

Análise da variabilidade química de solo via MEV/EDS em sítios arqueológicos

RESUMO

Lauren Waiss da Rosa

Universidade do Vale do Taquari (Univates), Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil

lwrosa@univates.br

Neli Teresinha Galarce Machado

Universidade do Vale do Taquari (Univates), Lajeado, Rio Grande do Sul, Brasil

ngalarce@univates.br

Jairo Henrique Rogge

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos), São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil

rogge@unisinos.br

Este artigo analisa as dinâmicas de ocupação de um sítio arqueológico a partir da integração entre dados geoquímicos e contextuais, tendo como estudo de caso o sítio RS-T-126, localizado no município de Itapuca, no Vale do Taquari (RS). Inserido no contexto dos grupos Jê Meridionais e datado entre 890 e 1410 d.C., o sítio foi investigado por meio de análises químicas de solos e materiais cerâmicos utilizando espectroscopia de energia dispersiva (EDS) acoplada ao microscópio eletrônico de varredura (MEV). Os resultados evidenciam uma distribuição não aleatória de elementos químicos, permitindo identificar áreas funcionalmente distintas, como zonas de combustão, preparo alimentar e descarte, além de indicar uso intensivo e reiterado de determinados setores. A composição predominantemente silicatada das cerâmicas, associada à variabilidade nas concentrações de alumínio, ferro e titânio, sugere seleção diferenciada de matérias-primas e relativa estabilidade nas práticas tecnológicas. Os dados apontam para uma ocupação prolongada e multifásica, com organização espacial estruturada e variação funcional interna. A integração entre geoquímica e contexto arqueológico demonstra o potencial das abordagens arqueométricas para ampliar a resolução interpretativa dos sítios, contribuindo para a revisão de modelos homogêneos de assentamento Jê Meridional e para o entendimento das relações entre tecnologia, ambiente e práticas sociais no passado.

PALAVRAS-CHAVE: Sítios Arqueológicos. Análise Química. Indígenas.

INTRODUÇÃO

Durante décadas, a arqueologia brasileira baseou-se majoritariamente na observação macroscópica das unidades arqueológicas e da cultura material. Com o avanço das abordagens processual e pós-processual, esse modelo começou a ser substituído por uma perspectiva mais interdisciplinar, incorporando aportes da geoarqueologia, arqueometria, arqueologia da paisagem, bioarqueologia, entre outras. A partir dos anos 1990, essas transformações metodológicas passaram a integrar os manuais de arqueologia no Brasil, refletindo a influência da análise holística proposta por Boado (1999) e o reconhecimento da complexidade dos contextos arqueológicos.

Essa abertura ao diálogo interdisciplinar ampliou o escopo das investigações arqueológicas, permitindo abordagens abrangentes sobre os sítios e seus múltiplos componentes. Já nos anos 1980, arqueólogos recorriam às ciências da terra para interpretar alterações estratigráficas e delimitar episódios de ocupação por meio da análise de carvão vegetal em contexto arqueológico (Hollyday, 1992; Binford, 1979; Butzer, 1982). No entanto, persistiram desafios práticos na aplicação dessas novas teorias durante as escavações e análises artefatuais. Araújo (1999) argumenta que métodos como os da geoarqueologia devem ser incorporados sistematicamente às intervenções, pois favorecem o amadurecimento científico da disciplina.

Este artigo apresenta resultados parciais de uma investigação cujos dados arqueométricos e contextuais seguem em fase de ampliação. Embora os dados obtidos até o momento permitam avançar em interpretações sobre o uso do espaço e a funcionalidade das estruturas subterrâneas no sítio RS-T-126, especialmente no que se refere à presença de áreas destinadas ao fogo e ao processamento de alimentos, reconhece-se a limitação do corpus analítico, sobretudo no tocante à variabilidade da cerâmica e à baixa representatividade de amostras. As análises aqui propostas não pretendem esgotar os debates, mas sim contribuir para a construção gradual de interpretações sobre a ocupação Jê Meridional na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, apontando caminhos possíveis a partir dos indícios químicos, morfológicos e contextuais já identificados.

A incorporação de técnicas arqueométricas, como a espectroscopia de energia dispersiva (EDS) acoplada ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), insere este estudo no campo das discussões em ciência, tecnologia e sociedade ao evidenciar que os dados arqueológicos não são simplesmente “revelados”, mas produzidos por meio de mediações técnico-instrumentais específicas. Nessa perspectiva, a análise química do solo e das cerâmicas constitui uma prática de tradução, na qual materiais arqueológicos são convertidos em sinais, espectros e quantificações que passam a operar como evidências científicas. Assim, as interpretações sobre o sítio RS-T-126 não derivam apenas do registro empírico, mas de um arranjo sociotécnico que envolve instrumentos, protocolos laboratoriais e escolhas analíticas, os quais condicionam o que pode ser observado, medido e interpretado.

Nesse sentido, a variabilidade química identificada nas amostras é compreendida como um ponto de articulação entre práticas tecnológicas passadas e práticas científicas contemporâneas. As escolhas técnicas dos grupos Jê, como seleção de matérias-primas, controle de queima e uso do espaço, tornam-se inteligíveis apenas através de tecnologias analíticas modernas, evidenciando uma

relação de coprodução entre conhecimento arqueológico e aparato tecnológico. Dessa forma, a tecnologia é aqui tratada não como suporte neutro, mas como elemento constitutivo da própria construção do conhecimento sobre as dinâmicas sociais pretéritas, articulando dimensões materiais, epistemológicas e sociais em consonância com o escopo da revista.

No estudo do sítio RS-T-126, recorreu-se às contribuições da geoarqueologia e da arqueologia da paisagem. Juntas, essas áreas permitem a análise em múltiplas escalas, do micro ao macro, apresentando processos de formação, perturbação, deposição e outras interferências naturais e antrópicas (Kern et al., 2007). Com base em Butzer (1982) e Angelucci (2003), entende-se que a paisagem é moldada historicamente pela ação humana enquanto agente geomorfológico.

Holliday (1992) reforça o potencial das análises químicas do solo para preencher lacunas interpretativas e compreender padrões de assentamento. Angelicci (2003) propõe uma divisão do trabalho geoarqueológico em três escalas analíticas: a macroescala (análise de contexto regional e padrões de ocupação), a mesoescala (topografia e geomorfologia local) e a microescala (observação de unidades em detalhe). Tais abordagens favorecem a análise espacial e estratigráfica em níveis ultra e microscópicos.

Nas últimas décadas, e de forma mais acentuada a partir dos anos 2020, a arqueologia tem consolidado um campo fortemente orientado por abordagens arqueométricas, nas quais técnicas analíticas de alta resolução está sendo usadas na produção e interpretação dos dados. Métodos como a espectroscopia de energia dispersiva (EDS), a fluorescência de raios X (XRF) e outras técnicas composicionais vêm sendo amplamente empregados para investigar proveniência de matérias-primas, cadeias operatórias e organização espacial de atividades, ampliando a capacidade inferencial da disciplina (Pollard et al., 2023; Glascock et al., 2007; Shackley, 2011). No contexto brasileiro, estudos recentes têm reforçado o papel da geoquímica aplicada à arqueologia como ferramenta para compreender a formação de sítios e a variabilidade dos contextos antrópicos, com destaque para investigações sobre solos arqueológicos e suas assinaturas químicas (Kern, 2009; Rebellato, 2010).

No campo específico da geoarqueologia, estudos recentes têm enfatizado o potencial da geoquímica de solos como ferramenta para identificar áreas de atividade, padrões de descarte e processos de formação de sítios, destacando a importância da análise multi-elementar e da variabilidade intra-sítio (Janovský, 2021; Wilson et al., 2005). No Brasil, esse debate tem sido particularmente impulsionado por pesquisas em contextos amazônicos, que evidenciam a complexidade dos solos antrópicos e sua relação direta com práticas sociais pretéritas, reforçando o potencial interpretativo dessas abordagens (Kern et al., 2020; Rebellato, 2010). Essas contribuições reforçam a necessidade de compreender os contextos arqueológicos como sistemas complexos, nos quais processos naturais e antrópicos se entrelaçam e deixam assinaturas químicas diferenciadas. Ao mesmo tempo, autores recentes têm problematizado o papel das tecnologias analíticas na construção do conhecimento arqueológico, evidenciando que os dados produzidos por esses métodos dependem de escolhas metodológicas e enquadramentos teóricos específicos. A integração entre análises químicas e interpretação arqueológica amplia o escopo empírico das pesquisas e reposiciona a arqueologia no debate contemporâneo sobre ciência, tecnologia e

sociedade, ao evidenciar a dimensão sociotécnica da produção do conhecimento científico.

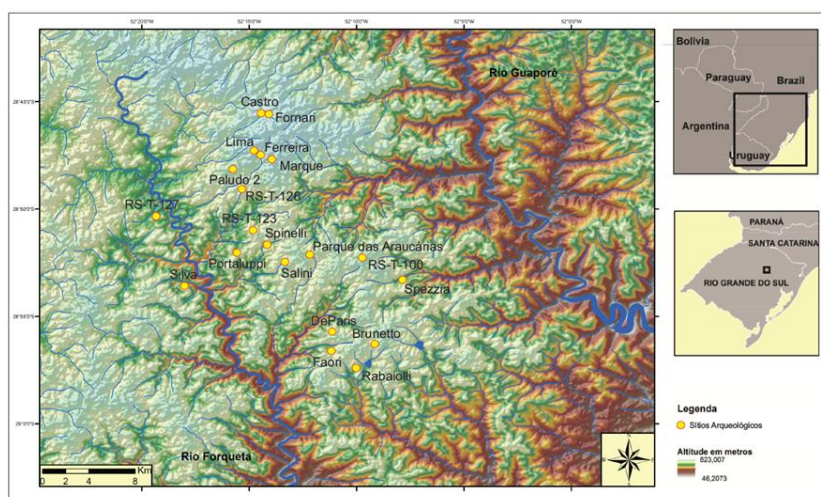
A utilização de técnicas arqueométricas, como a microscopia eletrônica de varredura associada à espectroscopia por dispersão de energia (MEV/EDS), amplia as possibilidades analíticas da pesquisa arqueológica ao envolver escolhas metodológicas, produção de evidências e processos de validação científica que impactam diretamente a interpretação do patrimônio arqueológico e sua inserção social. Nessa perspectiva, ciência e tecnologia configuram-se como práticas socialmente situadas, articuladas às formas de produção do conhecimento sobre o passado e à preservação patrimonial. Conforme apontam os estudos em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), as tecnologias científicas devem ser compreendidas em suas relações com os contextos culturais, sociais e institucionais de produção do conhecimento (Feenberg, 2010).

A análise química do solo por MEV/EDS ultrapassa a dimensão exclusivamente laboratorial e contribui para discussões sobre preservação patrimonial, construção de narrativas arqueológicas e democratização do conhecimento científico acerca dos sítios arqueológicos investigados.

METODOLOGIA

Nesta pesquisa, busca-se compreender a dinâmica de ocupação do sítio a partir da assinatura química do solo. Através dela, é possível identificar áreas de atividade, refugio, manipulação de terra e ocupações humanas sucessivas. Ao mapear os elementos químicos presentes, a análise geoarqueológica permite reconstruir aspectos do modo de vida e da apropriação do ambiente pelas populações Jê Meridionais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari (Figura 1).

Figura 1: Sítios associados à ocupação Jê Meridional na segunda e terceira microrregiões da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta.



Fonte: Os autores, adaptado a partir de Wolf (2016).

A primeira separação entre os falantes do tronco linguístico Jê ocorreu há cerca de 3.000 anos, quando parte da família migrou do Centro-Oeste para o Sul do Brasil (Urban, 1992; Wiesemann, 1978). Essa diáspora inicial gerou dois grupos distintos, que mais tarde dariam origem a línguas diferentes. O primeiro grupo estabeleceu-se no centro e leste de Santa Catarina e deu origem à língua Xokleng. As evidências arqueológicas indicam que os Xokleng são os representantes mais antigos do tronco Jê no Sul do país (Araújo, 2007; Schmitz & Rogge, 2013).

O segundo grupo deslocou-se para o planalto do Rio Grande do Sul, norte do Paraná e sul de São Paulo, dando origem à língua Kaingang. Segundo Araújo (2007), o movimento para São Paulo e Paraná decorre de um refluxo dos Kaingang a partir do Sul, o que explica a formação mais recente de seus marcadores linguísticos e étnicos. Schmitz & Rogge (2013) apontam que as territorialidades Jê Meridionais ultrapassaram barreiras geográficas, com registros que se estendem do Rio Uruguai ao Paranapanema e até a região de Misiones, na Argentina (Saldanha, 2005; Souza, 2009; Farias & Schmitz, 2013).

As diásporas resultaram em um conjunto de novas línguas. Jolkesky (2010) demonstra que é possível reconstruir a fonologia e o léxico do Proto-Jê Meridional com base em cinco línguas: Kaingang paulista, Ingain, Kimdá, Xokleng e Kaingang. O autor argumenta que essa diversificação ocorreu em momento posterior ao sugerido por Wiesemann (1978), ou seja, após os 3.000 anos inicialmente propostos.

Do ponto de vista ambiental, o deslocamento dos grupos Jê significou a saída do cerrado, um ambiente tropical em processo de degradação, rumo a regiões de clima subtropical, com predominância de *Araucaria angustifolia* sobre campos abertos (Schmitz & Novasco, 2013; Schmitz & Rogge, 2013). Urban (1992) observa que esses migrantes buscaram áreas de planalto semelhantes ao habitat de origem, o que demonstra ser uma estratégia adaptativa.

A escolha dos locais de assentamento também obedeceu a critérios cosmológicos. Com base em Seeger e Castro, Laroque (2000) acentua que, para os Jê, fatores espirituais influenciavam a escolha territorial, incluindo a presença de pinhão, fruto da *Araucária*, como elemento simbólico e funcional. Além de alimento energético (rico em carboidratos e proteínas), o pinhão tem papel central em rituais como o kikikoi, onde é preparado e consumido em forma de farinha (Crestani, 2012).

Os Jê deixaram marcas materiais significativas na paisagem. Segundo Beber (2004), sua ocupação territorial pode ser identificada em quatro tipos principais de sítios: com movimentação de terra, superficiais, com petroglifos e em afloramentos rochosos. A abundância de *Araucária* favoreceu a fixação desses grupos no planalto sul-brasileiro. No litoral, as ocupações assumiram formas e durações diversas, apresentando estabilidade e permanência prolongadas.

A análise cerâmica tem sido central para identificar e diferenciar os grupos que ocuparam o Planalto de Santa Catarina, o planalto gaúcho e a planície costeira catarinense. Schmitz et al. (2013) escreveram sobre variações significativas na adoção e no tipo de cerâmica entre os grupos:

No planalto das Araucárias, em Santa Catarina, conhecemos um grupo que, durante alguns séculos, desconhecerá a cerâmica e quando a adotar é da

subtradição Itararé; está bem representado pelo sítio do Rincão. No Rio Grande do Sul, na borda meridional desse planalto, existe outro grupo, que nas mesmas datas iniciais é ceramista da subtradição Taquara; está bem representado por sítios de Caxias do Sul e São Francisco de Paula. Podemos destacar ao menos um terceiro grupo, na planície costeira de Santa Catarina, que também desconhece a cerâmica e quando a adotar é da subtradição Itararé; está representado no cemitério de Içara (Schmitz et al., 2013, p. 97).

Autores como Araújo (2007) e Reis (2002) argumentam que a variabilidade cerâmica observada entre os Jê ultrapassa os limites conceituais impostos pelas categorias Itararé-Taquara. Isso sugere que as classificações tradicionais precisam ser revistas à luz da diversidade tecnológica e cultural que esses grupos apresentaram.

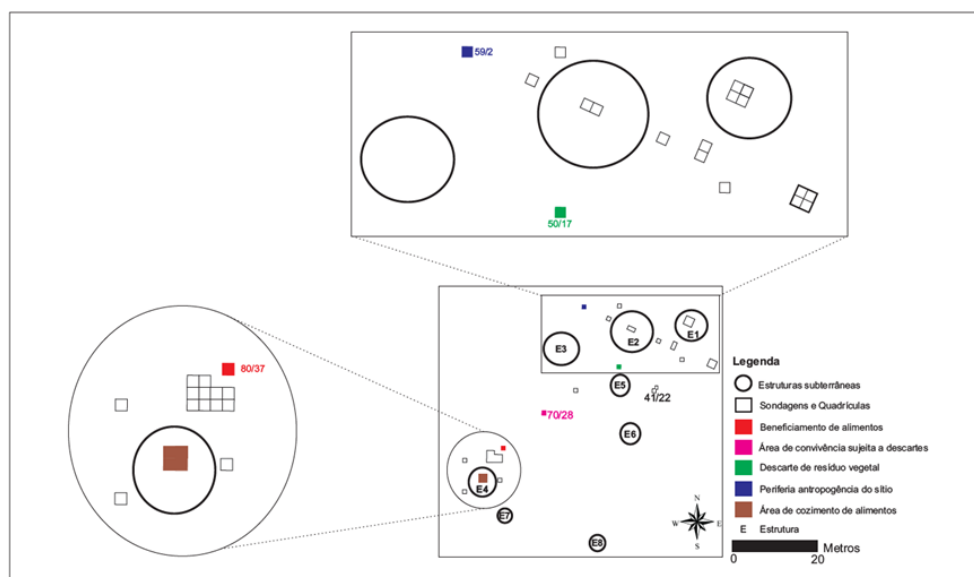
As microrregiões arqueológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta e o sítio RS-T-126

O sítio RS-T-126 está localizado no município de Itapuca, região centro-leste do Rio Grande do Sul, inserido no Vale do Taquari. Esta região compreende 36 municípios distribuídos entre duas unidades geomorfológicas principais: a Depressão Central Gaúcha e o Planalto das Araucárias. No entanto, o sítio está situado entre o Planalto dos Campos Gerais e a Escarpa da Serra Geral, com predomínio das formações geológicas das Fácies Caxias e Gramado.

Com base no estudo temos cinco datas obtidas por radiocarbono para diferentes contextos do sítio RS-T-126 (Figura 02), indicando uma ocupação prolongada e com possíveis reocupações. As datações obtidas para o sítio RS-T-126 indicam uma ocupação contínua ou recorrente ao longo de, pelo menos, cinco séculos. A mais antiga data calibrada provém da quadrícula 32/06 associada à estrutura 02, com intervalo entre 890 e 1015 AD. Na sequência, a quadrícula 41/22 indica uma ocupação entre 1020 e 1155 AD, e a estrutura 03 apresenta intervalo semelhante, entre 1030 e 1185 AD.

Essas três primeiras evidências cronológicas situam-se entre os séculos IX e XII, caracterizando o que pode ser compreendido como uma fase inicial de uso do espaço. Já as duas últimas datações, ambas provenientes da estrutura 04, marcam um uso mais recente: entre 1210 e 1280 AD para uma coleta a 0,92 m de profundidade, e entre 1315 e 1410 AD para uma coleta a 0,61 m. Essa sobreposição cronológica vertical dentro da estrutura 04 sugere, além de longa duração de uso, possíveis reformulações ou reocupações do espaço doméstico. Em síntese, os dados indicam que o sítio esteve em uso do final do século IX ao início do século XV, apontando para uma trajetória de longa duração, com possíveis variações funcionais e estruturais ao longo do tempo.

Figura 2: Mapa do rastreamento químico do sítio arqueológico RS-T-126.



Fonte: Rosa (2017).

A análise das datações radiocarbônicas obtidas para os sítios RS-T-123 e RS-T-130, situados na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, evidencia uma concentração cronológica entre os séculos X e XIII, com intervalo calibrado entre 991 AD e 1279 AD. O conjunto de cinco amostras apresenta idades convencionais entre 1140 ± 30 e 840 ± 30 AP, com datas calibradas que cobrem um intervalo de aproximadamente 288 anos. O valor médio calibrado das datas situa-se em torno de 1125 AD, indicando um pico de ocupação no século XII. A menor data calibrada é AD 991 (estrutura subterrânea 01, RS-T-123) e a mais recente é AD 1279 (estrutura de combustão, RS-T-130), sugerindo uma continuidade ou reocupações intermitentes ao longo de quase três séculos (Wolf, 2016; Rosa, 2017).

A dispersão das datas não é elevada, com desvio padrão estimado de cerca de 90 anos, o que aponta para uma relativa estabilidade cronológica dentro dos parâmetros de ocupação Jê na região. A sobreposição parcial dos intervalos calibrados entre diferentes estruturas e sondagens reforça a hipótese de ocupações contemporâneas ou sucessivas em áreas próximas, com manutenção ou reformulação de usos do espaço ao longo do tempo.

O mapeamento geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta foi realizado por Kreutz (2008) e Wolf (2012), com base na metodologia de Ab'Sáber (1969), que envolve a compartimentação topográfica, análise da estrutura superficial e interpretação fisiográfica da paisagem. Segundo Wolf (2012), a Bacia do Rio Forqueta pode ser dividida em três microrregiões arqueológicas. O sítio RS-T-126 está inserido na terceira.

A primeira microrregião, ao sul do Rio Forqueta, é caracterizada por planícies de inundação, com presença marcante de ocupações indígenas Guarani. Já foram identificados 31 pontos associados a essa ocupação, com evidências materiais da tradição Tupiguarani. Os solos da região, classificados como Chernossolos Háplicos, são altamente férteis, especialmente nas margens das planícies (Streck et al., 2008).

A segunda microrregião, desprovida de planícies de inundação, é marcada por vestígios atribuídos aos Jê Meridionais. Foram identificados 35 pontos com estruturas subterrâneas (como galerias), materiais líticos em basalto e calcedônia, e artefatos que variam entre polidos, brutos, unifaciais e bifaciais, com evidências de debitage (Devitte, 2014; Wolf, 2012; Rosa, 2017). Fragmentos cerâmicos ocorrem em menor quantidade e estão, em sua maioria, em processo de degradação. Geomorfologicamente, a região corresponde à escarpa do Planalto das Araucárias, com relevo de platôs fortemente ondulados. Os solos predominantes são latossolos argilosos de baixa fertilidade, derivados de derrames basálticos (Kämpf & Streck, 2010).

A terceira microrregião, onde se insere o RS-T-126, apresenta três pontos com evidências arqueológicas. Foram identificadas estruturas subterrâneas isoladas e em agrupamentos superiores a sete unidades. O relevo local é predominantemente plano a levemente ondulado, com colinas isoladas, vales de fundo chato e superfícies de aplainamento, algumas desnudas, outras retocadas ou degradadas (Justus, Machado & Franco, 1986; Wolf, 2012).

Quanto aos solos, predominam os Neossolos Regolíticos Distroúmbricos (típicos ou lépticos) e Argissolos Vermelhos ou Amarelos (Kämpf & Streck, 2010). Os Neossolos variam de rasos a profundos, com perfis compostos pelas sequências AR, A-C, A-C-R, A-Cr-R, O-R ou H-C, podendo eventualmente apresentar horizonte B.

Sendo assim, os solos predominantes na área do sítio RS-T-126 são os Neossolos Regolíticos Distroúmbricos, tanto nas formas típicas quanto lépticas, e os Argissolos Vermelhos ou Amarelos. Os Neossolos são solos jovens, pouco desenvolvidos, geralmente originados do intemperismo de rochas, com variação de profundidade e perfis simples, como AR (rocha coberta por material orgânico), A-C (horizonte superficial e substrato), ou combinações mais complexas como A-C-R e A-Cr-R. Em alguns casos, podem apresentar o horizonte B, indicando início de processos de formação mais avançados. Já os Argissolos apresentam horizonte B textural, com acúmulo de argila em profundidade, o que influencia sua drenagem e fertilidade. Essa variabilidade pedológica reflete diretamente nas possibilidades de uso do solo e na preservação dos vestígios arqueológicos, além de oferecer pistas sobre práticas de ocupação e manejo do ambiente pelas populações pré-coloniais.

O sítio arqueológico RS-T-126 localiza-se entre os municípios de Arvorezinha e Itapuã, às margens da rodovia RS-332, inserido no compartimento geomorfológico das superfícies aplainadas da Bacia do Rio Forqueta, com coordenadas UTM 22J - 377.529 L, 6.811.891 N. A área encontra-se atualmente sob uso agrícola intensivo, voltado ao cultivo de soja, o que exerce pressão direta sobre a conservação das camadas arqueológicas. Geomorfologicamente, o sítio está posicionado em uma feição de topo suave, associada a colinas de vertentes convexas e drenagem de baixa energia, com vales de fundo plano e solos predominantemente Neossolos Regolíticos e Argissolos. Esse posicionamento em topo de elevação está relacionado ao agrupamento principal de 11 estruturas subterrâneas, com diâmetros variando entre 3 e 13 metros, o que sugere possível organização espacial voltada à drenagem natural e aproveitamento de áreas mais estáveis para habitação ou armazenamento. O segundo agrupamento, com duas estruturas entre 5 e 6,5 metros, situa-se em posição levemente inferior, indicando possível expansão da ocupação ou uso complementar da paisagem. A morfologia

das estruturas e sua localização indicam conhecimento empírico das condições edáficas e topográficas, o que reforça hipóteses de planejamento e adaptação ambiental por parte dos grupos Jê Meridionais.

Durante as escavações realizadas em 2014 e 2016, foram identificados lascas e núcleos com predominância de basalto, além de artefatos em calcedônia e quartzo (Devitte, 2014; Fiegenbaum, 2021). Os fragmentos cerâmicos seguem o padrão tecnotipológico da Tradição Taquara-Itararé: peças pequenas, bordas extrovertidas, paredes finas e contornos simples. Quando preservadas, as decorações variam entre ponteados, incisões e impressões.

Durante as intervenções, foram definidos 14 pontos de coleta de sedimento, distribuídos em áreas próximas e distantes das estruturas subterrâneas, com o objetivo de comparação. As sondagens tinham dimensões de 1x1 metro e profundidade máxima de 70 cm, dependendo do perfil estratigráfico. A camada de ocupação é visível entre 20 e 40 cm de profundidade na superfície e, nas estruturas subterrâneas, após a remoção de uma camada de saprolito. A retirada do sedimento foi realizada com espátulas de polipropileno, material estéril e quimicamente inerte.

Para a análise geoquímica, foi utilizado o microscópio eletrônico de varredura com espectroscopia de dispersão de energia (MEV/EDS). O método consiste na emissão de um feixe de elétrons sobre a amostra, gerando radiação característica (fótons e elétrons secundários) que é captada pelos detectores e convertida em sinal, permitindo a identificação dos elementos químicos com base no número atômico.

No laboratório, os sedimentos foram homogeneizados manualmente com mão-de-pilão, secos em estufa sobre placas de Petri e preparados para leitura nos stubs do ITT Fossil (Unisinos, campus São Leopoldo). Foram testados dois protocolos: com e sem metalização (ouro). A metalização, que visa melhorar a interação entre feixe e amostra, é feita com ouro, platina ou liga ouro-paládio, com posterior interação com átomos de argônio em câmara de pressão. No entanto, por conterem elevada matéria orgânica, sedimentos e cerâmicas metalizados prejudicam a leitura no MEV/EDS (Rosa, 2017). Assim, optou-se por análise sem metalização, o que garantiu melhor identificação dos elementos.

As amostras sedimentares foram fixadas em *stubs* próprios e encaminhadas ao microscópio; já as cerâmicas foram posicionadas isoladamente. O processo de mapeamento só se inicia após a criação do vácuo na câmara. Sedimentos atingem esse estado rapidamente, mas as cerâmicas, por sua espessura e porosidade, podem levar até 70 minutos. Após o vácuo, o mapeamento químico é iniciado, sendo o número de espectros (*spectrum*) definido pelo pesquisador. Os dados gerados são exportados para tabelas no Excel (Rosa, 2017).

A análise das porcentagens em massa dos elementos presentes nas amostras cerâmicas do sítio RS-T-126 tem padrões químicos importantes para a compreensão das práticas tecnológicas e ambientais relacionadas à produção cerâmica em contexto Jê (Quadro 01). Os elementos majoritários foram Oxigênio (O) e Carbono (C), com médias de 54,19% e 14,83%, respectivamente, refletindo a natureza silicatada das pastas cerâmicas e indicando certo grau de matéria orgânica residual, possivelmente decorrente de processos de queima incompleta ou contaminação pós-deposicional. O silício (Si) apresentou valores entre 6,79% e 24,01%, com média de 16,01%, sugerindo diferentes proporções de argila

silicatada e possível adição intencional ou acidental de temperos arenosos. A ampla variação pode indicar múltiplas fontes de matéria-prima ou diferentes técnicas de fabricação.

O alumínio (Al) também apresentou uma variação expressiva (3,83% a 11,32%, média de 7,27%), reforçando a hipótese de uso de argilas com diferentes graus de purificação e processamento. O alumínio, correlacionado ao silício, mostra coerência com a matriz argilosa das peças. Já o ferro (Fe), com uma média de 6,91%, teve amostra com valor extremamente alto (15,83%), o que pode indicar contaminação ou uso de argila ferrosa intencionalmente selecionada. O ferro é um bom marcador de processos térmicos e de oxidação, podendo também ser influência de processos pós-deposicionais. O potássio (K), Cálcio (Ca), Titânio (Ti) e Sódio (Na) aparecem em menores proporções, mas são indicativos importantes: K (0,09%–0,603%) e Na (até 1,32%) são voláteis em altas temperaturas e sua presença sugere que as cerâmicas não foram expostas a queimas extremamente altas, o que é compatível com tecnologias cerâmicas indígenas pré-coloniais. Além de Ti (0,32%–1,2%) o qual aparece consistentemente, podendo estar ligado a minerais resistentes na argila ou à presença de ilmenita, servindo como marcador geológico da fonte. Já Ca apresentou grande variação (até 4,63%), o que pode indicar diferentes fontes de matéria-prima ou resíduos de calcinação (ossos ou conchas), sendo essa hipótese reforçada pela presença pontual de fósforo (P) em algumas amostras.

A presença de ouro (Au) e manganês (Mn) em níveis traços é incomum e pode ser atribuída a contaminação ambiental moderna ou interferência instrumental, devendo ser analisada com cautela. De forma geral, os dados não apontaram uma padronização composicional absoluta, mas sim uma matriz química com variação controlada. Isso sugere certo grau de intencionalidade na escolha das matérias-primas, mas também flexibilidade e aproveitamento local de recursos.

A variabilidade química reforça a hipótese de múltiplas ocupações ou diferentes tradições ceramistas coexistindo no sítio, o que pode estar relacionado a cronologias distintas ou à circulação de técnicas e grupos. A ausência de metais pesados de origem agrícola, como apontado anteriormente, também se confirma, reforçando a autenticidade das composições arqueológicas.

Quadro 1: Porcentagem em massa das composições químicas oriundas das cerâmicas pertencentes ao sítio RS-T-126.

	27811a	27872b	27831c	27845d	27826e	27804f	27870g	17-2014
C	27,514%	11,76%	8,713%	16,255%	17,113%	11,868%	12,663%	9,702%
O	56,189%	49,991%	57,68%	57,118%	54,01%	58,906%	53,242%	50,373%
Mg	0,175%	0,25%	0,369%	0,251%	0,166%	0,254%	0,185%	0,248%
Al	3,839%	11,322%	6,41%	4,131%	6,012%	8,052%	9,832%	7,561%
Si	6,79%	17,259%	24,013%	16,298%	15,805%	16,682%	14,272%	15,243%
P	0,514%	0,461%	-	-	0,474%	0,146%	0,624%	-
S	0,04%	0,15%	-	0,09%	-	-	-	0,125%
K	0,09%	0,603%	0,296%	0,197%	0,06%	0,212%	0,48%	0,195%
Ca	0,04%	2,874%	0,17%	0,055%	-	0,1%	4,634%	-
Ti	0,321%	0,674%	0,876%	0,862%	1,203%	0,754%	0,41%	0,941%
Fe	5,09%	7,839%	4,018%	4,8%	5,805%	3,336%	6,549%	15,832%
Na	-	1,32%	0,85%	0,35%	-	0,16%	1,228%	-

Mn	-	0,18%	-	-	0,205%	-	-	0,09%
Au	-	1,93%	-	-	-	-	-	-

Fonte: Rosa (2017).

Assim, a presença de potássio (K) e sódio (Na) em baixas proporções nas amostras cerâmicas (K entre 0,09% e 0,603%; Na até 1,32%) sugere que as peças não foram submetidas a temperaturas extremamente elevadas durante a queima, o que é coerente com as tecnologias cerâmicas de baixa temperatura utilizadas por grupos indígenas pré-coloniais. Esses elementos, sendo voláteis, se perdem facilmente em queimas mais intensas, portanto sua retenção indica técnicas controladas e acessíveis no contexto doméstico, como fornos simples ou fogueiras.

O cálcio (Ca), que apresentou variações expressivas (até 4,63%), pode ter múltiplas origens: desde a composição natural da argila até a incorporação de resíduos de calcinação, como ossos ou conchas queimadas junto à cerâmica ou ao solo. Essa associação é fortalecida pela ocorrência localizada de fósforo (P), elemento comum em restos orgânicos e associado a atividades alimentares, descarte de resíduos e estruturas de armazenamento ou cocção. Já o titânio (Ti), identificado entre 0,32% e 1,2%, está associado à presença de minerais como a ilmenita, frequentemente encontrados em argilas com origem basáltica, e pode funcionar como marcador geológico da fonte de matéria-prima utilizada. A constância desses elementos em diferentes amostras reforça a hipótese de uso sistemático de recursos locais e expõe aspectos da vida cotidiana, como preparo de alimentos, descarte de resíduos e escolha de materiais para produção cerâmica.

Intervenção no sítio RS-T-126: objetivos e escolha das áreas escavadas na planície

Antes das escavações, foram definidos 17 pontos de coleta de sedimentos. Desses, nove situam-se na área externa às estruturas subterrâneas, dois foram inseridos dentro de estruturas subterrâneas, um localiza-se no complexo dois do sítio e quatro posicionam-se fora dos limites do sítio arqueológico.

A seleção dos nove primeiros pontos partiu da redefinição de um ponto 0, tendo como base a quadrícula 89/41, a partir da qual foi traçada uma malha de 60 x 56 metros. O objetivo foi compreender o espaço intersticial entre as estruturas já conhecidas e os seus aterros, investigando áreas possivelmente destinadas à circulação ou uso cotidiano. Os pontos foram inicialmente mapeados com base em um croqui contendo intervenções anteriores. A estratégia visava deslocar o foco das estruturas escavadas para os espaços ao redor, analisando seus modos de uso e apropriação.

As quadrículas escavadas no sítio RS-T-126 mostraram variações nos depósitos arqueológicos e nos vestígios materiais. A quadrícula 89/48, próxima à estrutura 04 e ao cemitério histórico, apresentou perfil pouco alterado, com sedimento areno-argiloso e dois horizontes, mas ausência total de artefatos. Em 80/37, foram identificados três horizontes com sedimento argiloso e presença de um núcleo de basalto sem indícios de alteração térmica; foi a primeira quadrícula com registro de cerâmica. A 70/28 apresentou três horizontes bem definidos, com

textura argilo-arenosa e presença exclusiva de artefatos líticos em basalto (seis exemplares), sem registro cerâmico.

Na 61/22, observou-se alta concentração de artefatos em calcedônia e basalto, incluindo instrumentos com retoques; os três horizontes apresentavam textura argilo-arenosa. A 41/22 mostrou quatro horizontes com transições mescladas e sinais de perturbação estratigráfica, além de presença de carvão, nódulos alaranjados e indícios de combustão. Sua ampliação confirmou a existência de uma estrutura de combustão com lascas e instrumentos em basalto e calcedônia, fragmento cerâmico e carvão destinado à datação, mantendo a mesma estratigrafia da unidade original.

A quadrícula 50/17 foi escavada até 50 cm de profundidade, apresentou cinco horizontes com sedimento areno-argiloso e presença de artefatos em basalto e calcedônia com sinais térmicos. A 34/14 apresentou três horizontes, com artefatos em basalto, calcedônia e quartzo leitoso, além de nódulos alaranjados desagregáveis. A 59/2 exibiu três horizontes com transições lineares e baixa densidade artefactual, incluindo fragmentos de basalto, arenito silicificado e calcedônia. Por fim, a quadrícula 50/2 exibiu quatro horizontes, com textura variando entre arenosa e argilo-arenosa, presença de fragmentos cerâmicos e dois exemplares de arenito friável, demonstrando o uso marginal desse tipo de matéria-prima no conjunto.

Intervenção das estruturas subterrâneas

A estrutura 01, alvo de escavações desde 2014, teve quatro quadrículas abertas até 2016, totalizando 4 m² de área escavada. A coleta de sedimentos concentrou-se no perfil oeste da quadrícula 24/27, onde foi identificado um arranjo lítico com possível função estrutural.

As estruturas identificadas no Sítio RS-T-126 indicam práticas antrópicas associadas a atividades de queima, descarte e processamento de artefatos. A mais evidente é a estrutura de combustão registrada na ampliação da quadrícula 41/22, composta por carvão, fragmentos cerâmicos e instrumentos líticos em basalto e calcedônia. Essa estrutura se insere em um contexto de alta densidade artefactual e sinais claros de perturbação térmica do solo. Além dela, outros indícios de combustão, como carvão disperso, nódulos alaranjados e manchas de queima, foram registrados em diferentes unidades (especialmente 41/22 e 50/17), sugerindo múltiplos episódios de uso do fogo.

A estrutura de combustão da quadrícula 41/22, associada a material cerâmico e lítico, aponta para atividades de uso doméstico, possivelmente relacionadas à cocção ou descarte controlado. A presença de instrumentos com retoques e vestígios térmicos em outras unidades reforça a hipótese de um espaço habitacional ou de atividades específicas (lascamento, preparo de alimentos, etc.). A distribuição dispersa de carvão em quadrículas adjacentes pode indicar o uso reiterado do espaço ou mesmo a reutilização de áreas antigas. Não foram identificadas estruturas funerárias, embora a proximidade ao cemitério histórico (em 89/48) mereça atenção em análises futuras.

As amostras de sedimento coletadas em campo foram secas naturalmente no laboratório da Univates e, depois, processadas no ITT Fóssil da Unisinos. O preparo consistiu em destorroamento manual com pilão, secagem em forno e posterior análise ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) com detector por dispersão de energia (EDS).

Foram testados dois tipos de preparo: com e sem metalização em ouro. A metalização mostrou-se ineficaz para leitura química das amostras, por isso optou-se pelo uso de amostras secas e não metalizadas, tanto para solo quanto para cerâmica. As cerâmicas, por apresentarem alta porosidade e retenção de umidade, exigiram maior tempo de vácuo antes da análise.

As amostras foram fixadas em *stubs* e analisadas após a estabilização do vácuo. Cada análise incluiu de 10 a 18 pontos (spectrum) por amostra, permitindo o mapeamento químico. Os dados foram reunidos em tabelas e condensados em valores médios por elemento químico para interpretação. Cada amostra foi submetida a no mínimo 10 pontos (spectrum), gerando quantificações químicas pontuais, depois convertidas em médias por quadrícula e apresentadas em % de massa. As amostras foram retiradas de camadas naturais observadas nas escavações. A terra preta ou mulata aparece entre 20 e 30 cm de profundidade nas quadrículas 80/37, 70/28 e 50/17, e a 25 cm na quadrícula 59/2.

A análise dos dados considera o contexto arqueológico das camadas escavadas, a presença de cultura material com os resultados geoquímicos e segue a abordagem proposta por Kern (2005) e Rebellato (2007, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As sondagens em superfície evidenciam que a distribuição dos elementos químicos no sítio RS-T-126 não é aleatória, mas corresponde a padrões diferenciados de uso do espaço. O mapeamento via MEV/EDS permitiu identificar áreas funcionalmente distintas, incluindo zonas de refugio, locais de processamento de alimentos, estruturas associadas à combustão e setores periféricos de baixa intensidade de atividade. Essa variabilidade indica uma organização espacial estruturada, na qual práticas cotidianas deixaram assinaturas químicas específicas, sugerindo uma ocupação marcada por recorrência e diferenciação funcional interna.

As estruturas de combustão constituem um dos principais marcadores dessa organização. A estrutura 01, ao apresentar ao menos dois episódios distintos de queima, evidencia reutilização reiterada do espaço, indicando práticas contínuas e sistemáticas relacionadas ao uso do fogo. Esse padrão reforça interpretações já propostas para contextos Jê, nos quais o fogo é fundamental em atividades domésticas e produtivas (Copé; Saldanha, 2002; Schmitz et al., 2016). No entanto, os dados do RS-T-126 sugerem que essas práticas não são homogêneas, variando em intensidade e função conforme o contexto específico de cada estrutura.

A análise geoquímica dos solos amplia essa interpretação ao demonstrar que diferentes combinações elementares estão associadas a distintos tipos de atividade. A presença de elementos relacionados à combustão prolongada, acúmulo de matéria orgânica e processamento térmico indica que o uso do fogo no sítio não se restringia a uma única função, mas englobava múltiplas práticas, como preparo de alimentos, aquecimento e descarte de resíduos. Nesse sentido,

a estrutura subterrânea 04 se destaca: embora não apresente uma estrutura formal de combustão, a elevada concentração de cinzas e elementos associados à queima sugere uso intensivo e reiterado, possivelmente vinculado ao preparo alimentar. Esse padrão, associado ao tamanho da estrutura e à densidade dos vestígios, indica que o espaço pode ter funcionado como área de uso coletivo, hipótese que amplia interpretações anteriores sobre estruturas domésticas em contextos semelhantes (Schmitz et al., 2002; Rogge; Schmitz, 2009).

Em contraste, a estrutura 03 apresenta um padrão menos definido, apesar da presença de indícios de combustão. A ausência de uma assinatura química clara quanto ao tipo de material queimado sugere que o espaço pode ter tido funções distintas ou menos intensivas, ou ainda que tenha sido submetido a processos de formação que obscureceram parte das evidências. Essa diferença entre estruturas reforça a ideia de que o sítio não corresponde a um conjunto funcionalmente homogêneo, mas a um espaço com setores diferenciados, possivelmente associados a distintas atividades ou momentos de ocupação.

No que se refere aos fragmentos cerâmicos, a análise via MEV/EDS indica uma composição relativamente homogênea, sem variações significativas associadas à morfologia ou ao tratamento de superfície. Esse padrão sugere certa estabilidade nas escolhas tecnológicas relacionadas à produção cerâmica, o que pode indicar continuidade nas práticas de fabricação ao longo do tempo. Ao mesmo tempo, a ausência de distinções composicionais mais marcantes limita, no estágio atual da pesquisa, a possibilidade de diferenciar contextos culturais específicos, como proposto por Silva (2000), indicando a necessidade de ampliação do corpus analítico para inferências mais robustas.

Por fim, a ausência de contaminação por metais pesados nos fragmentos cerâmicos, mesmo em um contexto contemporâneo de uso agrícola intensivo, reforça a integridade das assinaturas químicas observadas, permitindo atribuí-las com maior segurança a processos pretéritos. De modo geral, os dados indicam que a variabilidade química registrada no sítio RS-T-126 resulta da interação entre práticas antrópicas reiteradas e características ambientais locais, evidenciando uma ocupação complexa, com organização espacial estruturada e uso diferenciado dos recursos disponíveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise integrada dos dados arqueológicos, estratigráficos e geoquímicos do sítio RS-T-126 evidencia que a ocupação Jê Meridional na Bacia do Rio Forqueta foi marcada por uso prolongado, reocupações e variações funcionais internas entre os séculos IX e XV. Longe de um padrão homogêneo, os dados indicam uma organização espacial estruturada, com diferenciação entre áreas de preparo alimentar, descarte, circulação e zonas de menor atividade. Essa variabilidade aponta para práticas reiteradas e possivelmente planejadas, sugerindo um uso sistemático do espaço e do ambiente.

O principal aporte do estudo reside na demonstração de que a assinatura química do solo constitui um indicador sensível dessas práticas, permitindo identificar padrões invisíveis à escavação tradicional. A concentração diferenciada de elementos associados à combustão e matéria orgânica evidencia o papel central do fogo e do processamento de recursos no sítio, com destaque para a estrutura

04, interpretada como área de uso intensivo, possivelmente coletivo. Em contraste, outras estruturas apresentam padrões menos definidos, reforçando a heterogeneidade funcional do conjunto.

Do ponto de vista metodológico, a aplicação de MEV/EDS mostrou-se eficaz na articulação entre dados químicos e contexto arqueológico, ampliando a resolução interpretativa das análises. Ao mesmo tempo, a relativa homogeneidade composicional das cerâmicas sugere estabilidade nas práticas tecnológicas, ainda que sem permitir, neste estágio, distinções mais refinadas entre grupos ou fases de ocupação. A ausência de contaminação moderna reforça a confiabilidade das assinaturas químicas identificadas.

Em síntese, os resultados indicam que a variabilidade química observada no RS-T-126 reflete diretamente práticas sociais e tecnológicas pretéritas, desafiando modelos interpretativos homogêneos para os grupos Jê Meridionais. O estudo demonstra que a integração entre análise geoquímica e interpretação arqueológica não apenas amplia o escopo empírico da pesquisa, mas também permite compreender o sítio como um espaço socialmente estruturado, no qual tecnologia, ambiente e prática cotidiana se articulam de forma indissociável.

Chemical variability analysis of soil via SEM/EDS In Archaeological

ABSTRACT

This paper examines the occupational dynamics of an archaeological site through the integration of geochemical and contextual data, using the RS-T-126 site, located in southern Brazil, as a case study. Associated with Southern Jê groups and radiocarbon dated between AD 890 and 1410, the site was investigated through chemical analyses of soils and ceramic materials using energy-dispersive spectroscopy (EDS) coupled with scanning electron microscopy (SEM). The results reveal a non-random distribution of chemical elements, allowing the identification of functionally distinct areas, including combustion zones, food processing areas, and refuse deposits, as well as indicating repeated and intensive use of specific sectors. The predominantly silicate composition of the ceramics, combined with variations in aluminum, iron, and titanium concentrations, suggests differential raw material selection alongside relative technological stability. These findings point to a long-term, multi-phase occupation characterized by structured spatial organization and internal functional variability. The integration of geochemical data with archaeological context highlights the interpretive potential of archaeometric approaches, contributing to the reassessment of homogeneous settlement models for Southern Jê groups and advancing the understanding of the relationships between technology, environment, and social practices in the past.

KEYWORDS: Archaeological Sites; Chemical Analysis; Indigenous Peoples.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Formações quaternárias em áreas de reverso de cuevas em São Paulo. *Geomorfologia*, São Paulo, n. 16, p. 1-11, 1969.
- ANGELUCCI, D. E. A partir da terra: a contribuição da geoarqueologia. In: MATEUS, J.; MORENO-GARCÍA, M. (org.). *Paleoecologia humana e arqueociências: um programa multidisciplinar para a arqueologia sob a tutela da cultura*. Lisboa: Instituto Português de Arqueologia (Trabalhos de Arqueologia; 29), 2003. p. 35-84.
- ARAÚJO, A. A tradição cerâmica Itararé-Taquara: características, área de ocorrência e algumas hipóteses sobre a expansão dos grupos Jê no sudeste do Brasil. *Revista de Arqueologia*, n. 20, p. 09-38, 2007.
- ARAÚJO, A. Geociências e suas implicações em teoria e métodos arqueológicos. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*, São Paulo, Suplemento 3, 1999, p. 35-45.
- BEBER, M. V. O sistema de assentamento dos grupos ceramistas do Planalto Sul-brasileiro: o caso da Tradição Taquara-Itararé. 2004. Tese (Doutorado) – UNISINOS, São Leopoldo.
- BINFORD, L. R. Organization and formation process: looking at curated technologies. *Journal of Anthropological Research*, n. 35, v. 5, p. 255-273, 1979.
- BUTZER, K. *Archaeology as Human Ecology: method and theory for a contextual approach*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- CRESTANI, S. Memória alimentar Kaingang: aspectos na reserva indígena de mangueirinha. *Revista Semina*, v. 11, n. 01, p. 1-11, 2012.
- CRIADO BOADO, F. *Del terreno al espacio: Planteamientos y perspectivas para la Arqueología del Paisaje*. Santiago de Compostela: Capa6, GTArPa, USC, 1999.
- DEVITTE, N. As marcas de uso em instrumentos líticos por grupos Proto-Jê Meridionais: um estudo traceológico na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta/RS. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UNIVATES, Lajeado.
- FARIAS, D. S. E.; SCHMITZ, P. I. *Linguagem, dispersão e diversidade das Populações Macro-Jê no Brasil Meridional durante a pré-História brasileira*. Palhoça: Ed. Unisul, 2013.
- FIEGENBAUM, J. *História antiga do planalto das araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil - O Jê Meridional e o diálogo com o ambiente*. 2021. Tese (Doutorado) – UNIVATES, Lajeado. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/3304>. Acesso em: 8 abr. 2025.
- FIEGENBAUM, J. *Um Assentamento Tupiguarani no Vale do Taquari/RS*. 2009. Dissertação (Mestrado) – UNISINOS, São Leopoldo.

FEENBERG, A. Racionalização democrática, poder e tecnologia. In: NEDER, R. T. (org.). Brasília: Observatório do Movimento pela Tecnologia Social na América Latina/CDS-UnB, 2010.

GLASCOCK, M.D., R.J. SPEAKMAN; R.S.; POPELKA-FILCOFF, E. Archaeological Chemistry: Analytical Techniques and Archaeological Interpretation. Washington, American Chemical Society, 2007.

HOLLIDAY, V. T. Soils in Archaeology: Landscape Evolution and Human Occupation. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1992. p. 101-117.

JANOVSKÝ, Martin. Multi-element analysis of archaeological soils. 2021. Tese (Doutorado em Environmental Sciences) – Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences, Department of Ecology, Prague, 2021.

JOLKESKY, M. P. V. Reconstrução fonológica e lexical do Proto-Jê Meridional. 2010. Dissertação (Mestrado) – UNICAMP, Campinas.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. Geomorfologia. In: IBGE. Levantamento de Recursos Naturais. Rio de Janeiro: IBGE, v. 33, p. 313-404, 1986.

KÄMPF, N.; STRECK, E. Solos. In: VIERO, A. C.; SILVA, D. R. A. (org.). Geodiversidade do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2010.

KERN, D. C. Ação antrópica e pedogênese em solos com Terra Preta em Cachoeira-Porteira, Pará. Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, v. 1, p. 187-201, 2005.

KERN, D. C. et al. Geoarqueologia: uma ferramenta para o estudo de solos com Terra Preta Arqueológica. Comunicação oral para a Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2007.

KERN, D.C. Análise e interpretação dos solos e/ou sedimentos nas pesquisas arqueológicas. Revista do Museu de Arqueologia. São Paulo, Suplemento 8: 21-35, 2009.

KREUTZ, M. R. Movimentações de populações guarani, séculos XIII ao XVIII - Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, Rio Grande do Sul. 2015. Tese (Doutorado) - UNIVATES, Lajeado.

KREUTZ, M. R. O contexto ambiental e as primeiras ocupações humanas no Vale do Taquari. 2008. Dissertação (Mestrado) – UNIVATES, Lajeado.

LAROQUE, L. F. S. Lideranças Kaingang no Brasil Meridional. Antropologia, n. 56, 2000.

POLLARD, A. Mark; ARMITAGE, Ruth Ann; MAKAREWICZ, Cheryl A. (ed.). *Handbook of Archaeological Sciences*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2023.

REBELLATO, L. Amazonian Dark Earths: a case study in the Central Amazon. 2011. Tese (Doutorado em Filosofia) – The University of Kansas.

REBELLATO, L. Interpretando a variabilidade cerâmica e as assinaturas químicas e físicas do solo no sítio arqueológico Hatahara - AM. 2007. Dissertação (Mestrado) – MAE/USP, São Paulo.

REBELLATO, Lilian. Solos antrópicos da Amazônia: terras pretas de índio e arqueologia. *Amazônica: Revista de Antropologia*, v. 2, n. 2, p. 268–294, 2010.

REIS, J. A. A arqueologia dos buracos de bugre: uma pré-história do planalto meridional. Caxias do Sul: EDUCS, 2002.

ROSA, L. W. A variabilidade gráfica da cerâmica pintada Guarani nos sítios RS-T-101 e RS-T-114. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UNIVATES, Lajeado.

ROSA, L. W. da. Interpretando a dinâmica de um assentamento Jê Meridional na bacia hidrográfica do rio Forqueta/RS: estudo de caso do sítio RS-T-126. 2017. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – UNISINOS, São Leopoldo. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/6663>. Acesso em: 8 abr. 2025.

SALDANHA, J. D. M. Paisagem, lugares e cultura material: uma arqueologia espacial nas terras altas do sul do Brasil. 2005. Dissertação (Mestrado em História) – PUCRS, Porto Alegre.

SCHMITZ, P. I. et al. Rincão dos Albinos, um grande sítio Jê Meridional. *Pesquisas, Antropologia*, n. 70, p. 65-132, 2013.

SCHMITZ, P. I.; NOVASCO, R. V. Pequena história Jê meridional através do mapeamento dos sítios datados. *Pesquisas, Antropologia*, n. 70, p. 35-42, 2013.

SCHMITZ, P. I.; ROGGE, J. H. Pesquisando a trajetória do Jê meridional. *Pesquisas, Antropologia*, n. 70, p. 07-34, 2013.

SCHNEIDER, F. Interpretação do espaço Guarani: um estudo de caso no sul da Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta, Rio Grande do Sul, Brasil. 2014. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) – UNIVATES, Lajeado.

SCHNEIDER, F. Paleoetnobotânica Guarani: um estudo de vestígios vegetais nas florestas do Vale do Taquari-RS. 2012. Monografia (Graduação) – UNIVATES, Lajeado.

SHACKLEY, M. S. An introduction to x-ray fluorescence (XRF) analysis in archaeology. In: SHACKLEY, M. S. (ed.). *X-ray fluorescence spectrometry (XRF) in geoarchaeology*. New York: Springer, 2011. p. 7-44.

SOUZA, J. G. A cerâmica da Tradição Itararé-Taquara (RS/SC/PR) e a difusão das línguas Jê Meridionais: uma reanálise dos dados. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – UFRGS, Porto Alegre.

STRECK, E. W. et al. Solos do Rio Grande do Sul. 2. ed. Porto Alegre: EMATER/RS; UFRGS, 2008.

URBAN, G. A história da cultura brasileira segundo as línguas nativas. In: CUNHA, M. C. (org.). História dos Índios no Brasil. São Paulo: Companhia das Letras, 1992.

WIESEMANN, U. Os dialetos da língua Kaingáng e o Xoklêng. Arquivos de Anatomia e Antropologia, Rio de Janeiro: Instituto de Antropologia Professor Souza Marques, 1978.

WILSON, C. A.; DAVIDSON, D. A.; CRESSER, M. S. An evaluation of multi-element analysis of historic soil contamination to differentiate space use and former function in and around abandoned farms. *The Holocene*, v. 15, n. 8, p. 1094–1099, 2005.

WOLF, S. Arqueologia Jê no Alto Forqueta/RS e Guaporé/RS: um novo cenário para um antigo contexto. 2016. Tese (Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento) – UNIVATES, Lajeado.

WOLF, S. Paisagens e sistemas de assentamento: um estudo sobre a ocupação pré-colonial na Bacia Hidrográfica do Rio Forqueta/RS. 2012. Dissertação (Mestrado em Ambiente e Desenvolvimento) – UNIVATES, Lajeado.

WOLF, S.; MACHADO, N. G.; OLIVEIRA, J. Arqueologia Regional entre o Forqueta e o Guaporé: o contexto de ocupação Jê Pré-colonial no centro/nordeste do Estado do Rio Grande do Sul. Cadernos do LEPAARQ, v. XIII, n. 26, 2016.

Recebido: 27/06/2025
Aprovado: 11/05/2026
DOI: 10.3895/rts.v22n70.20463

Como citar:

ROSA Lauren Weiss; MACHADO, Neli Teresinha Galarce; ROGGE, Jairo Henrique. Análise da variabilidade química de solo via MEV/EDS em sítios arqueológicos. *Rev. Tecnol. Soc.*, Curitiba, v. 22, n. 70, p.358-377, jul./set., 2026.

Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/20463>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

