formação desse sedimento, ou seja, refere-se ao processo formativo. Logo, para mais inferências é necessário compreender a localização das amostras no perfil coletado e seu lugar na paisagem circundante.

Gráfico 8: Índice de Paleoambiente das amostras na bacia do Carnaúba

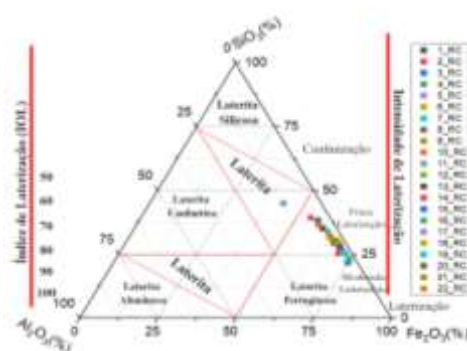


Fonte: autores, 2025

De forma geral, no que tange o índice de laterização, as amostras analisadas se enquadram em um contexto de fraca laterização, o que corrobora os baixos índices de maturidade química evidenciados no gráfico de CIA e RUXTON. Todavia algumas amostras começam a entrar no contexto de uma laterização moderada, o que pode evidenciar um cenário de estabilidade para a

formação das feições lateríticas. Além disso, a amostra 11_RC se enquadra, diferente das demais amostras, no contexto de uma laterita, o que corrobora a sua alta maturidade química e seu provável processo formativo em um ambiente mais úmido. Nesse sentido, tendo em vista a disposição dessa amostra no perfil coletado e a paisagem circundante, é possível que tenha ocorrido um momento mais úmido para a formação dessa feição laterítica que é mais madura geoquimicamente ou, em outro contexto, a amostra pode ter sido trabalhada em outro setor, mais úmido, e depois depositada na área em questão.

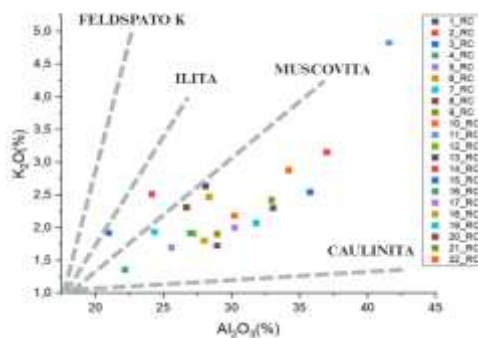
Gráfico 9: Índice de Laterização das amostras da bacia do Carnaúba



Fonte: autores, 2025

A relação entre Alumínio e Potássio vai estar relacionada com a própria origem do material. As amostras em análise se estendem entre o domínio da Ilita ao da Muscovita, o que reflete o cenário circundante da paisagem.

Gráfico 10: Relação entre Potássio e Alumínio nas amostras da Bacia do Carnaúba



Fonte: autores, 2025

RESULTADOS

GEOQUÍMICA DE MORRO DO CHAPÉU E A BACIA DO RIO CARNAÚBA: CONTRASTES CLIMÁTICOS E PAISAGÍSTICOS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO

Considerando os índices geoquímicos analisados para a área do Complexo Coreia (Morro do Chapéu, BA) e a distinção proposta por Widdowson (2007) para os conceitos de lateritas e ferricrete, é possível propor o seguinte modelo evolutivo para a região: **1-** Fase de alteração *in situ* do saprólito, resultando na formação de lateritas. Os índices geoquímicos indicam que esse estágio ocorreu em um contexto climático mais úmido, favorável à intensa alteração química dos materiais. **2-** Fase de deposição de sedimentos quimicamente mais alterados, conduzindo a formação de ferricretes. Nesse momento, os dados sugerem um ambiente climático mais seco, semelhante ao clima atual. Além disso, o material depositado apresenta elevada maturidade química, o que traz a possibilidade de o material ter passado por processos de erosão e transporte antes de sua deposição. **3-** Fase atual de estabilidade, que favorece o desenvolvimento de processos pedogenéticos, ou seja, formação de solos que, dependendo das condições de intemperismo, podem evoluir para lateritas ou solos enriquecidos em ferro, por meio de alteração *in situ* dos materiais previamente formados.

Apesar dos índices geoquímicos corroborarem o modelo evolutivo inicialmente proposto, alguns aspectos merecem destaque. Como pontuado por Nash e McLaren (2007), a paisagem geomorfológica — especialmente o relevo — pode influenciar significativamente as condições de umidade local, independentemente de mudanças climáticas globais. Esse fator é particularmente relevante para a região de Morro do Chapéu, situada no setor norte da Chapada Diamantina, dentro do núcleo semiárido, mas com altitudes que chegam a 1260 metros. Essa elevação favorece a recepção de ventos úmidos oriundos dos sistemas atmosféricos do Atlântico e da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), como ressaltado por Bigarella et al. (2008). Além disso, a topografia suavemente inclinada da área contribui para o desenvolvimento de mantos de alteração mais profundos em determinados setores.

Nesse cenário, existe a possibilidade de as lateritas identificadas na base do perfil estarem relacionadas a um período de maior umidade, um contexto de semiaridez mais branda, ou até mesmo terem sido formadas sob condições semelhantes às atuais, em que os fatores locais, como relevo e altitude, promoveram umidade suficiente para permitir esse tipo de alteração *in situ*. Junto a isso,

existe a hipótese de que a base do perfil, pode ter sido formada em momentos distintos para a coluna C e coluna D, isso porque a laterita do D1L é a única que se encontra em domínio caulinítico e úmido, o que pode ser um indicativo de distintos momentos de formação para o lado C e D, ou de alguma descontinuidade lateral entre as partes.

Concomitante a isso, também existe a possibilidade de todo o perfil, incluindo as lateritas, terem origem alóctone, conduzindo a um segundo modelo: **1-** Formação de lateritas em um pulso úmido em uma área relativamente próxima da área de deposição. **2-** Transporte e deposição das lateritas. **3-** Breve momento de estabilidade e desenvolvimento de um manto de intemperismo. **4-** Deposição de sedimentos ricos em ferro e alumínio, quimicamente maduros, em contexto semiárido levando a formação de Ferricrete. **5-** Momento atual de estabilidade que pode conduzir a alteração autóctone, levando a formação de lateritas, ou processo pedogenético.

Ao nos debruçarmos na característica dos depósitos sedimentares do rio Carnaúba, é possível verificar que o clima semiárido deixa a sua marca no próprio regime de sedimentação. A variação de carga indica pulsos sazonais associados aos sistemas sinóticos atuantes no período de chuva na área. As chuvas são de Verão-outono com concentrações de chuvas nos meses de fevereiro e março, onde em poucos dias chove o acumulado previsto para todo o mês, com isso o rio consegue retrabalhar o seu vale, redinamizando o entrelaçamento dos seus canais e a disposição da sedimentação no seu eixo principal.

A estrutura do sedimento indica materiais de pouca maturidade química, condizentes com o clima semiárido da área, que responde por uma das áreas mais secas do nordeste brasileiro (Corrêa *et al.*, 2019). Essa condição tem como resposta um material friável, pouco compactado, com baixos níveis de formação argilosa, exceto nos momentos de enchente e retorno da vazão normal, onde há decantação de argilas expansivas no momento do extravasamento do canal principal. Essa condição de formação argilosa 2:1 está em consonância com o ciclo sedimentar de um canal entrelaçado ativo e que deixou na paisagem momentos pretéritos associados à episódios de cheia e formação de planícies de inundação com acúmulo de material argiloso.

Outra característica desses depósitos é a ausência de formação de mantos nas encostas, o que impossibilita o que seria o retrabalhamento desses materiais no eixo de drenagem. Uma vez, sem formação de solos mais maduros quimicamente, vemos como consequência a escassez de material

síltico-argiloso ao longo da drenagem. O Material argiloso encontrado em concentrações mais elevadas para a área do Carnaúba, foi discutido por Mützenberg (2007) ao verificar a presença de caulinita em colúvios na média encosta do sítio Arqueológico Pedra do Alexandre, isso com cronologia dos depósitos associados ao último interestadial. Assim, temos uma área semiárida, com remoção de materiais quimicamente inalterados, minerais primários dentro da composição dos materiais que estruturam os depósitos fluviais do rio Carnaúba.

Nessa perspectiva, os índices geoquímicos aplicados para a Bacia do Carnaúba corroboram o cenário de sedimentos quimicamente pouco maduros, além de refletirem o seu contexto de composição - minerais primários e argilas do tipo esmectita - dos materiais que compõe os depósitos fluviais do rio e sua paisagem circundante.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos para a área do Complexo Coreia (Morro do Chapéu, BA) permitem propor modelos evolutivos que consideram tanto a influência climática quanto as características geomorfológicas e sedimentológicas locais. A análise dos índices geoquímicos revelou uma trajetória evolutiva complexa, marcada por fases de alteração química intensa, deposição de sedimentos quimicamente maduros, e posterior estabilização pedogenética. Além disso, o relevo elevado e suavemente inclinado da região mostrou-se um fator determinante na retenção de umidade e no desenvolvimento de mantos de alteração mais profundos, mesmo em condições climáticas semiáridas predominantes.

A distinção entre os conceitos de lateritas e ferricretes, conforme definido por Widdowson (2007), foi fundamental para compreender os processos sedimentares e pedogenéticos. Os dados sugerem que as lateritas na base dos perfis podem estar relacionadas tanto a períodos de maior umidade quanto a condições semiáridas com influência local de relevo e altitude. Já a formação de ferricretes reflete um contexto climático mais seco, alinhado às condições atuais, com fases de ressecamento e umedecimento dos perfis de alteração.

A discussão também sugere a coexistência de dois modelos evolutivos distintos para o Planalto de Morro do Chapéu: um autóctone, com formação in situ de lateritas, e outro alóctone,

envolvendo transporte e deposição de materiais previamente formados. Ambos os modelos refletem a complexidade da evolução geomorfológica e sedimentar da região, sendo possíveis cenários complementares.

Do ponto de vista sedimentológico, os depósitos do rio Carnaúba corroboram o cenário de um regime semiárido, evidenciado pela baixa maturidade química dos materiais e pela predominância de minerais primários e argilas expansivas associadas ao extravasamento do canal principal. Essas características indicam uma dinâmica sedimentar influenciada por eventos sazonais, com pulsos de alta energia associados às chuvas de verão-outono, esta dinâmica está integrada aos depósitos de ciclo sedimentar entrelaçado em regime semiárido, corroborando com as fácies elencadas por Miall (1985; 2006) e por trabalhos no semiárido nordestino como o de Mützenber (2007), Tavares et al (2025), Andrade (2025) e Brandão e Tavares (2020).

Por fim, a integração de dados geoquímicos, geomorfológicos e sedimentológicos reforça a importância de considerar múltiplos fatores no estudo da evolução de paisagens em regiões semiáridas. Essa abordagem multidisciplinar oferece subsídios valiosos para a compreensão dos processos geológicos pretéritos e atuais, contribuindo para o avanço do conhecimento sobre a dinâmica de ambientes tropicais em condições semiáridas hodiernas e pretéritas.

Assim, considerando que ambas as áreas onde a Geoquímica foi aplicada são ricas em vestígios arqueológicos, reforça-se a proposta do uso dessa metodologia para a compreensão de contextos associados às ocupações humanas de longa duração. Isso porque o conhecimento ambiental, aliado à construção de modelos formativos da paisagem e à reconstrução de sua dinâmica climática pretérita, é fundamental para subsidiar a elaboração de possíveis modelos de ocupação humana para os contextos estudados e outros possíveis.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado por uma bolsa PIBIC (nº 230719655) do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para a A.C.L.P.C. Os procedimentos de coleta e organização das amostras foram realizados no Laboratório de Geoarqueologia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), tendo como apoio o Grupo de Estudos em Arqueologia, Geociências

e Tecnologias (GEAGT) associado ao laboratório. As análises de geoquímica, mais especificamente a Fluorescência de Raio X, foram realizadas com o apoio do Grupo de Estudos do Quaternário do Nordeste Brasileiro (GEGUA), do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, B. A. B. **Dinâmica Fluvial Semiárida E Ambientes De Ocupação Na Área Arqueológica Do Seridó: Um Estudo De Caso No Baixo Curso Da Bacia Do Rio Carnaúba - RN.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arqueologia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2025.

ARAÚJO, T. G. M. de. **Caracterização arqueológica e ambiental da Chapada Diamantina Norte: Morro do Chapéu, Bahia. 2025.** Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arqueologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2025.

ARAÚJO, T. G. M. de; CARDOUZO, A. C. L. P.; TAVARES, B. A. C. Morfogênese e pedogênese das coberturas superficiais dos setores elevados de Morro de Chapéu - Bahia. **Contexto Geográfico**, Universidade Federal de Alagoas. (Manuscrito em preparação).

AUGUSTIN, C. H. R. R. et al. Lateritas: um conceito ainda em construção. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 3, jul./set., p. 241-257, 2013.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais.** 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, v. 2, 2008.

BRADLEY, R. S. **Paleoclimatology: reconstructing climates of the Quaternary.** Elsevier Academic Press, Third edition. 677p, 2015.

BRANDÃO, G. K. E.; TAVARES, B. A. C. Análise paleoambiental do contexto fluvial do Vale do Rio Carnaúba: navegabilidade pretérita associada às imagens de pirogas presentes no contexto arqueológico da área arqueológica do Seridó, Carnaúba dos Dantas – RN. **Revista Noctua**, v. 2, p. 83–105, 2020. DOI: 10.26892/noctua.v2i5p83-105.

BUTT, C. R. M.; LINTERN, M. J.; ANAND, R. R. Evolutions of regoliths and landscapes in deeply weathered terrain – implications of geochemical exploration. **Ore Geology Reviews**, v. 16, p. 167-183, 2000.

BUTZER, K. **Archaeology as human ecology.** Cambridge University Press. 1982, 380p.

CARDOUZO, A. C. L. P.; TAVARES, B. A. C. **Coberturas superficiais no contexto arqueológico de Morro do Chapéu - BA: uma análise geoquímica.** In: REUNIÃO DA SOCIEDADE DE

ARQUEOLOGIA BRASILEIRA – REGIONAL NORDESTE, 8., 2024, Delmiro Gouveia. Livro de Resumos - *SAB NE 2024*. Delmiro Gouveia: SAB, 2024. v. 1.

CARVALHO, I. T.. **Geomorfologia da paisagem através da quimioestratigrafia dos depósitos de encosta e fluviais do maciço da Serra Negra e áreas circunvizinhas, Sergipe**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade Federal de Sergipe, Itabaiana, 2022. 112 p.

CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; LIRA, D. R.; MUTZENBERG, D. S.; CAVALCANTI, L. C. S. The semi-arid domain of the Northeast of Brazil. In: VETTORAZZI, C. A.; ROSA, R. (org.). **The physical geography of Brazil**. Cham: Springer International Publishing, 2019. p. 119-150.

CRUZ, L. O. M. **Assinatura geoquímica de unidades coluviais da bacia do Córrego do Rio Grande, Depressão de Gouveia/MG**. 2006. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

DE SOUZA, J. J. L. L. et al. Archaeanthrosol formation in the Brazilian semiarid. **CATENA**, v. 193, p. 104603, 22 abr. 2020.

ETCHEVARNE, C. A.; FERNANDES, L.; BEZERRA, A. Cronologia e contextos arqueológicos nos sítios de arte rupestre na Vila de Ventura, Morro do Chapéu, Bahia. **PetrArt**, v. 1, n. 1, p. 54–74, 2015.

FONSÊCA, D. N. et al. Climatically driven quaternary sedimentation in a passive margin tropical context: insights into the geomorphological evolution in Northeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 461, 2024.

FONSÊCA, D.N., CORRÊA, A.C.B., LIRA, D.R., TAVARES, B.A.C. Chemical, physical and mineralogical attributes as markers in the identification of depositional events in the Eastern Northeast of Brazil. **Journal of South American Earth Science**. 104:1-14, 2020

FONSÊCA, D. N. **Evolução geomorfológica e sedimentação quaternária no setor oriental do Piemonte da Borborema**. 2018. 195 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

GAMBLE, C. **Arqueología básica**. Traducción de Margarita Cavándoli. Barcelona: Crítica, 2003.

GOLDBERG, P.; MACPHAIL, R. I. **Practical and theoretical geoarchaeology**. Oxford: Blackwell Science, 2006. 452 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades e Estados: Morro do Chapéu - BA**. Rio de Janeiro: IBGE, [s.d.]. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/morro-do-chapeu.html>. Acesso em: 10 jun. 2025.

KARKANAS, P.; GOLDBERG, P. **Reconstructing archaeological sites: understanding the geoarchaeological matrix**. 1. ed. Hoboken: Wiley, 2019.

LIRA, D. R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do riacho do Pontal e GI-8 no sub-médio São Francisco/PE.** 2014. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014. 234 p.

LOPES, M. Um pouco da história da geoquímica. **Jornal Momento Químico**, [S. l.], 10 out. 2021. Disponível em: <https://jornalmomentoquimico.wordpress.com/2021/10/10/um-pouco-da-historia-da-geoquimica/>. Acesso em: 3 jun. 2025.

LOWE, J. J.; WALKER, M. **Reconstructing quaternary environments.** 3. ed. Abingdon: Routledge, 2015.

MIALL, A. D. The geology of fluvial deposits: Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology (4ª ed. corrigida). **Springer**, 2006.

MIRLEAN, N.; TELLES, R. M.; DUARTE, G. M. O que é geoquímica de paisagem? **Geosul**, Florianópolis, v. 21, n. 41, p. 107–126, jan./jun. 2006. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13170>. Acesso em: 3 jun. 2025.

MÜTZENBERG, D. S. (2007). **Gênese e Ocupação Pré-Histórica do Sítio Arqueológico Pedra do Alexandre: Uma Abordagem a partir da Caracterização Paleoambiental do Vale do Rio Carnaúba-RN.** [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFPE.

NASH, D. J.; McLAREN, S. J. Introduction: Geochemical sediments in landscapes. In: NASH, D. J.; McLAREN, S. J. (Ed.). **Geochemical sediments and landscapes.** Australia: Blackwell Publishing Ltd, 2007. p. 1-10.

NESBITT, H. W.; YOUNG, G. M. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. **Nature**, v. 299, p. 715-717, 1982.

RAPP, G.; HILL, C. L. **Geoarchaeology: The Earth-science approach to archaeological interpretation.** New Haven: Yale University Press, 2006. 339 p.

RENFREW, C.; BAHN, P. **Archaeology: theories, methods, and practice.** 7. ed. London: Thames & Hudson, 2016.

ROCHA, A. J. D. **Geoparque Morro do Chapéu, Bahia (Proposta).** Salvador: CBPM, 2013. 64 p.

SANTOS, J. D. C. **Evolução geomorfológica da paisagem da bacia hidrográfica do Riacho do Meio, afluente do rio Ipanema, Pesqueira-PE.** 2024. 132 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2024.

SCHELLENBERGER, A. VEIT, H. . Pedostratigraphy and pedological and geochemical characterization of Las Carreras loess–paleosol sequence, Valle de Tafí, NW-Argentina, **Quaternary Science Reviews**, Volume 25, Issues 7–8, 2006, Pages 811-831.

SOUZA, J. A.; SILVA, M. B.; OLIVEIRA, P. C. **Clima e recursos hídricos no semiárido brasileiro**. Fortaleza: FUNCEME, 2013.

TAVARES, B. A. C. **Evolução morfotectônica dos pedimentos embutidos no Planalto da Borborema**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. 251 f.

TAVARES, K. C. O. **Relações quimioestratigráficas entre os sedimentos quaternários do maciço Serra da Baixa Verde e seu significado geomorfológico**. 2020. 142 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020.

TAVARES, B.A.C; DA SILVA, W. F.; DE MELO, J. H. S.; DE OLIVEIRA, G. P.; DE LIRA, D. R.; DE BARROS CORRÊA, A. C.; DA SILVA MÜTZENBERG, D.; DE ARAÚJO, R. O.; GIRÃO, O. Structural controls and dysconnectivity in a semi-arid watershed: A case study from northeastern Brazil. **Geographical Research**, 2025.

TAYLOR, G. R.; EGGLETON, R. A. **Regolith geology and geomorphology**. Chinchester: John Wiley, 2001.

VAN HAVRE, G. **Interações: análise da complexidade no registro rupestre do Vale do Ventura, Morro do Chapéu, Bahia**. 2015. 329 f. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

YANG, S. Y. et al. A review on the provenance discrimination of sediments in the Yellow Sea. **Earth-Science Reviews**, v. 63, n. 1-2, p. 93-120, 2003.

WIDDOWSON, M. Laterites and ferricretes. In: NASH, D. J.; McLAREN, S. J. (Ed.). **Geochemical sediments and landscapes**. Australia: Blackwell Publishing Ltd, 2007. p. 46-95.