



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DOUTORADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

CÁSSIA PATRÍCIA SECCATTO

**ANTRACOLOGIA NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO ‘TEMPLO DOS
PILARES’ DE ALCINÓPOLIS/MS – estudos de solos e carvão vegetal**

Dourados/MS

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DOUTORADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL

CÁSSIA PATRÍCIA SECCATTO

**ANTRACOLOGIA NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO ‘TEMPLO DOS
PILARES’ DE ALCINÓPOLIS/MS – estudos de solos e carvão vegetal**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), como requisito para a obtenção do título de Doutor em Tecnologia Ambiental.
Orientadora: Prof^ª Dr^ª Rozanna Marques Muzzi

Dourados/MS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S444a Seccatto, Cássia Patrícia

ANTRACOLOGIA NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO 'TEMPLO DOS PILARES' DE
ALCINÓPOLIS/MS: estudos de solos e carvão vegetal [recurso eletrônico] / Cássia Patrícia
Seccatto. -- 2023.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Rozanna Marques Muzzi.

Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia Ambiental)-Universidade Federal da Grande
Dourados, 2022.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. pH. 2. . 3. FT-IR. 4. . 5. Raman. 6. . 7. Caracterização. 8. . 9. Solo.. I. Muzzi, Rozanna
Marques. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.



ATA DA DEFESA DE TESE DE DOUTORADO APRESENTADA POR CÁSSIA PATRICIA SECCATTO, ALUNA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO "TECNOLOGIA AMBIENTAL".

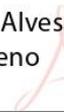
Aos vinte e nove dias do mês de novembro do ano de dois mil e vinte e dois, às quatorze horas, em sessão pública, realizou-se na Universidade Federal da Grande Dourados, a Defesa de Tese de Doutorado intitulada **"ANTRACOLOGIA NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO 'TEMPLO DOS PILARES' DE ALCINÓPOLIS/MS – ESTUDOS DE SOLOS E CARVÃO VEGETAL"**, apresentada pela doutoranda Cássia Patricia Seccatto, do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, à Banca Examinadora constituída pelos membros: Prof.^a Dr.^a Rozanna Marques Muzzi/UFGD (presidente/orientador), Prof. Dr. Ivan Ramires/UFGD (membro titular interno), Prof. Dr. Geraldo Alves Damasceno Junior/UFMS (membro titular externo), Prof. Dr. Magno Aparecido Goncalves Trindade/UFGD (membro titular externo), Prof. Dr. Rodrigo Luiz Simas de Aguiar/UFGD (membro titular externo). Iniciados os trabalhos, a presidência deu a conhecer ao candidato e aos integrantes da banca as normas a serem observadas na apresentação da Tese. Após a candidata ter apresentado a sua Tese, os componentes da Banca Examinadora fizeram suas arguições. Terminada a Defesa, a Banca Examinadora, em sessão secreta, passou aos trabalhos de julgamento, tendo sido a candidata considerada APROVADA. O Presidente da Banca atesta a participação dos membros que estiveram presentes de forma remota, conforme declarações anexas. Nada mais havendo a tratar, lavrou-se a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Dourados/MS, 29 de novembro de 2022.


Prof.^a Dr.^a Rozanna Marques Muzzi
Presidente/orientador
(Participação Remota)

Documento assinado digitalmente

IVAN RAMIRES
Data: 01/02/2023 09:00:55-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>
Prof. Dr. Ivan Ramires
Membro Titular Interno
(Participação Remota)


Geraldo Alves
Damasceno
Junior
Assinado de forma digital por Geraldo Alves Damasceno Junior
Dados: 2023.02.08 14:24:18 -04'00'
Prof. Dr. Geraldo Alves Damasceno Junior
Membro Titular Externo
(Participação Remota)

Documento assinado digitalmente

MAGNO APARECIDO GONCALVES TRINDADE
Data: 01/02/2023 11:54:45-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>
Prof. Dr. Magno Aparecido Goncalves Trindade
Membro Titular Externo
(Participação Remota)


Rodrigo
Luiz Simas
de Aguiar
Assinado de forma digital por Rodrigo Luiz Simas de Aguiar
Dados: 2023.02.01 13:23:33 -03'00'
Prof. Dr. Rodrigo Luiz Simas de Aguiar
Membro Titular Externo
(Participação Remota)

A Deus por estar sempre comigo.

À minha família que me apoia incondicionalmente!
Aos meus professores, colegas e amigos(as)
docentes que tanto me inspiraram.

Te amo Deus, tua graça nunca falha!

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Grande Dourados e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

A minha orientadora, Professora Dra. Rozanna Marques Muzzi, que é uma inspiração na minha trajetória docente. A você querida professora, a minha gratidão, por toda paciência, por me conduzir pelos caminhos da pesquisa e me incentivar constantemente na busca de novos saberes! Obrigada por me inspirar a buscar ser melhor em minha profissão e por estar ao meu lado em todos os momentos difíceis, obrigada por estar sempre disponível e solícita! Gratidão pela amizade, apoio e incentivo nestes anos de estudo!

Ao professor Dr. Rodrigo Luiz Simas de Aguiar, por todo apoio realizado nas coletas das amostras, no laboratório de arqueologia, que contribuiu significativamente para esta conquista, a você professor minha gratidão.

Ao professor Dr. Ivan Ramires, que sempre me incentivou e contribuiu significativamente para esta conquista, a você professor minha gratidão.

A CAPES; O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001.

A minha família pelo amor incondicional durante toda a minha vida e apoio constante em todas as etapas da minha trajetória acadêmica. Mãe Tereza Fernandes Guimarães e pai Nelson Seccatto, vocês são minha vida! Sem vocês eu não seria nada do que eu sou hoje!

Ao meu irmão Júlio César Seccatto por sempre acreditar em mim, a meu companheiro de vida Bruno Fiorindo, pelo carinho, apoio e pela paciência nos momentos difíceis.

À minha amiga Rosiane que sempre me incentivou e me ajudou em todos os momentos, sempre me encorajando a correr atrás dos meus sonhos.

De forma muito especial à minha irmã Ana Gláucia Seccatto por ser minha inspiração em tudo e por estar sempre me orientando, pela ajuda, carinho e paciência principalmente nos momentos de maior dificuldade.

A todos os meus professores os quais fizeram parte da minha trajetória acadêmica.

Aos membros da banca examinadora de defesa pela disponibilidade e paciência em ler e realizar a avaliação final desta pesquisa.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, muito obrigada!

“Todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus.” Romanos 8:28

ANTRACOLOGIA NO SÍTIO ARQUEOLÓGICO ‘TEMPLO DOS PILARES’ DE ALCINÓPOLIS/MS – estudos de solos e carvão vegetal

RESUMO: Estudos voltados para caracterização de carvão vegetal são importantes ferramentas para o controle do comércio ilegal de carvão, pois contribuem com a fiscalização e preservação de espécies nativas consideradas nobres no país. Quando nos referimos a estudos de vegetais carbonizados, nos deparamos com a existência de poucos trabalhos direcionados a caracterização de carvão vegetal arqueológico, o que reforça a importância de trabalhos nesta área de estudo. A antracologia como ciência tem como finalidade analisar fragmentos de restos de madeiras pré-históricas carbonizadas provenientes de solos de sítios arqueológicos, fornecendo informações sobre as características anatômicas da estrutura da madeira preservada após carbonização. Com o intuito de contribuir com estudos arqueológicos, a antracologia pode fornecer informações sobre espécies de vegetações pretéritas e características climáticas e assim, fornecer melhores interpretações a respeito dos incêndios ocorridos de formas naturais ou por origem antrópica, considerando que carvões originados de sítios arqueológicos representam vestígios das atividades humanas pré-históricas, como rituais, combustível para cocção de alimentos, produção de artefatos dentre outros. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi analisar amostras de solo e carvão arqueológico do sítio arqueológico ‘Templo dos Pilares’ tendo como base a sua flora contemporânea, buscando identificar espécies arqueológicas presentes no sítio com datações entre 3 à 10 mil anos atrás. Foi analisado o pH das amostras de solo visando identificar que fatores foram potencialmente responsáveis pelos diferentes valores de pH, encontrados através dos níveis escavados e que variaram de acordo com a profundidade dos estratos arqueológicos. Também foram realizadas análise de FT-IR e Raman do solo buscando compreender as características do solo coletado no sítio arqueológico. As análises de caracterização do carvão vegetal foram realizadas com 23 espécies da flora presente no sítio o que possibilitou realizar comparações de carvões da flora atual com fragmentos vegetais encontrados no sítio arqueológico a fim de fazer reconstruções paleoambientais e paleoetnológicas, corroborando com estudos arqueológicos e antracológicos, na busca de compreender a forma de vida, os costumes dos antepassados e reconstruir a história da humanidade.

Palavras Chave: pH; FT-IR; Raman; Caracterização; Solo.

ANTHRACHOLOGY AT THE ARCHEOLOGICAL SITE ‘TEMPLO DOS PILARES’ DE ALCINÓPOLIS/MS - soil and charcoal studies

Studies aimed at the characterization of charcoal are important tools for controlling the illegal charcoal trade, as they adhere to the inspection and preservation of native species considered noble in the country. When we refer to studies of carbonized plants, we are faced with the existence of few works directed to the characterization of archaeological charcoal, which reinforces the importance of works in this area of study. Anthracology as a science aims to analyze fragments of remains of carbonized prehistoric wood from soils of archaeological sites, providing information about the anatomical characteristics of the structure of wood preserved after carbonization. In order to contribute to archaeological studies, anthracology can provide information about species of past vegetation and climatic characteristics and thus provide better interpretations regarding fires that occurred naturally or by anthropic origin, considering that coals originating from archaeological sites represent traces of prehistoric human activities, such as rituals, fuel for cooking food, production of artifacts, among others. In this sense, the objective of this work was to analyze samples of soil and archaeological coal from the

archaeological site 'Templo dos Pilares' based on its contemporary flora, seeking to identify archaeological species present in the site with dates between 3 to 10 thousand years ago. The pH of the soil samples was analyzed in order to identify which factors were potentially responsible for the different pH values found through the excavated levels and which varied according to the depth of the archaeological strata. FT-IR and Raman analysis of the soil were also carried out in order to understand the characteristics of the soil collected at the archaeological site. The charcoal characterization analyzes were carried out with 23 species of the flora present at the site, which made it possible to carry out comparisons of charcoal from the current flora with plant fragments found at the archaeological site in order to carry out paleoenvironmental and paleoethnological reconstructions, corroborating with archaeological and anthracological studies, in the quest to understand the way of life, the customs of the ancestors and rebuild the history of humanity.

ABSTRACT: Key-words: pH; FT-IR; Raman; characterization; soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do estado de Mato Grosso do Sul, de Alcínópolis e do Sítio Arqueológico Templo dos Pilares.....	15
Figura 2: Colunas de rochas naturais do Sítio Arqueológico Templo dos Pilares.....	15
Figura 3: Pinturas (A) e Gravuras rupestres (B), Templo dos Pilares.....	17
Figura 4: Demonstração das características anatômicas da madeira: (Vasos, Fibras e Parênquimas) no plano transversal, longitudinal e radial.....	25
Figura 5: Planos de orientação da madeira, que são aplicados também para caracterização do carvão vegetal.....	25
Figura 6: Representação dos tipos de parênquima axial, na seção transversal.....	26
Figura 7: Representação da distribuição das células (Vaso e Parênquima) em espécies de vegetais distintas. Espécie (04) <i>Myrcia bella</i> (Mercurinho) e (05) <i>Qualea grandiflora</i> (Pau terra folha larga. Seção transversal.....	27
Figura 8: Imagens da área prospectada em 2018, indicando as quadrículas de onde foram retiradas as amostras de solo, relativamente às colunas 1 e 2 (A) e vistas de cima (B). Sítio Arqueológico Templo dos Pilares, Alcínópolis, MS, Brasil.....	28
Figura 9: Amostras de solo utilizadas para as análises de pH.....	28
Figura 10: Preparação das amostras de espécies vegetais para o processo de carbonização.....	31
Figura 11: Carvões das espécies carbonizadas, separados de acordo com a espécie após o processo de carbonização.....	31
Figura 12: Demonstração da área de escavação da coleta das amostras dos carvões arqueológicos.....	32
Figura 13: Demonstração das amostras dos carvões arqueológicos, com suas nomenclaturas para armazenamento. Coleta no Sítio Arqueológico Templo dos Pilares (2018).....	33
Figura 14: Comparação entre os valores de pH determinados para as amostras de solo coletadas nas quadriculas N8, N9, M8 e M9, de acordo com os níveis de escavação, amostras retiradas do sítio arqueológico Templo dos Pilares- Alcínópolis, MS. Área prospectada em 2018.....	35
Figura 15: Espectro de FT-IR do solo arqueológico, (Q.N8 nível 3).....	36
Figura 16: Espectro Raman do solo arqueológico, (Q.N8 nível 3).....	37

Figura 17: (Imagens microscópicas dos carvões) <i>Machaerium acutifolium</i> (01); <i>Hymenaea stigonocarpa</i> (02); <i>Curatella americana</i> (03); <i>Myrcia bella</i> (04). Plano transversal.....	40
Figura 18: (Imagens microscópicas dos carvões) <i>Qualea grandiflora</i> (05); <i>Copaifera langsdorffii</i> (06); <i>Inga laurina</i> (07); <i>Bauhinia spp</i> (08). Plano transversal.....	43
Figura 19: <i>Anadenathera peregrina</i> (09); <i>Stryphnodendron adstringens</i> (10); <i>Dipteryx alata</i> (11); <i>Mouriri elliptica</i> (12). Plano transversal.....	46
Figura 20: <i>Cordia sessilis</i> (13); <i>Byrsonima verbascifolia</i> (14); <i>Kielmeyera cf. rubriflora</i> (15); <i>Qualea parviflora</i> (16). Plano transversal.....	50
.....	
Figura 21: <i>Caryocar brasiliense</i> (17); <i>Pterodon emarginatus</i> (18); <i>Xylopia aromática</i> (19); <i>Diptychandra aurantiaca</i> (20). Plano transversal.....	53
Figura 22: <i>Davilla elliptica</i> (21); <i>Vatairea macrocarpa (Benth.) Ducke</i> (22); <i>Strychnos pseudoquina</i> (23). Plano transversal.....	56
Figura 23: Amostras de carvão vegetal derivado do sítio arqueológico “Templos dos Pilares” Quadricula N9 – Nível 3; Quadricula N9 – Nível 2; Quadricula B5– Nível 8; Quadricula M9 – Nível 6. Plano transversal.....	58
Figura 24: Comparação entre a amostra de carvão arqueológico retirado da Quadricula N9 do nível 3 e da espécie <i>Copaifera langsdorffii</i> (Pau óleo) (06), onde V= vasos; P= parênquimas e setas → obstruções presentes; F= fibras.....	60
Figura 25: Amostras de carvão vegetal derivado do sítio arqueológico “Templos dos Pilares” Quadricula M9 – Nível 9; Quadricula B5 – Nível 3; Quadricula M9– Nível 3; Quadricula M8 – Nível 3. Plano transversal.....	62
Figura 26: Comparação entre a amostra de carvão arqueológico retirado da Quadricula M9 do nível 9 e da espécie <i>Diptychandra aurantiaca</i> (20).....	64

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1 Objetivos Gerais	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 Sítio Arqueológico Templo dos Pilares	14
3.2 Estudo de Solo Arqueológico	18
3.3 Análise de pH de solo arqueológico	19
3.4 Análise de FT-IR e Raman de solo arqueológico.....	20
3.5 Estudo da Antracologia	22
3.6 A importância da identificação de carvão de espécies vegetais	23
4. MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 Análise de pH do solo arqueológico.....	27
4.2 Análise de FT-IR e Raman do solo arqueológico.....	29
4.3 Coleta das amostras para carbonização	29
4.4 Coleta dos carvões arqueológicos.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 pH do solo arqueológico.....	33
5.2 FT-IR e RAMAN do solo arqueológico	36
5.3 Caracterizações dos carvões das espécies vegetais coletadas	38
5.4 Análises dos carvões arqueológicos	57
6. CONCLUSÕES	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67

1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre vestígios materiais do passado da humanidade nos trazem grandes informações sobre os modos de vida, costumes, culturas e muitos outros elementos que nos permitem compreender as dinâmicas da vida dos antepassados, dos ambientes que habitavam e das atividades que desenvolviam, propiciando a produção de conhecimento sobre tempos pretéritos.

A arqueologia é a ciência que realiza estudos sobre vestígios, sejam eles antigos ou recentes que permitam entender elementos da presença humana nos espaços, suas atividades em determinado tempo cronológico, buscando compreender o contexto vivido pelas sociedades humanas ao longo dos anos e as mudanças que ocorreram nesses períodos.

A Antracologia, por sua vez, é uma ciência transdisciplinar que se configura como uma base de fonte de informação de grande importância para os estudos arqueológicos, sendo, portanto, a ciência que estuda restos de madeiras carbonizadas retiradas de solos de sítios arqueológicos; os carvões depositados nos solos são vestígios de incêndios tanto naturais como também provocados pelo homem em tempos passados, sendo por meio das análises da anatomia da madeira a identificação da espécie a qual o carvão pertence (SCHEEL et al., 1996).

De acordo com Scheel et al. (1996) as análises dos carvões em sítios arqueológicos podem servir para a construção de conhecimentos sobre duas perspectivas:

(...) a primeira, etnoarqueológica, indica os usos que a população pré-histórica fazia da vegetação local, seja como combustível (calor, preparação de alimentos, etc.), seja para a confecção de artefatos de madeira (habitação, utensílios, embarcações, etc.). A segunda, paleoecológica, indica o tipo de vegetação existente em torno do sítio durante a ocupação. Esta perspectiva objetiva a reconstituição do ambiente vegetal em um dado local e numa época determinada e, por dedução, do clima. A partir desta análise, pode-se visualizar, às vezes muito precisamente, tanto as relações entre o homem e seu meio ambiente como o impacto antrópico exercido. (SCHEEL et al., 1996, p. 3).

Nesse sentido, os estudos antracológicos vêm disponibilizando uma ampla gama de informações sobre as relações das sociedades pretéritas com o meio ambiente, o que vem sendo utilizado não somente como fonte de informação para estudos arqueológicos, mas também vem contribuindo para estudos de diversas ciências como paleoecológicos, geológicos, paleobotânicos e dentre outros.

De acordo com estudos realizados por Souza e Aguiar, (2017), o grupo de pesquisa do Laboratório de Arqueologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul realizou duas expedições de escavações no sítio arqueológico ‘Templo dos Pilares’ em pontos distintos do sítio. Os resultados preliminares obtidos nas expedições mostram que o sítio teve duas grandes ocupações uma mais antiga por volta de 10.735 (cal. A.P.), e uma mais recente de 3.000 (cal. A.P.), segundo datações realizadas pelo Laboratório Beta Analytic, em Miami – USA.

Grandes quantidades de carvão e cinzas foram encontradas nas duas expedições de exploração e prospecção no sítio arqueológico “Templo dos Pilares”. Nessas expedições, o que se observou de imediato e de forma abundante foi a enorme quantidade e variedade de gravuras e figuras rupestres, sendo o maior indicativo de atividade humana pretérita (SOUZA e AGUIAR, 2017). Entretanto, pouco se sabia sobre a enorme quantidade de carvão encontrada em locais próximos às gravuras e pinturas dos pilares principais do sítio.

Dessa forma, tentando contribuir para a composição do arcabouço científico sobre essas ocupações pretéritas, colocamos, nesse trabalho, nossa atenção para a grande quantidade de carvão produzido nessas ocupações, incluindo o solo onde esses carvões foram encontrados.

Considerando este contexto, no presente trabalho foram analisadas amostras de solo e fragmentos de carvões obtidos nas explorações pela equipe do Dr. Rodrigo Luiz Simas de Aguiar. Além disso, foram coletadas amostras de caule (assim com folhas, flores e galhos) de 23 espécies coletadas no local das escavações. Foram produzidos carvões dessas espécies, em condições controladas e então submetidos a análises. Análises de solos coletados nas expedições também foram realizadas, visando entender como e em que condições se deram a produção desse carvão pretérito.

Os carvões obtidos nas condições similares às que produziram os carvões pretéritos podem dar bons indicativos da vegetação que os originou, já que as características anatômicas dos vegetais lenhosos são preservadas mesmo após a carbonização.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

Analisar e caracterizar as estruturas anatômicas do carvão de 23 espécies lenhosas, espécies típicas do Cerrado coletadas no Sítio Arqueológico Templo dos Pilares situado no município de Alcinópolis, norte do estado de Mato Grosso do Sul.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar amostras de solo coletado no Sítio Arqueológico Templo dos Pilares;
- Caracterizar a anatomia de carvões de espécies da época atual do sítio arqueológico Templo dos Pilares;
- Identificar carvões coletados no Sítio Arqueológico Templo dos Pilares;
- Contribuir com estudos antracológicos e arqueológicos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Sítio Arqueológico Templo dos Pilares

O estado de Mato Grosso do Sul possui importantes sítios arqueológicos de arte rupestre, no qual um terço dos grafismos pré-históricos sul-mato-grossenses está situado dentro do território de Alcinópolis, que é um município localizado na região norte do estado e que conta com aproximadamente 5.489 habitantes (IBGE, 2021).

Foram registrados até o ano de 2014 em Mato Grosso do Sul, 677 sítios arqueológicos; no qual destes 24 estão registrados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional no município de Alcinópolis/MS, a saber: (Templo dos Pilares, Pata da Onça, Arco da Pedra, Barro Branco I, II, III, IV, V, VI, VII, Gruta do Pitoco, Pitoco II, III, Casa da Pedra, Limeira, Arco do Limeira, Pannel do Sucupira, Pannel do Antropomorfo, Tampa, Duas Torres, Caverna do Urutau e Fazenda Fidalgo I, II, III) (IPHAN, 2014).

Dentre esses sítios arqueológicos destacamos o “Templo dos Pilares” localizado em Alcinópolis/MS conforme demonstrado na Figura 1. O mesmo é considerado o maior sítio arqueológico de arte rupestre do estado de Mato Grosso do Sul, com a presença de mais de três mil grafismos.

Figura 1: Localização do estado de Mato Grosso do Sul, de Alcínópolis e do Sítio Arqueológico Templo dos Pilares.



Fonte: Souza; Aguiar (2017). Adaptada pela autora (2022).

O referido sítio é formado por um abrigo de grande dimensão, com o teto sustentado sobre enormes colunas naturais e paredes que ostentam a maior concentração de pinturas e gravuras de todos os sítios do estado, seus enormes pilares (figura 2), com inúmeras pinturas e gravuras tornam o sítio ímpar, tanto por suas belezas naturais quanto pelas transformações do homem devido às ocupações pré-históricas no local (AGUIAR et al., 2016).

Figura 2: Colunas de rochas naturais do Sítio Arqueológico Templo dos Pilares.



Fonte: AGUIAR et al., (2016).

As escavações arqueológicas realizadas no sítio Templo dos Pilares revelaram datações entre dez e oito mil anos A.P.¹ para os níveis mais profundos e depois de um hiato, uma nova ocupação humana aparece na casa dos três mil anos A.P, mostrando que o espaço teve diferentes usos por distintos povos (SOUZA & AGUIAR, 2017).

Estimam-se, de acordo com o marco temporal do sítio, que prevaleceram duas ocupações, sendo a mais antiga com cerca de 10.000 A.P, formada por caçadores e coletores arcaicos, e uma ocupação mais recente de aproximadamente 3.000 A.P, onde se observou uma presença massiva de fogueiras e carvões (SOUZA e AGUIAR, 2017).

De acordo com estudos realizados pelo laboratório de arqueologia da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) o Parque Municipal Templo dos Pilares contendo 100 hectares, é uma unidade de conservação com vestígios de civilizações pré-históricas com datações de até 10.735 anos atrás (SOUZA; AGUIAR, 2017).

Segundo SOUZA e AGUIAR, 2017. O passado arqueológico do estado de Mato Grosso do Sul é caracterizado por diferentes ocupações humanas ao longo do tempo. Os primeiros povoadores seriam caçadores e coletores que, entre 12 e 10 mil anos atrás estabeleceram assentamentos por diversas áreas do Centro-Oeste Brasileiro.

Em Mato Grosso do Sul, o sítio mais antigo data entre 12 mil e 10 mil A.P. (SOUZA e AGUIAR, 2017). Nesse período o clima era diferente do atual, ainda sofrendo as transformações da transição entre Pleistoceno e Holoceno. Estes povos caçadores e coletores, apesar de não produzirem cerâmicas ou praticarem a agricultura, eram detentores de uma indústria lítica formada por raspadores e lâminas de dorso, sendo o raspador plano-convexo um marcador tecnológico importante, presente em muitos sítios daquele período (AGUIAR et al., 2016).

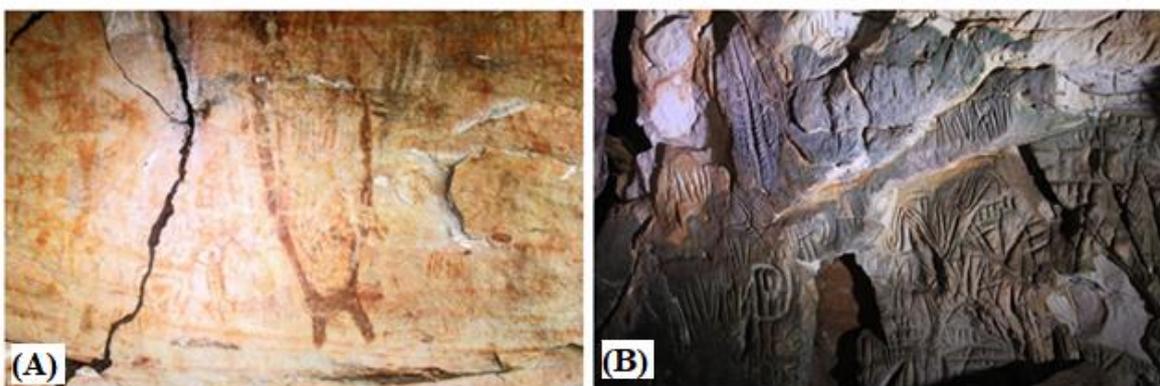
A estabilização decorrente do ótimo climático vai marcar uma ocupação menos frequente pelos campos de Cerrado por povos que podemos chamar de caçadores e coletores tardios. Alguns destes podem, inclusive, serem os ancestrais dos primeiros ceramistas não agricultores dos cerrados, os Jê pré-históricos (WÜST, 1990; AGUIAR et al., 2016; AGUIAR et al, 2018). Estes povos foram sucedidos por ceramistas agricultores, tanto da tradição Aratu, como da Tupi-guarani, a partir de 1.300 A.P. (AGUIAR et al, 2018) até o período do contato colonial. Este breve contexto arqueológico se refere às vastas áreas dos campos de Cerrado do Brasil Central, em que o sítio em análise está inserido.

1 Antes do presente.

O grupo de pesquisa do Laboratório de Arqueologia da Universidade Federal da Grande Dourados de Mato Grosso do Sul realizou duas expedições de escavações no sítio arqueológico Templo dos Pilares, sendo a primeira escavação arqueológica realizada em 2016 e a segunda em 2018.

Nestas escavações arqueológicas buscavam-se compreender como era o modo de vida de duas ocupações presentes no sítio, uma mais antiga que ocupou o sítio no período de 10 e 7 mil anos atrás, que seriam os primeiros povos caçadores e coletores autores das pinturas, e uma mais recente por volta de 3 mil anos atrás de povos ceramistas, que seriam os autores das gravuras (figura 3). As datações foram realizadas pelo Laboratório Beta Analytic, em Miami, USA.

Figura 3: Pinturas (A) e Gravuras rupestres (B), Templo dos Pilares.



Fonte: Souza; Aguiar (2017).

Nos estudos realizados por Souza e Aguiar, (2017), nas duas expedições de exploração e prospecção no sítio arqueológico Templo dos Pilares foi encontrado uma enorme quantidade de carvão e cinzas, sendo um grande indicativo de atividade humana pretérita na região.

É sabido que o homem é essencialmente social e constrói experiências submergidas em uma determinada cultura criando, desta forma, significados para tudo o que está à sua volta, sendo assim o espaço em que vive torna-se constituinte da sua história.

Neste contexto, os estudos arqueológicos contribuem para o conhecimento das atividades que fizeram parte do passado humano e essas informações, muitas vezes, influenciam nossa percepção de espaço e tempo, nossa visão de mundo pretérito e a forma de sintetizar o conhecimento atual.

3.2 Estudo de Solo Arqueológico

Estudos antracológicos e arqueológicos têm sido fonte de diversos saberes científicos, devido a contribuições de varias áreas de pesquisa. As ocupações pré-históricas deixaram muitos registros etnoculturais de sociedades antigas que ainda não foram elucidados (SECCATTO et al., 2021).

As erudições arqueológicas contribuem para o conhecimento das atividades que fizeram parte do passado humano e essas informações, muitas vezes, nos permitem compreender o ambiente em que povos antepassados viviam.

O estudo de solo arqueológico tem se mostrado cada vez mais importante para atualidade, pois mediante das escavações realizadas em expedições arqueológicas podemos aprofundar estudos a respeito de artefatos deixados na terra e que podem servir de subsídios para compreendermos melhor como os seres humanos realizavam as suas atividades e construía seus espaços geográficos em tempos remotos (VASCONCELOS et al., 2013).

Diante do entendimento da importância que os estudos arqueológicos têm para a compreensão sobre o passado da humanidade, convém ressaltarmos que os estudos de solos provenientes dos sítios arqueológicos são de suma importância para a arqueologia e antracologia, pois estes solos apresentam características físicas e químicas diversas, que são resultados das diferentes formas de usos no decorrer do tempo, o que os tornam fonte histórica significativa e que podem ser exploradas e estudadas.

É evidente que os estudos de solos arqueológicos são de muita relevância, pois por meio destes pode-se compreender não só o seu uso por povos pretéritos, como também a vegetação e o clima que eram diferentes em tempos remotos, portanto estes estudos e análises de solo e de outros artefatos contribuem de forma significativa com a arqueologia e antracologia.

Partindo do pressuposto de que o solo oriundo das escavações arqueológicas pode revelar as diferentes formas de uso do espaço por povos pretéritos, se faz necessário análises de solo para se obter uma melhor compreensão do modo em que viviam as populações em tempos antigos, especialmente se considerarmos seus modos de produção: se caçadores e coletores ou ceramistas agricultores.

Diversos fatores podem interferir nas características do solo como o seu pH, tais como sua composição, a região em que os vestígios estão localizado, bem como a concentração de sais, metais, ácidos, bases e substâncias orgânicas que são adicionadas ao longo do tempo. É importante destacar que ocorreram muitas mudanças na área de estudo em contexto e que essas

modificações socioculturais, ao longo do tempo, geram alterações na composição física e química do solo (SECCATTO et al., 2021).

Neste contexto foram realizadas análises de pH, FT-IR e Raman do solo coletado pelas campanhas arqueológicas realizadas na área de estudo, o sítio arqueológico Templo dos Pilares, de acordo com os níveis de escavações. O intuito de destas análises é corroborar com conhecimentos da arqueologia e diferenciar as zonas sedimentares no decorrer do tempo auxiliando na identificação de artefatos deixados no solo por povos pretéritos, visto que estes estudos arqueológicos nos permitem compreender e interpretar melhor a forma de uso deste solo por povos pretéritos que ali viviam (SECCATTO et al., 2021).

3.3 Análise de pH de solo arqueológico

Para os estudos arqueológicos o pH do solo é uma variável de muita relevância, pois os resultados em diferentes níveis de escavações podem distinguir diferentes níveis de ocupação. Pode-se, por exemplo, diferenciar as zonas sedimentares no decorrer do tempo e auxiliar na identificação de artefatos deixados no solo por povos pretéritos (VASCONCELOS et al., 2013).

Os componentes orgânicos e minerais presentes nos solos arqueológicos podem alterar algumas características morfológicas como a cor mais escura em camadas de maior profundidade, podendo estar relacionadas aos processos ocorridos ao longo do tempo devido à forma de ocupação antrópica no local, essas alterações químicas e morfológicas podem elevar o pH do solo devido a presença de diferentes minerais como carbono (C), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), zinco (Zn), estrôncio (Sr) e bário (Ba), (TEIXEIRA e LIMA, 2016).

Existem diversos fatores que podem interferir nos valores de pH do solo, além da presença dos elementos químicos, os diferentes usos do espaço também podem alterar de forma significativa nos valores do pH, seja pelo aquecimento provocado por fogueiras, construção de fornos ou pela produção de materiais cerâmicos (TEIXEIRA e LIMA, 2016).

Os fatores climáticos e geológicos também precisam ser levados em consideração, pois os solos dos campos de Cerrado do Centro-Oeste normalmente apresentam bastante acidez, o que dificulta a preservação de vestígios orgânicos nos sítios arqueológicos (SANTOS et al., 2015).

Os valores de pH de solo, abaixo de 4,5 (baixo) podem ser derivados da presença de alguns elementos como Ferro (Fe), Alumínio (Al) e Manganês (Mn). Esses elementos quando

estão dispostos em grandes proporções podem contaminar o prejudicar no crescimento e desenvolvimento de algumas plantas (BRANDÃO e LIMA, 2002).

Outro fator relevante que também pode elevar o pH é a presença de carvão arqueológico. Esses vestígios de carvão são produtos dos costumes das populações pré-históricas que viviam na região, basicamente restos de fogueiras utilizadas para cozimento de alimentos, combustível e, até mesmo, crematórios. Notadamente, a presença de carvão e cinzas pode elevar os valores do pH, diminuindo a acidez do solo (TEIXEIRA e LIMA, 2016).

Os estudos de pH aplicados em solos advindos de sítios arqueológicos são de suma importância, pois os permitem compreender e interpretar melhor a forma de uso deste solo por povos pretéritos.

Neste sentido realizamos análises de pH do solo coletado no sítio arqueológico Templo dos Pilares com o intuito de identificar as variações nos valores de pH, de solos coletados em diferentes níveis da escavação, que variaram de acordo com a profundidade dos estratos arqueológicos. Damos especial atenção aos solos coletados nas quadrículas onde foram encontradas as maiores quantidades de carvão.

3.4 Análises de FT-IR e Raman de solo arqueológico

A análise de espectroscopia baseada na interação da radiação eletromagnética com a matéria é um instrumento significativo para caracterização de materiais em todos os âmbitos e dependendo da radiação podem-se obter informações de diferentes características e propriedades das matérias analisadas.

As espectroscopias de FT-IR e Raman têm sido muito utilizadas nos últimos anos no uso de métodos físico-químicos para caracterização de bens arqueológicos (SECCATTO et al., 2021).

A espectroscopia na região do infravermelho é uma resultante de diferentes vibrações moleculares, no qual essa região fica abaixo do espectro visível de 4000 a 400 cm^{-1} e apresentam sinais referentes às vibrações fundamentais das moléculas de cada amostra (FERRARESI, et al., 2012).

O espectro do infravermelho compreende uma radiação com números de ondas conhecidos como infravermelho próximo, (12.800 a 4.000 cm^{-1}), médio, (4.000 a 200 cm^{-1}), e distante, (200 a 10 cm^{-1}), e a região mais utilizada para o estudo analítico é o infravermelho médio, (4.000 a 400 cm^{-1}), (THIAGO, 2016).

O espectro Raman consiste no espalhamento da radiação, diferentemente do infravermelho que está relacionado com a energia de absorção, portanto o Raman depende da intensidade da radiação espalhada sobre a amostra em função da energia dessa radiação e a diferença entre a energia da radiação incidente e a espalhada é dada por: $(E_i - E_e = \Delta E_\nu)$, muitas vezes chamada de deslocamento Raman, (Raman shift). Se a molécula receber energia devido a sua interação com o fóton incidente, $E = h\nu_0$, o fóton espalhado, $E = h(\nu_0 - \nu_1)$, perderá a mesma porção de energia que a molécula adquiriu. Nesse processo, o fóton espalhado possui energia menor que a do incidente. Esse espalhamento é do tipo Raman Stokes (FARIA et. al 2002).

A espectroscopia Raman consiste na radiação monocromática incidida na amostra a ser estudada, a partir do espalhamento da frequência. Essa técnica é muito importante para caracterização de diferentes materiais, pois nos fornece informações químicas e estruturais do material.

Com a análise de FT-IR, realizada em amostra de solo pode-se observar os átomos de compostos orgânicos que têm sua vibração com uma maior amplitude ao redor das ligações covalentes. Nesse processo cada mudança de nível de energia vibracional corresponde uma série de mudanças de níveis de energia rotacional, assim as linhas se sobrepõem originando as bandas que podem ser observadas no espectro.

Desta forma, consideramos as análises de FT-IR e Raman relevantes para caracterização de solo arqueológico, pois com o passar do tempo este pode ter sofrido diversas modificações morfológicas, mineralógicas, físicas e químicas (SECCATTO et al., 2021).

Diante do exposto, entendemos que muitos fatores podem influenciar nos resultados das análises de FT-IR e Raman de solo arqueológico, tais como sua composição química, a região no qual ele está inserido, o manejo e a presença de elementos específicos, como metais, ácidos, bases, sais, concentrações de matéria orgânica e inorgânica.

Considerando tal contexto, no presente trabalho foram realizadas análises de FT-IR e Raman das amostras de solo coletadas no sítio arqueológico Templo dos Pilares, cujos resultados auxiliaram na caracterização do solo oriundo das escavações arqueológica. Este tipo de estudo permite contribuir com a arqueologia e antracologia na reconstrução e compreensão das atividades humanas pretéritas desenvolvidas naquele espaço em contexto (SECCATTO et al., 2021).

3.5 Estudo da Antracologia

Antracologia é uma palavra derivada do grego “*anthrakos*”, que significa carvão. É a ciência baseada em estudos e interpretações de fragmentos de restos de madeiras pré-históricas carbonizadas, provenientes de solos de sítios arqueológicos. Os estudos na área da antracologia são realizados a partir de fragmentos de carvões e a sua identificação é feita a partir da estrutura anatômica da madeira, que podem estar em condições muito bem preservadas, mesmo após a sua combustão, estas comparações são feitas com amostras de madeiras atuais (BEUREN et al., 2013).

Considera-se que os estudos de carvões provenientes de escavações em sítios arqueológicos possuem grande importância para antracologia, pois por meio deles podem-se determinar a origem da espécie vegetal ou animal, bem como inferir sobre a frequência dos incêndios pretéritos nas vegetações do ambiente, podendo ser de origem natural ou derivado da ação do homem (BEUREN et al., 2013).

A preservação da estrutura da madeira mesmo após a sua carbonização nos permite diversos estudos e aplicações na antracologia, pois com a estrutura preservada no carvão é possível realizar análises nos três planos da estrutura vegetal de cada espécie, e fornecer informações sobre a identificação taxonômica da espécie, bem como compreender seu estado de preservação (ALBUQUERQUE, 2017).

As erudições antracológicas tem se mostrado cada vez mais importante para atualidade, pois a partir dos artefatos coletados em escavações arqueológicas podem-se subsidiar estudos fornecendo melhores interpretações a respeito dos costumes de vidas dos antepassados. Cabe ressaltar que nas escavações arqueológicas, são encontrados muitos fragmentos de atividades humanas pré-históricas e que o estudo desses fragmentos tem grande importância para compreensão de vidas pretéritas, e de como eram feitas as ocupações contextuais e ambientais.

A caracterização da anatomia da madeira pode ser uma importante ferramenta nos estudos para identificação de espécies pré-históricas carbonizadas. O estudo da ciência antracologia tem favorecido os saberes no contexto das interpretações de fragmentos de madeiras pré-históricas carbonizadas encontradas em escavações feitas em sítios arqueológicos (BEUREN et al., 2013).

De forma geral, a interpretação dos dados antracológicos, paleoambientais e paleoclimáticos é realizada por meio da comparação com ecossistemas atuais, por isso, estudos antracológicos baseados em análises de macro ou micro de restos vegetais carbonizados dependem de um adequado conhecimento da flora e da vegetação atual, assim como das

características morfológicas e da estrutura dos elementos analisados (SCHEEL-YBERT et al, 2006).

Em concordância com Beuren et al. (2013), com a evolução dos biomas e dos sistemas, durante o tempo, verifica-se que os carvões derivados de sítios arqueológicos são de suma importância científica para compreensão da história da humanidade, como as mudanças que ocorreram ao longo do tempo no meio regional, tais como as mudanças da vegetação, do clima e das atividades do homem em épocas passadas.

Segundo Scheel et al. (1996), os carvões depositados nos solos provenientes de sítios arqueológicos são testemunhos de incêndios naturais ou de origem antrópica, que caracterizam a população histórica que vivia na região local, tais como forma de combustível, cozimento de alimentos, rituais e até mesmo em crematórios.

Neste contexto, entendemos que a evolução das civilizações ocorreu por diversos fatores, de origem natural e antrópica, essas mudanças nos fornecem muitas informações etnoarqueológicas sobre a forma de vida da população e da vegetação, de civilizações dos antepassados, podendo também, fornecer informações sobre a vida animal e assim determinar os possíveis impactos antrópicos exercidos no local, ou seja, as análises de restos de vegetais carbonizados se tornaram testemunhos, de como a população e o meio se conviviam em épocas pretéritas. (BEUREN et al., 2013).

A finalidade do estudo é poder determinar as características da população pretérita que habitava naquela região, podendo caracterizar não só o material, mas também, os costumes vivenciados. De forma geral, estudos antracológicos podem reconstruir as atividades cotidianas, os costumes exercidos pelas comunidades pretéritas, tais como a evolução dos diferentes usos da vegetação lenhosa da região.

3.6 A importância da identificação de carvão de espécies vegetais

O carvão vegetal é resultado da combustão incompleta do lenho e sua identificação pode ser realizada por meio de suas características anatômicas que se preservam mesmo após o processo de carbonização. Em outras palavras a estrutura da madeira *in natura* permanece presente no carvão e, dessa forma, é possível fazer a identificação da espécie botânica original por intermédio da estrutura preservada no carvão (CARVALHO et al., 2017).

Muitos estudos são realizados por meio das características anatômicas do lenho carbonizado, pois os efeitos da carbonização não inferem no aspecto qualitativo das características da madeira, o que possibilita uma identificação da espécie vegetal do lenho

carbonizado, essa técnica de identificação de espécies vegetais com uso da madeira carbonizada é uma técnica utilizada desde a antiguidade, tem-se que por meio dela foi possível identificar espécies do período Holoceno na Etiópia e China (CARVALHO et al., 2017).

Quando nos referimos a utilização da queima da madeira para a realização de estudos, nos deparamos com a existência de poucos trabalhos direcionados a caracterização de carvão vegetal o que reforça a importância de trabalhos nesta área de estudo. Esses estudos são importantes ferramentas para o controle de carvão ilegal contribuindo para preservação de espécies nativas consideradas nobres no país, a fim de aumentar a fiscalização (CARVALHO et al., 2017).

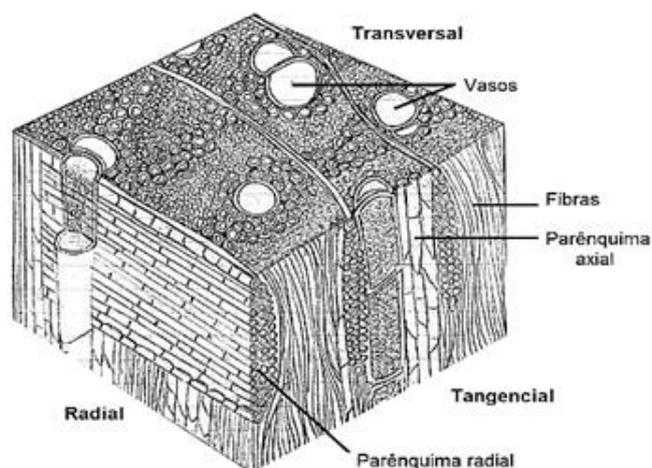
Nessa mesma linha de estudos, a antracologia como ciência tem como objetivo analisar as características anatômicas da estrutura da madeira preservada após carbonização, a fim de contribuir com estudos arqueológicos, buscando informações sobre os tipos de vegetações pretéritas, sobre as características climáticas e fornecer melhores interpretações a respeito dos incêndios ocorridos de formas naturais ou por origem antrópica, visto que carvões originados de sítios arqueológicos representam vestígios das atividades humanas pré-históricas, como rituais, combustível para cocção de alimentos, produção de artefatos dentre outros (ALBUQUERQUE, 2017).

Assim sendo, a identificação de carvão vegetal é uma ferramenta de extrema importância para identificação da origem de carvão arqueológico e também corrobora com a fiscalização no tráfico de espécies nativas ilegais, auxiliando no controle ambiental e na diminuição de impactos sociais e ecológicos (ALBUQUERQUE, 2017).

Partindo do entendimento de que a estrutura anatômica da madeira é preservada no carvão, que cada espécie apresenta suas características próprias e que são essas especificidades que nos fornecem informações relevantes para caracterização e até mesmo reconhecimentos da madeira *in natura* ou carbonizada, em outras palavras essas características são como uma “impressão digital” de cada espécie vegetal (CORADIN; CAMARGOS, 2002).

No que se refere à anatomia da madeira e do carvão é importante conhecer as características gerais e anatômicas da madeira, bem como suas células e formas de agrupamentos para que se possa realizar a identificação das espécies a partir da madeira carbonizada, conforme apresentados na figura 4 de forma tridimensional.

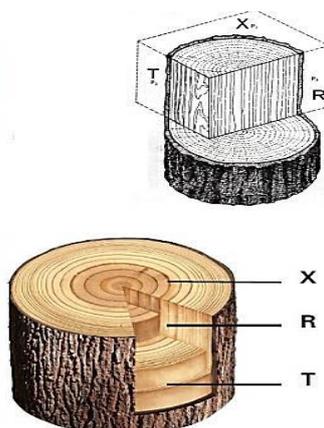
Figura 4: Demonstração das características anatômicas da madeira: (Vasos, Fibras e Parênquimas) no plano transversal, longitudinal e radial. **Fonte:** Zenid; Ceccantini (2007).



As características anatômicas do carvão de cada espécie vegetal especificadamente, não são visíveis a olho nu, portanto são necessárias análises microscópicas para sua caracterização e identificação. A figura 4 apresenta os três planos de corte, quais sejam: radial, transversal e tangencial.

Os cortes nos planos de orientação da madeira (Transversal, Longitudinal e Radial) nos fornecem importantes características específicas de cada espécie. Nas análises anatômicas realizadas em madeira e lenho carbonizado o corte transversal é o mais utilizado, pois neste apresenta um número maior de informações a respeito das células de cada espécie, como os vasos que não podem ser visualizados em outras secções devido à orientação do corte (figura 4).

Figura 5: Planos de orientação da madeira, que são aplicados também para caracterização do carvão vegetal. **Fonte:** Botosso (2011).



Orientação do corte:

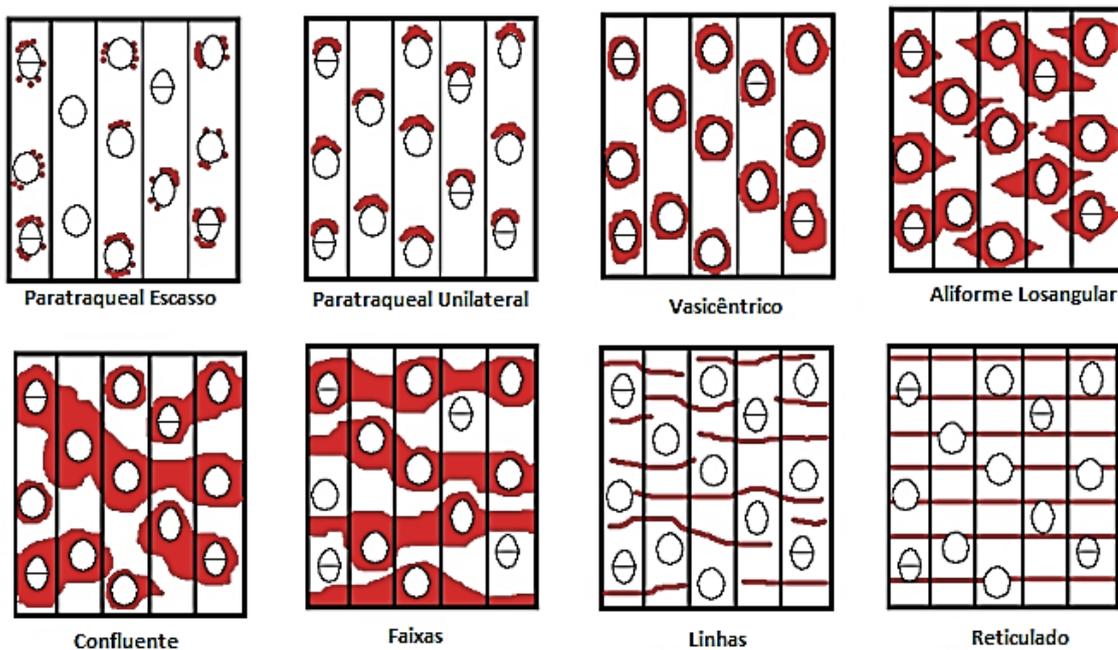
X - Transversal: Perpendicular ao eixo do caule, neste plano o corte fornece uma seção transversal ao eixo da árvore. (BOTOSSO, 2011);

T - Longitudinal tangencial: tangencialmente em sentido ao limite dos anéis de crescimento, ou perpendicular à direção dos raios, sendo esta, paralela ao eixo do tronco (BOTOSSO, 2011);

R - Longitudinal radial: Orientado no sentido dos raios em seção transversal. Paralela aos raios ou perpendicular ao limite dos anéis de crescimento (BOTOSSO, 2011).

No sentido transversal do corte são analisados a organização, o tamanho, e a distribuição dos poros e dos parênquimas (figura 6), essas são características relevantes e valiosas para caracterização e identificação de espécies de vegetais carbonizados.

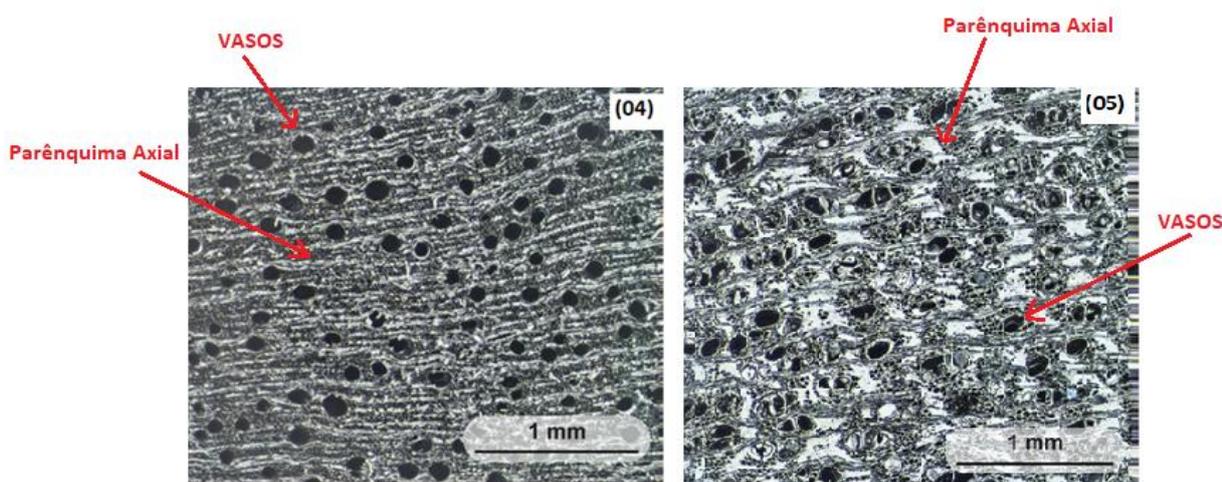
Figura 6: Representação dos tipos de parênquima axial, na seção transversal.



Fonte: Zenid; Ceccantini (2007). Adaptado pela autora (2022).

O que diferenciam as espécies são as distribuições, as formas dos arranjos e os tamanhos desses tipos de suas células que constituem a madeira, conforme demonstrado na figura 7, onde duas espécies vegetais a *Myrcia bella* e a *Qualea grandiflora* apresentam características anatômicas bem distinta uma da outra, principalmente no arranjo dos vasos e na forma dos parênquimas.

Figura 7: Representação da distribuição das células (Vaso e Parênquima) em espécies de vegetais distintas. Espécie (04) *Myrcia bella* e (05) *Qualea grandiflora*. Secção transversal.



De forma geral a porosidade e os parênquimas axiais podem ser representados de diferentes maneiras conforme apresenta a figura 7. Os agrupamentos dos vasos podem ser solitário, múltiplos (radiais ou tangenciais) ou em cachos (grupos). Os poros múltiplos de dois são chamados geminados. Portanto, o tamanho e a forma com que os poros ficam dispostos são característica única de cada espécie.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Análise de pH do solo arqueológico

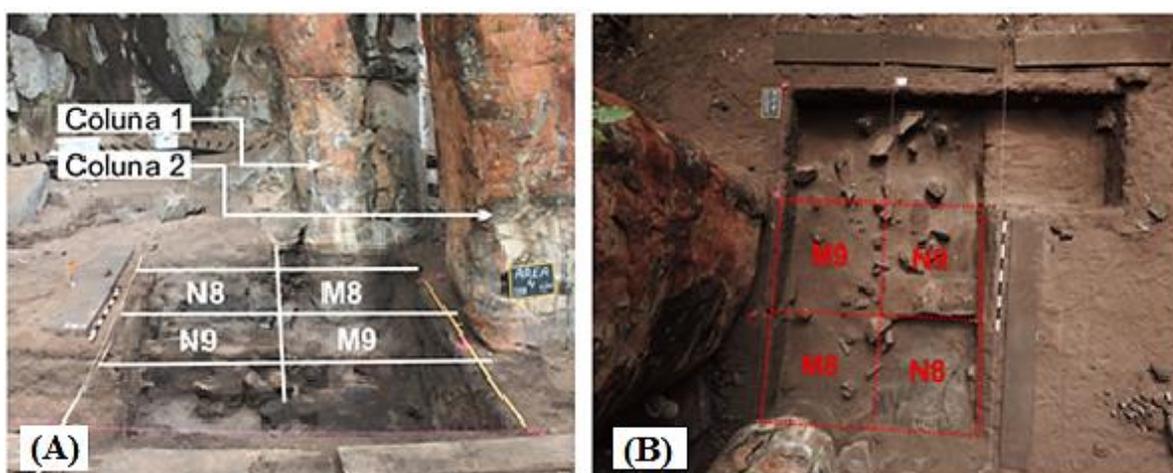
As amostras de solos foram coletadas no sítio arqueológico Templo dos Pilares, localizado no município de Alcínópolis. Foram consideradas para esse estudo as quadriculas N8, N9, M8 e M9 escavadas na expedição realizada pelo grupo de pesquisa do Laboratório de Arqueologia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul no ano de 2018.

As amostras utilizadas foram retiradas durante a prospecção realizada no sítio arqueológico em outubro de 2018, guardadas em sacos plásticos fechados, armazenados em local sem incidência de luz e umidade, sendo então, submetidas às análises.

As escavações seguiram o modelo de progressão em níveis artificiais, de 10 cm em 10 cm de profundidade, com áreas delimitadas por quadrículas, cada qual com um metro quadrado. O estudo centrou-se nas quadrículas N8, N9, M8 e M9, situadas junto aos pés das colunas de pedras naturais, conforme indicado na figura 8. Nessas quadrículas era nítida a variação da cor do solo em diferentes níveis.

Para tanto, foram medidos o pH das amostras de solo coletadas em todos os níveis de profundidade escavados dessas quadrículas.

Figura 8: Imagens da área prospectada em 2018, indicando as quadrículas de onde foram retiradas as amostras de solo, relativamente às colunas 1 e 2 (A) e vistas de cima (B). Sítio Arqueológico Templo dos Pilares, Alcinópolis, MS, Brasil.



Foram realizadas análises de pH em solução padrão de CaCl_2 , com pHmetro por meio do eletrodo combinado HI 3221 pH/ORP/ISE Meter, ajustado com o agitador magnético IKA color squid white.

Figura 9: Amostras de solo utilizadas para as análises de pH.



Como procedimento geral, foram colocados 10 mL de solo em um béquer de 100 mL, e adicionados 25 mL de CaCl₂ 0,01M. Essa mistura foi homogeneizada manualmente com bastão de vidro e permaneceu em repouso por 30 minutos. Em seguida, a suspensão do solo em CaCl₂ foi filtrada com papel de filtro em um béquer de 50 mL, de forma que o eletrodo do equipamento ficou imerso no sobrenadante e isento de partículas de solo. Foi, então, efetuada a leitura do pH da solução, sob agitação de 1800 rpm.

As análises foram realizadas em triplicatas para todas as amostras de solos coletados e efetuadas conforme metodologia descrita em Embrapa (1997).

4.2 Análises de FT-IR e Raman do solo arqueológico

A amostra de solo cru foi coletada seguindo o método de quadriculamento realizado no sítio arqueológico Templo dos Pilares e foi separada de acordo com os níveis de escavação, no qual a amostra utilizada no presente estudo foi coletada na quadricula N8 do nível 3, que corresponde a 30 cm de profundidade, e para as análises de FT-IR e Raman, foi seca em estufa por 12 horas a 200°C.

Os dados espectrais de FT-IR foram registrados no instrumento *JASCO* FT/IR- 4100, (Fourier Transform Spectrometer), usando aproximadamente 10 mg de amostra de solo com aproximadamente 100 mg de KBr, (brometo de potássio). A amostra foi misturada com KBr até que uma mistura homogênea fosse obtida, assim foram prensados para formação de um disco, que posteriormente foi encaixado no porta amostra para obtenção dos espectros, no qual foram registrados na faixa de 400 a 4000 cm^{-1} , e a resolução espectral utilizada foi de 4 cm^{-1} (SECCATTO et al., 2021).

A análise de Raman foi realizada com o equipamento Tip Enhanced Raman Scattering, onde a região observada no espectro foi de 40 a 2000 cm^{-1} , com o objetivo de promover uma identificação e caracterização dos componentes presentes no solo.

4.3 Coleta das amostras para carbonização

Foram coletadas em ambiente de Cerrado 23 amostras de madeira, apresentadas na tabela 1. As amostras analisadas são de espécies arbóreas da flora contemporânea coletadas no sítio arqueológico ‘Templo dos Pilares’, Alcinópolis, Mato Grosso do Sul e previamente identificadas pelo botânico Prof. Dr. Geraldo Damasceno Júnior, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

TABELA 1: Espécies da flora contemporânea do sítio arqueológico ‘Templo dos Pilares’ de onde foram coletadas as amostras para análise.

Família	Nome Científico
Annonaceae	<i>Xylopia aromática</i>
Caryocaraceae	<i>Caryocar brasiliense</i>
Clusiaceae	<i>Kielmeyera cf. rubriflora</i>
Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i>
Dilleniaceae	<i>Davilla elliptica</i>
Fabaceae	<i>Anadenathera peregrina</i>
Fabaceae	<i>Bauhinia sp.</i>
Fabaceae	<i>Copaifera langsdorfii</i>
Fabaceae	<i>Dipteryx alata</i>
Fabaceae	<i>Diptychandra aurantiaca</i>
Fabaceae	<i>Hymenaea stigonocarpa</i>
Fabaceae	<i>Inga laurina</i>
Fabaceae	<i>Machaerium acutifolium</i>
Fabaceae	<i>Pterodon emarginatus</i>
Fabaceae	<i>Stryphnodendron adstringens</i>
Fabaceae	<i>Vatairea macrocarpa</i>
Loganiaceae	<i>Strychnos pseudoquina</i>
Malpighiaceae	<i>Byrsonima verbascifolia</i>
Memecylacae	<i>Mouriri elliptica</i>
Myrtaceae	<i>Myrcia bella</i>
Rubiaceae	<i>Cordia sessilis</i>
Vochysiaceae	<i>Qualea grandiflora</i>
Vochysiaceae	<i>Qualea parviflora</i>

As amostras de madeira foram cortadas com dimensões de 3 x 3 x 5 cm, foram envolvidas individualmente em papel alumínio (para melhores condições de carbonização) conforme demonstrado na figura 10, as amostras foram identificadas e submetidas a um processo de carbonização em forno mufla com controle automático de temperatura por aproximadamente 5 horas, com taxa de aquecimento de 1,66 °C/min. Foram carbonizados a uma temperatura de 450°C.

Figura 10: Preparação das amostras de espécies vegetais para o processo de carbonização.



Após a carbonização, os carvões foram embalados em sacos plásticos individuais; rotulado com os respectivos nomes correspondentes a cada amostra da madeira conforme demonstrado na figura 11.

Figura 11: Carvões das espécies carbonizadas, separados de acordo com a espécie após o processo de carbonização.



A fragmentação do carvão vegetal foi realizada de forma manual com lâmina, seguindo a orientação nos três planos anatômicos, utilizados em estudos de madeira, a saber: transversal, longitudinal e radial.

Diante do pressuposto de que a partir da caracterização dos carvões de espécies da flora contemporânea possam-se identificar espécies de vegetais pré-históricas dos carvões arqueológicos, foi realizada também a análise microscópica dos carvões arqueológicos com o intuito de, por comparação entre as imagens, identificar alguma espécie vegetal pré-histórica

por meio das espécies contemporâneas, e assim contribuir com estudos arqueológicos e antracológicos.

4.4 Coleta dos carvões arqueológicos

As amostras de carvões arqueológicos foram coletadas nas escavações das expedições realizadas no sítio arqueológico Templo dos Pilares, localizado no município de Alcinópolis/MS. No que se refere às áreas escavadas as amostras dos carvões foram retiradas seguindo do modelo de progressão de níveis artificiais, de 10 cm em 10 cm, com áreas delimitadas por quadriculas, cada qual com um metro quadrado conforme demonstrado na figura 12.

Figura 12: Demonstração da área de escavação da coleta das amostras dos carvões arqueológicos.



Acessando o QR Code é possível acessar o vídeo produzido pelo laboratório de arqueologia (UFGD), que apresenta uma síntese sobre a escavação arqueológica. Sítio Arqueológico Templo dos Pilares, Alcinópolis/MS, Brasil. **Fonte:** Souza; Aguiar (2016). Adaptada pela autora (2022).

Os carvões arqueológicos coletados nas quadriculas foram nomeados de acordo com as quadriculas de coleta, nível de profundidade e após foram armazenados em tubos falcon estéril de plástico conforme a figura 13, para análises em microscópio.

Figura 13: Demonstração das amostras dos carvões arqueológicos, com suas nomenclaturas para armazenamento. Coleta no Sítio Arqueológico Templo dos Pilares (2018).



As amostras de carvões foram feitas manualmente no plano transversal e as micrografias foram analisadas em estereomicroscópio óptico ZEISS Stereo Discovery.V12. A (PlanApo S 1,0x FWD 60 mm), com ampliação de 80x. A análise das imagens, dos padrões e medições dos parâmetros anatômicos das amostras dos carvões foi efetuada pelo software de tratamento de imagens ImageJ LEMN/ UFABC, (2021).

As micrografias dos carvões foram analisadas todas na seção transversal, pois esta secção nos fornece um número maior de informações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 pH do solo arqueológico

Os resultados de pH das amostras de solo analisados, mostraram que os valores variaram de acordo com a profundidade das camadas escavadas. Ficou evidenciado também que as quadriculas tiveram comportamentos diferentes para os valores do pH.

Verificou-se que os resultados apresentaram nos primeiros dez centímetros correspondentes ao primeiro nível de escavação das quadriculas N8 e N9 valores do pH variaram próximos de 4,3 e 4,6, o que caracteriza uma faixa de acidez elevada para o solo. Os resultados obtidos nesse nível foram os mais baixos valores de pH das quadrículas N, ou seja, é o nível de maior acidez dessas quadrículas.

Esses resultados obtidos para o pH nas camadas superficiais podem estar relacionados aos depósitos de resíduos e de restos de matéria orgânica ou inorgânica, bem como acúmulo de líquidos superficiais trazidos pelas águas das chuvas (SANTOS et al., 2015).

Observou-se também que, nas quadriculas N8 e N9 os valores do pH aumentaram conforme a profundidade, estando mais elevados entre os níveis 4 e 5 com valores variando nas faixas de 6,2 e 6,5, ou seja, apresentaram menor acidez nesses níveis (Figura 14). Esta elevação nos valores de pH, pode estar associada à maior presença de vestígios arqueológicos. Notavelmente, a quantidade de cinzas e carvões eram maiores nestes níveis. Isso vem de encontro às afirmações de Santos et al, (2015) de que a presença de carvão arqueológico no solo pode elevar significativamente os valores do pH.

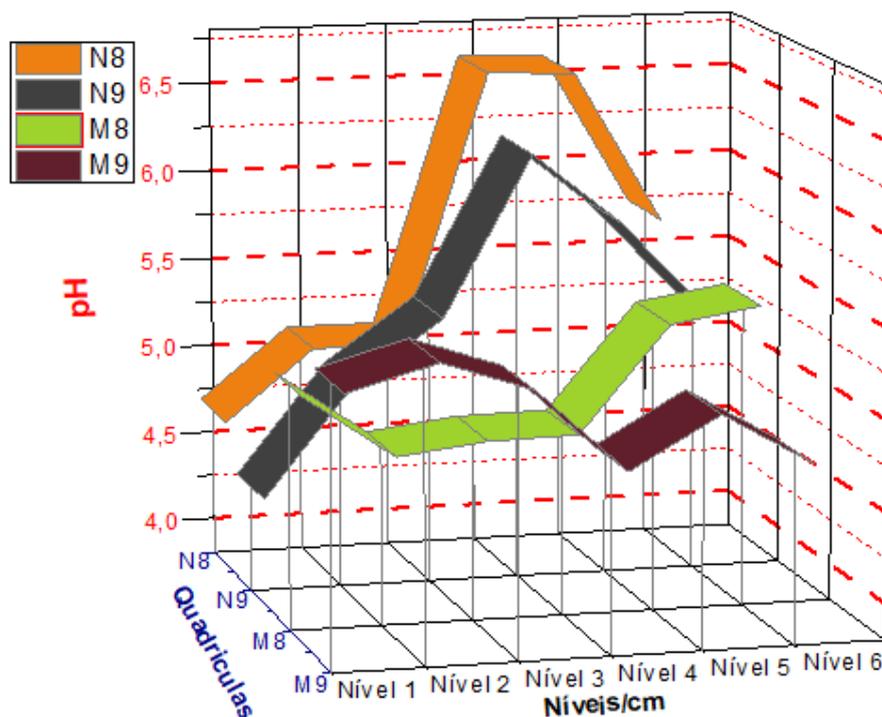
O gráfico da figura 14 também mostra que os resultados de pH das quadriculas M8 e M9, expressaram um comportamento diferente das quadriculas N, com valores menores de pH, indicando um solo mais ácido nos níveis mais intermediários (3 a 5).

A quadricula M9 apresentou menores valores de pH no nível 4, na faixa de 4,8, ao contrário dos encontrados para as quadriculas N8 e N9, nos mesmos níveis. Esta acidez pode estar associada ao aumento da concentração de CO₂, derivado da decomposição de matéria orgânica presente neste solo ou, até mesmo, da respiração de microrganismos, condições que corroboram fortemente com o aumento da acidez do solo (SANTOS et al., 2015).

Nas quadriculas N8 e N9 obteve-se um pico de pH, mais elevado no nível 4, indicando pH menos ácido e nas regiões mais superficiais os valores de pH entre 4,4 a 4,6, indicando elevação da acidez. Já nas quadriculas M8 e M9 verifica-se que o pH no nível 4 apresentou uma faixa de 4,8 o que demonstra uma acidez mais elevada do que nos níveis superficiais.

Por meio do gráfico (figura 14), apresenta-se uma comparação entre as amostras analisadas.

Figura 14: Comparação entre os valores de pH determinados para as amostras de solo coletadas nas quadriculas N8, N9, M8 e M9, de acordo com os níveis de escavação, amostras retiradas do sítio arqueológico Templo dos Pilares- Alcínópolis, MS. Área prospectada em 2018.



Durante as análises observou-se, também, que as amostras tinham aspectos físicos diferentes entre os distintos níveis de escavação. As amostras dos níveis superficiais tinham aspecto de um solo mais solto e com coloração mais clara do que os níveis de maior profundidade, que por sua vez tinham aspecto de um solo húmico e de coloração escura. Isso ocorre porque os sedimentos mais superficiais são depositados pelo processo erosivo das paredes de arenito do abrigo e estão sujeitos a vários agentes contemporâneos de perturbações. A partir do nível 3 os elementos contaminantes, ou seja, de perturbação do conteúdo arqueológico, são mais raros.

Considerando que as amostras de solo coletadas no sítio arqueológico no decorrer das escavações podem ter sido derivadas de supostas áreas utilizadas na prática da vida social, como celebrações de rituais, produção de artefatos e queima de grandes fogueiras, com imensas concentrações de carvões, acreditamos que os valores obtidos para o pH, podem estar diretamente relacionados as substâncias presentes no solo em decorrência destas práticas.

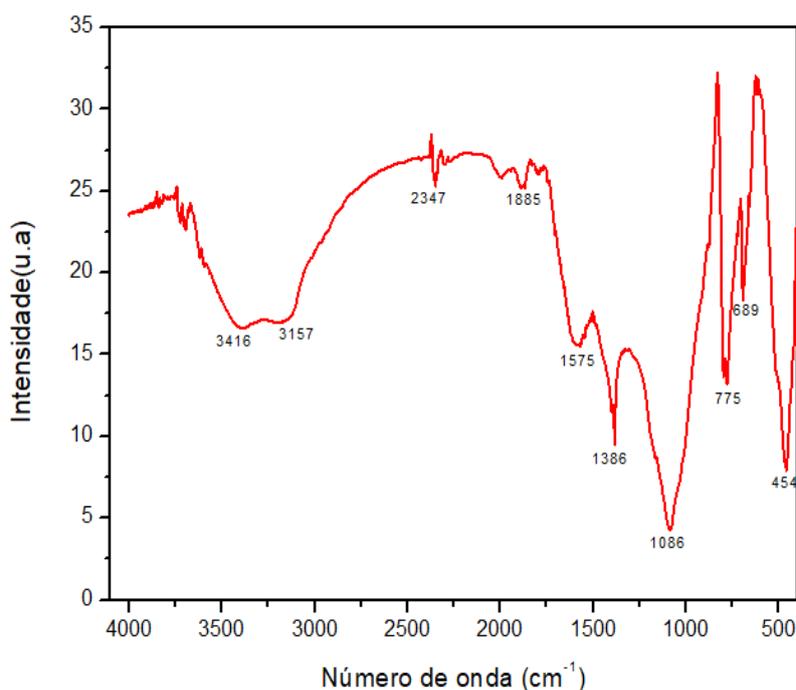
De todas as formas, a característica física dos solos de Mato Grosso do Sul, que naturalmente apresentam elevada acidez, impede que mais interpretações sejam feitas sobre a variação nos valores de pH.

Os resultados para diferentes valores do pH apresentados pelo solo derivado do sítio arqueológico Templo dos Pilares, nos revelam um pouco sobre as atividades humanas durante a época pré-histórica, pois sabe-se que o sítio é caracterizado por diferentes ocupações humanas ao longo do tempo. Assim sendo, os resultados mostram que o tempo pode inferir nas características do solo que pode ter passado por diversas modificações biológicas e físico-químicas.

5.2 FT-IR e RAMAN do solo arqueológico

A partir do espectro obtido na análise de espectroscopia de infravermelho, (FT-IR), apresentado na figura 15, foi possível observar que o espectro da amostra de solo é caracterizado por várias bandas, sendo os principais encontrados em 3416, 3157, 2347, 1885, 1575, 1386, 1086, 775, 689 e 454.

Figura 15: Espectro de FT-IR do solo arqueológico, (Q.N8 nível 3).



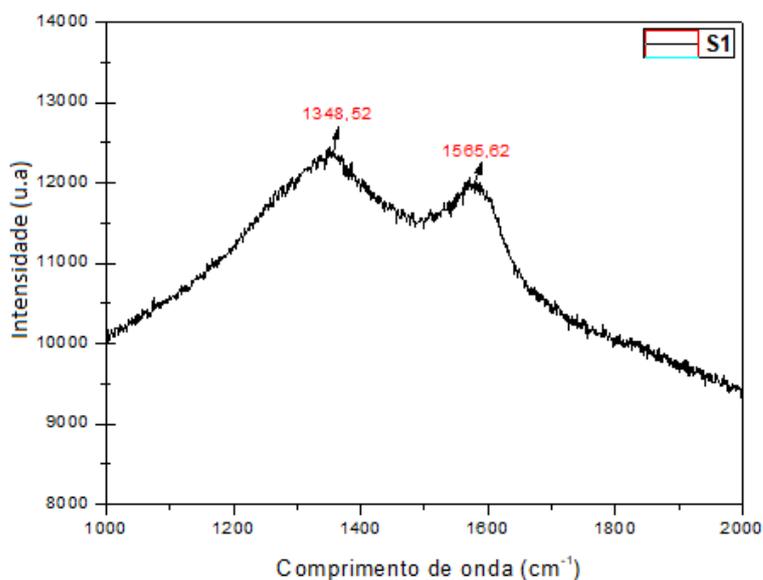
Os picos que aparecem nas bandas entre as faixas de 689 a 775 cm^{-1} , são característicos de compostos aromáticos e de grupos de minerais, (C-H deformados; O-H deformados). Esses compósitos podem estar relacionados a acúmulos de substâncias pretéritas enterradas no solo, podendo ter um acréscimo de acordo com a profundidade da coleta. As bandas entre as faixas de 775 a 1086 cm^{-1} podem ser referente aos grupos de Carboidratos; Silicatos de Alumínio dos Minerais, (C-OH); (-COH), e estiramento, (C-O-C) (PADILHA, et. al 2017).

Os grupos evidenciados devido da presença de grandes quantidades de fragmentos pirogênicos encontrados na amostra e em virtude também de grandes quantidades de matéria orgânica, o que explica também o aumento do pH nesse nível.

Além de que a presença da banda em 1086 cm^{-1} referente às vibrações O-Al-OH, pode estar relacionada com a presença de caulinita, que segundo Dick et al, (2002), é confirmada pela vibração de O-Al-OH. Os picos observados no espectro na banda de 3416 cm^{-1} são característicos da vibração O-Al-OH, e a região de 1575 refere-se à deformação axial de C=C que são típicos dos grupos aromáticos, relacionados à presença de carbono no solo, que característico de uma composição de matéria orgânica humificada (SECCATTO et al., 2021).

Foi observado na análise da espectroscopia Raman que o gráfico é caracterizado por dois principais picos encontrados em 1348 cm^{-1} e 1565 cm^{-1} , apresentados na figura 16.

Figura 16: Espectro Raman do solo arqueológico, (Q.N8 nível 3).



O gráfico apresentou picos que são característicos de carbono amorfo, o pico na faixa próxima de 1348 cm^{-1} , mostra um conjunto de variáveis que podem indicar o grau de cristalinidade ou amorfização dos materiais.

A banda próxima de 1565 cm^{-1} apresentou estruturas que é característico de carbono amorfo, minerais e partículas de material orgânico pirolisado depositados no solo por civilizações pretéritas, e essas quantidades podem aumentar de acordo com a profundidade (SECCATTO et al., 2021).

Segundo PADILHA, et. al, (2017), a presença de carbono no solo está associado a presença de grandes quantidades de fragmentos pirogênicos encontrados na amostra e em virtude também a quantidade expressiva de matéria orgânica que podem estar relacionados a acúmulos de substâncias pretéritas enterradas no solo.

5.3 Caracterizações dos carvões das espécies vegetais coletadas

Foram coletadas e analisadas 23 espécies de lenho vegetal no sítio arqueológico ‘Templo dos Pilares’, de acordo com a descrição das características de cada espécie são apresentadas suas respectivas fotografias.

Na comparação entre a estrutura anatômica do lenho carbonizado das espécies analisadas, observou-se que as espécies apresentaram características anatômicas distintas com especificidades próprias, apresentadas na tabela 2 a seguir:

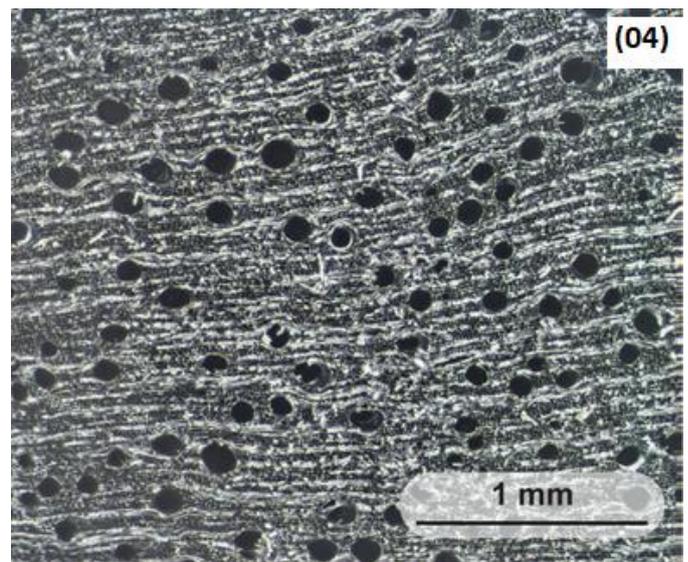
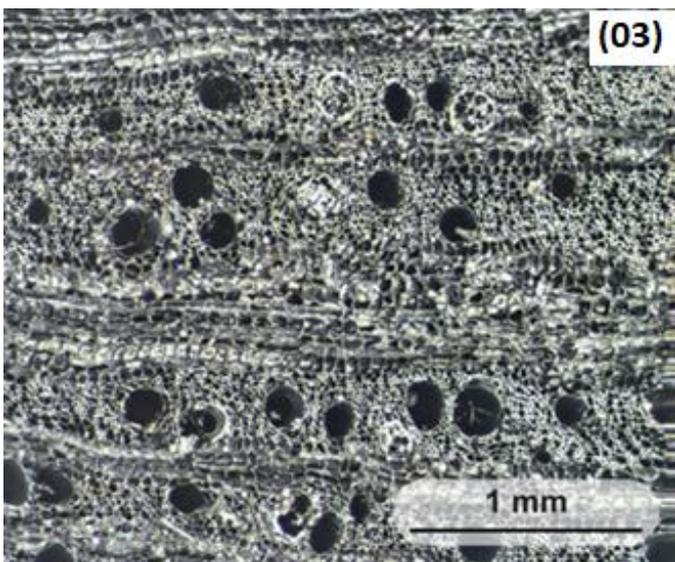
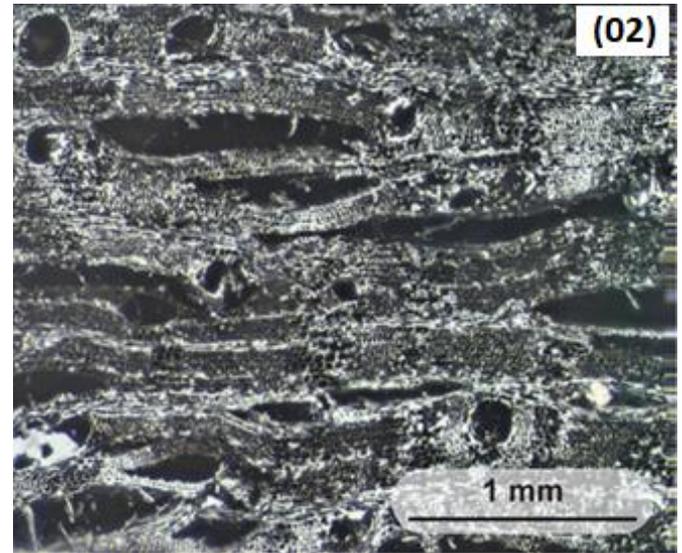
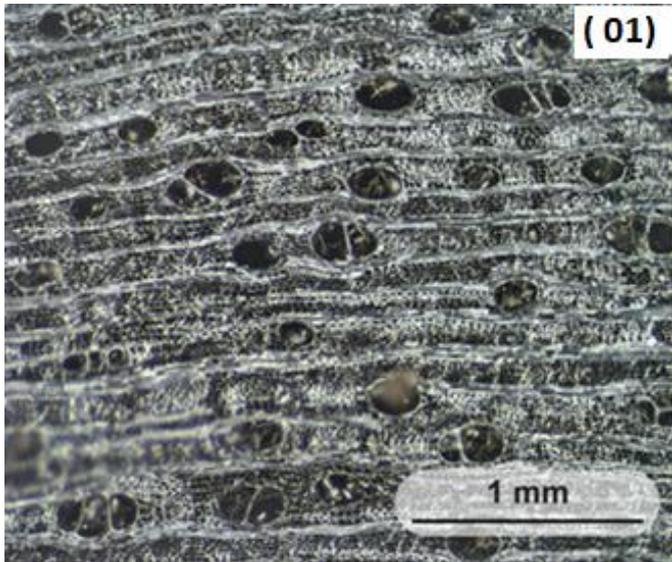
TABELA 2: Características anatômicas das espécies analisadas.

Espécies	Caracteres	Vasos Ø [µm]	freq/mm ²	Parênquima Axial tipo	Tx	Rp	OP
01- <i>Machaerium acutifolium</i>		12,97 ± 0,40	30	(linhas - faixas - difuso em agregados)	fi	-	-
02- <i>Xylopia aromática</i>		1,41 ± 0,01	44	(linhas - difuso - escaliforme)	fi-md	✓	-
03- <i>Qualea grandiflora</i>		6,65 ± 0,07	78	(vasicêntrico - confluyente - difuso - difuso em agregados)	md-G	-	-
04- <i>Qualea parviflora</i>		Indefinido*	-	(confluyente - difuso em agregados)	fi	-	-
05- <i>Bauhinia sp.</i>		Indefinido*	-	(linhas pouco demarcadas - estratificadas)	fi	-	-
06- <i>Caryocar brasiliense</i>		16,86 ± 0,75	21	(vasicêntrico - confluyente - difuso e difuso em agregados)	fi	-	✓
07- <i>Stryphnodendron adstringens</i>		6,04 ± 0,10	49	(confluyente - difuso - difuso em agregados)	md-G	✓	✓
08- <i>Byrsonima verbascifolia</i>		4,14 ± 0,03	103	(faixas - marginal - confluyente- difuso em agregados)	G	✓	✓
09- <i>Curatella americana</i>		19,08 ± 0,72	25	(faixas - marginal - confluyente - difuso - difuso em agregados)	fi	-	✓
10 - <i>Kielmeyera cf. rubriflora</i>		5,04 ± 0,03	120	(paratraqueal escasso - linhas-confluyente - difuso em agregados)	G	-	-
11 - <i>Mouriri elliptica</i>		6,63 ± 0,07	75	(vasicêntrico - confluyente - paratraqueal escasso-difuso - difuso em agregado)	md-G	✓	✓
12 - <i>Cordia sessilis</i>		1,98 ± 0,002	488	(vasicêntrico - confluyente - aliforme - difuso- difuso em agregados)	G	✓	✓
13- <i>Dipteryx alata</i>		8,30 ± 0,11	63	(vasicêntrico - confluyente - difuso- difuso em agregados)	md -G	-	-
14 - <i>Inga laurina</i>		9,61 ± 0,24	36	(linhas - difuso em agregados)	fi-md	-	-
15 - <i>Pterodon emarginatus</i>		6,74 ± 0,10	53	(vasicêntrico - Pouco distinto - difuso)	md-G	-	-
16 - <i>Hymenaea stigonocarpa</i>		39,00 ± 7,60	5	(vasicêntrico - faixas - confluyente- aliforme losangular - difuso e difuso em agregados)	fi	-	-
17- <i>Anadenathera peregrina</i>		6,31 ± 0,12	42	(linhas-difuso em agregados)	fi-md	-	✓
18 - <i>Myrcia bella</i>		7,86 ± 0,11	64	(linhas - difuso - difuso em agregados)	md -G	-	-
19- <i>Copaifera langsdorfii</i>		8,08 ± 0,14	50	(vasicêntrico - tendendo a aliforme e em linhas marginais -difuso-difuso em agregados)	md-G	-	✓
20- <i>Diptychandra aurantiaca</i>		5,69 ± 0,02	250	(paratraqueal escasso - linhas-difuso - difuso em agregados)	G	-	✓
21- <i>Strychnos pseudoquina</i>		13,06 ± 0,46	26	(marginal - Faixas largas - difuso - difuso em agregados)	fi	-	-
22- <i>Vatairea macrocarpa B. Ducke</i>		3,94 ± 0,05	58	(aliforme linear - linhas - paratraqueal escasso)	md-G	✓	-
23 - <i>Davilla elliptica</i>		41,35 ± 3,10	13	(linhas - paratraqueal - tendendo a aliforme linear- difuso em agregados)	fi	-	-

Legenda: ✓ presença; – ausência; **Vasos :** Ø Diâmetro dos Vasos [µm]; **freq/mm²** Frequência de vasos por mm² ; **Parênquima axial :** tipo; **Tx** textura (**fi** = fina, **md** = média, **fi-md** = fina a média, **G** = grossa, **md-G** = média a grossa; **Rp** – rupturas; **OP** Obstrução de poros. Os resultados são apresentados como valores médios (mínimo-máximo), desvio padrão.

Todas as imagens estão apresentadas na secção transversal do corte, devido ao número maior de células apresentadas neste sentido. Nesta secção analisamos a frequência, o tamanho dos vasos, os parênquimas axiais e a textura de cada espécie.

Figura 17: (Imagens microscópicas dos carvões); *Machaerium acutifolium* (01); *Hymenaea stigonocarpa* (02); *Curatella americana* (03); *Myrcia bella* (04). Plano transversal.



(01) *Machaerium acutifolium*

A espécie *Machaerium acutifolium*, pertence à família Fabaceae é popularmente conhecida como “Jacarandá” é uma espécie de arbusto, árvore e liana com ramos cilíndricos, sua altura atinge até 20 m e seu diâmetro 50 cm (FILARDI e CARDOSO, 2020).

Pode-se observar que as características anatômicas analisadas na secção transversal da espécie apresentaram textura fina, com camadas de crescimento demarcadas pelo parênquima marginal.

Ficou evidenciado que os resultados da imagem (01) da figura 17, que a espécie *Machaerium acutifolium*, apresenta vasos médios frequentes; uma porosidade difusa; arranjo tangencial; com presença de vasos solitários e múltiplos de 2-3; obstrução de vasos ausentes. Os resultados demonstraram parênquima axial demarcado como marginal com linhas, faixas, difuso em agregados. Os vasos analisados apresentaram diâmetro com média de $12,97 \pm 0,40 \mu\text{m}$.

(02) *Hymenaea stigonocarpa*

A espécie de madeira *Hymenaea stigonocarpa*, conhecida popularmente como “Jatobá” da família Fabaceae é uma espécie naturalmente típica do estado de Mato Grosso do Sul, habitando nas formações do Cerrado, sobre solo arenoso, possui madeira pesada, dura e com boa durabilidade e é muito utilizada na construção civil principalmente em ambientes externos, esta espécie está na lista de flora brasileira ameaçada em extinção (FERREIRA et al., 2021).

Com os resultados da imagem (02) da figura 17, pode-se observar que no corte transversal a espécie apresentou uma textura fina com camadas de crescimento demarcadas pelo parênquima. Quanto ao parênquima axial, percebe-se que ele se caracteriza como vasicêntrico em faixas, confluyente, aliforme losangular.

Observou-se também uma porosidade difusa e difusa em agregados com arranjo tangencial; solitários com vasos maiores solitários e vasos menores múltiplos; observou-se vasos poucos frequente e linhas vasculares irregulares, presença de raios finos e pouco numerosos com estratificação ausente, também foi analisada a frequência e o diâmetro dos vasos que apresentaram média de $39,00 \pm 7,60 \mu\text{m}$.

(03) *Curatella americana*

A *Curatella americana* é uma espécie característica do Cerrado, pertencente à família Dilleniaceae e é costumeiramente conhecida como “Lixeira grande” ou “Folha-de-lixia”, devido a sua característica marcante de ter suas folhas asperas. Sua planta possui troncos com casca grossa acinzentada podendo atingir de 6 a 10 metros de altura e sua madeira é muito utilizada em construções civis para acabamentos internos, cercas e fabricação de móveis simples (TEIXEIRA et al., 2017).

De acordo com os resultados apresentados pela imagem (03) da figura 17, observa-se que a espécie evidenciou uma textura fina com vasos médios frequentes; uma porosidade difusa; arranjo tangencial; com presença de vasos solitários e múltiplos de dois, com alguns vasos obstruídos presente.

Os resultados apontaram um parênquima axial demarcado como marginal em faixas, confluyente, com vasos apotraqueal difuso e difuso em agregados, e o diâmetro dos vasos com média de $19,08 \pm 0,72\mu\text{m}$.

(04) *Myrcia bella*

A *Myrcia bella* é uma espécie da família Myrtaceae, peculiar do Cerrado e Cerradão, é uma árvore de pequeno porte com tronco sulcado longitudinalmente e ramos jovens com pilosidade esbranquiçada. As folhas são simples, opostas e levemente pilosas na face abaxial. Seu tronco tortuoso possui casca espessa.

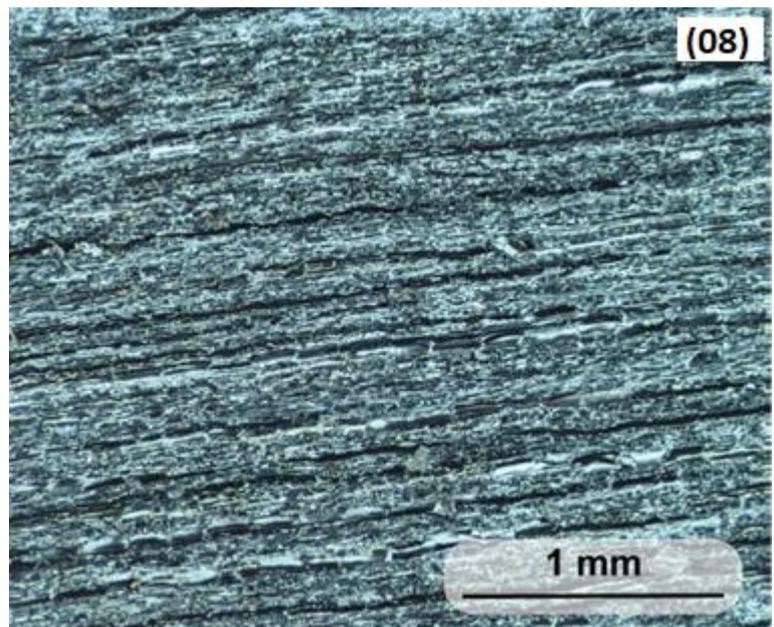
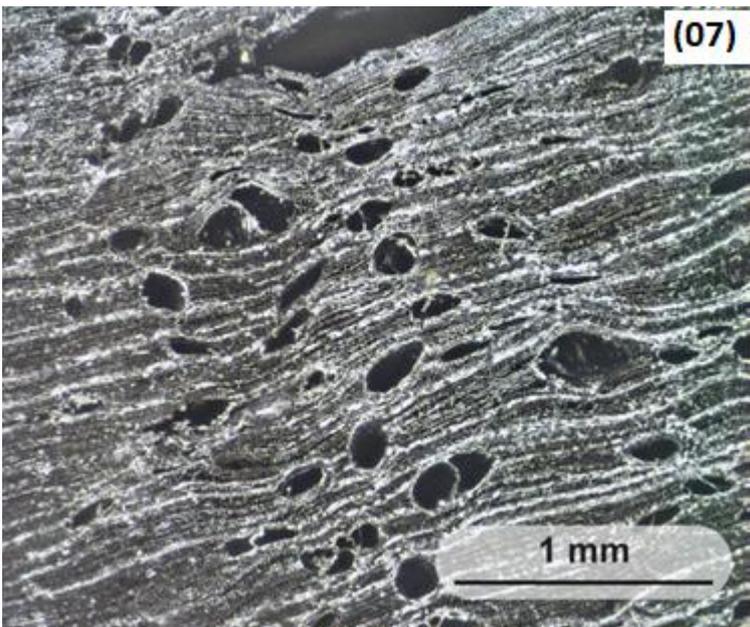
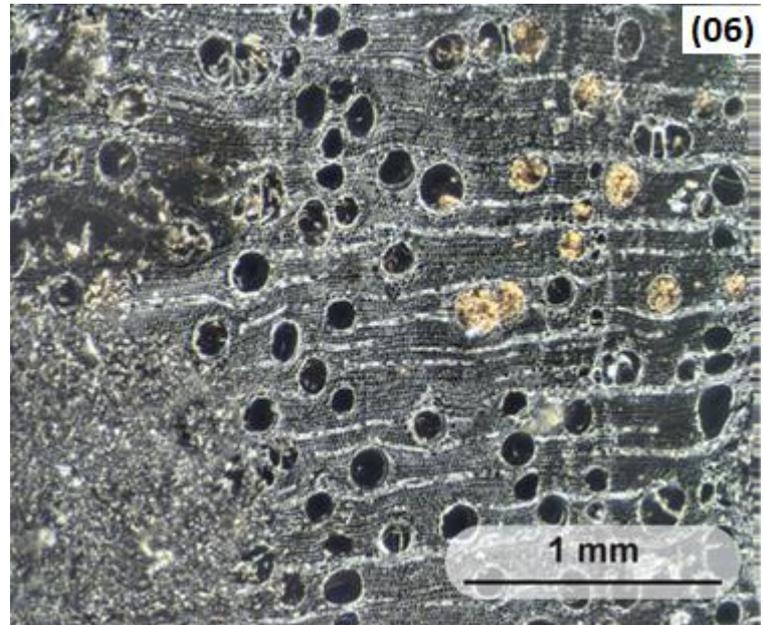
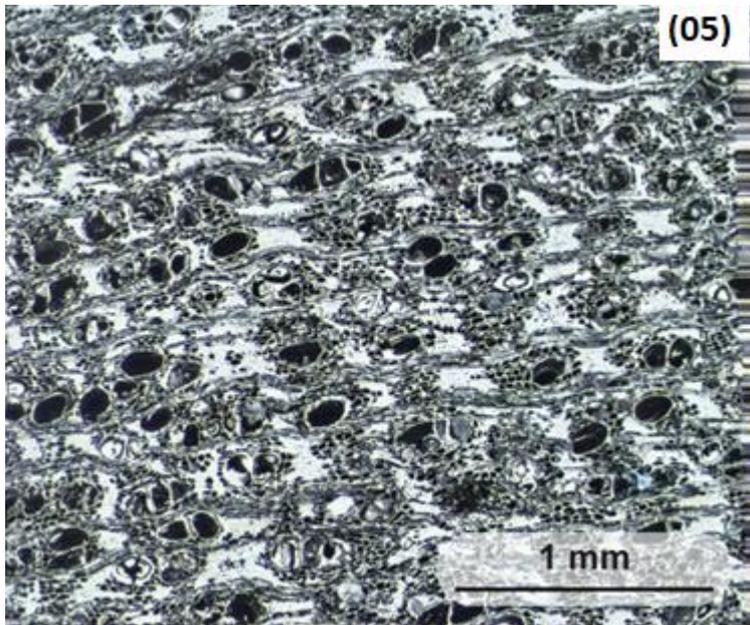
É uma espécie bastante utilizada no uso do paisagismo ou na arborização urbana, e também é conhecida popularmente como “Mercurinho” devido suas propriedades medicinais de uso vulgar.

Com os resultados da imagem (04) da figura 17, observamos que na seção transversal a espécie exibiu em suas características anatômicas uma textura porosa de média a grossa, com camadas bem demarcadas pelo parênquima marginal.

Explorando o parênquima axial, percebe-se que o mesmo se caracteriza em linhas, difuso e difuso em agregados. A espécie também apresentou uma porosidade com arranjo tangencial; solitários com diâmetro maiores, solitários e vasos menores;

observou-se a presença de raios finos e pouco numerosos com estratificação ausente, e apresentou vasos com média de diâmetro de $7,86 \pm 0,11 \mu\text{m}$.

Figura 18: (Imagens microscópicas dos carvões); *Qualea grandiflora* (05); *Copaifera langsdorfii* (06); *Inga laurina* (07); *Bauhinia spp* (08). Plano transversal.



(05) *Qualea grandiflora*

A *Qualea grandiflora* pertence à família da Vochysiaceae e é conhecida geralmente como “Pau terra de folha larga”, sua planta é melífera. Esta espécie possui madeira moderadamente pesada e macia com cerne de amarelado a marrom, é uma árvore extremamente escleromórfica (retorcida), bastante abundante em regiões de Cerrado e Cerradão. Sua madeira é muito utilizada em áreas rurais para construção de cercas e móveis rústicos (CARVALHO, 2008).

Os resultados das análises anatômicas observados na imagem (05) apresentada na figura 18 transversalmente, nota-se que a espécie possui textura de média a grossa, com vasos frequentes; porosidade difusa e difuso em agregados com presença de vasos solitários e múltiplos de 2 e 3. O parênquima axial demarcado, vasicêntrico, confluyente e os vasos com média de $6,65 \pm 0,07\mu\text{m}$ diâmetro.

(06) *Copaifera langsdorffii*

Copaifera langsdorffii esta espécie é da família Fabaceae (Leguminosae) e a subfamília das Leguminosae: Caesalpinioideae, popularmente conhecida como “Pau óleo” ou “Óleo-copaíba” por se tratar de uma espécie produtora de óleo que é extraído de seu caule. Essa espécie é vulgarmente conhecida como antibiótico da mata, no qual é muito utilizada para fins medicinais. Sua madeira possui grande resistência e é muito utilizada na construção civil em produção de móveis e peças torneadas usadas em maquinário (CARVALHO, 2003).

Com os resultados obtidos das imagens microscópicas analisadas pode-se verificar que a espécie apresentou uma textura de média à grossa com vasos bem definidos e frequência numerosa de aproximadamente $50/\text{mm}^2$, foi percebida a obstrução parcial de alguns vasos, obstruções com tons amarelados, no qual acredita-se que essas obstruções possam ser devido à característica oleaginosa da espécie.

Na imagem (06) pode-se observar que na seção transversal que a espécie exibiu em suas características anatômicas um parênquima axial, que se caracteriza como vasicêntrico tendendo a aliforme, linhas marginais e difuso em agregados. A espécie também apresentou uma porosidade com arranjo tangencial; vasos solitários com

diâmetro maiores, solitários e vasos menores difusos e difusos em agregados múltiplos de 2-3, com média de diâmetro de $8,08 \pm 0,14 \mu\text{m}$; conforme apresentado na tabela 2.

(07) *Inga laurina*

Inga laurina é uma espécie da família Fabaceae, muito conhecida por ser uma espécie frutífera e por seus frutos serem comestíveis e consumidos pela fauna em geral. Essa espécie tipicamente dos biomas brasileiros; Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, é conhecida vulgarmente como “Ingá branco”. Sua árvore atinge cerca de vinte metros de altura, e sua distribuição é ampla por todo continente americano. Possui madeira pouco resistente com densidade moderadamente alta e é muito utilizada em arborização urbana (CNC Flora, 2012).

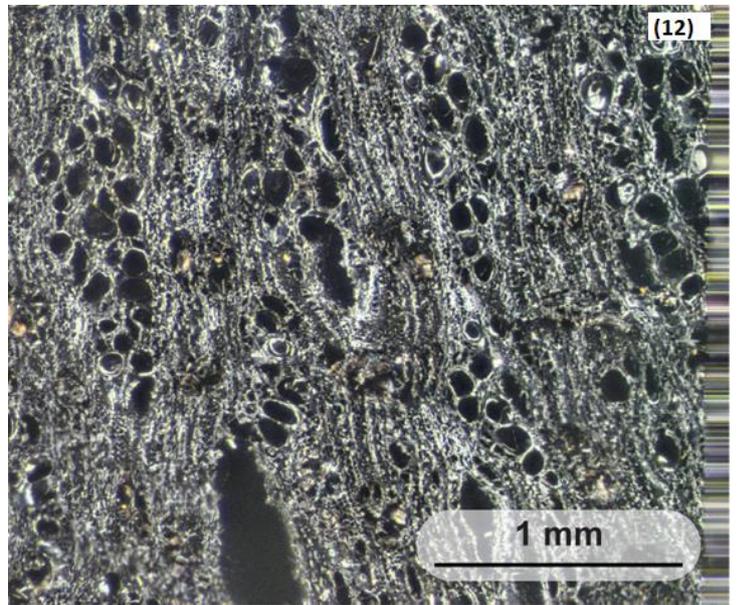
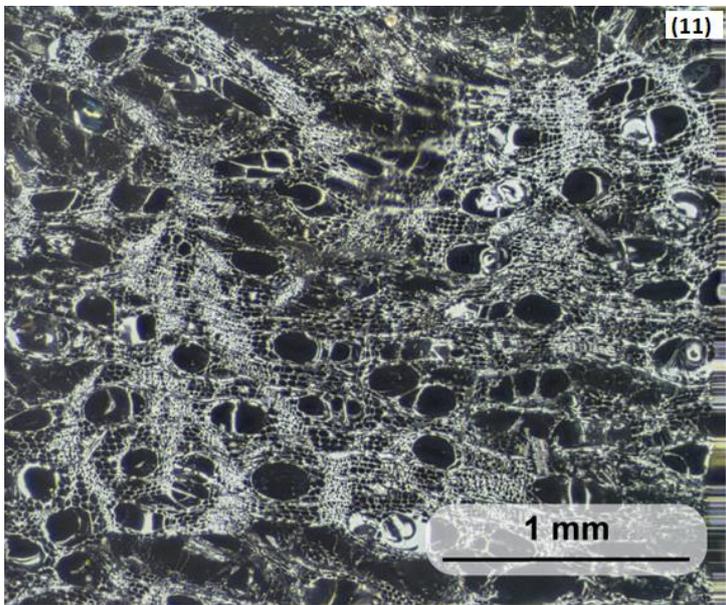
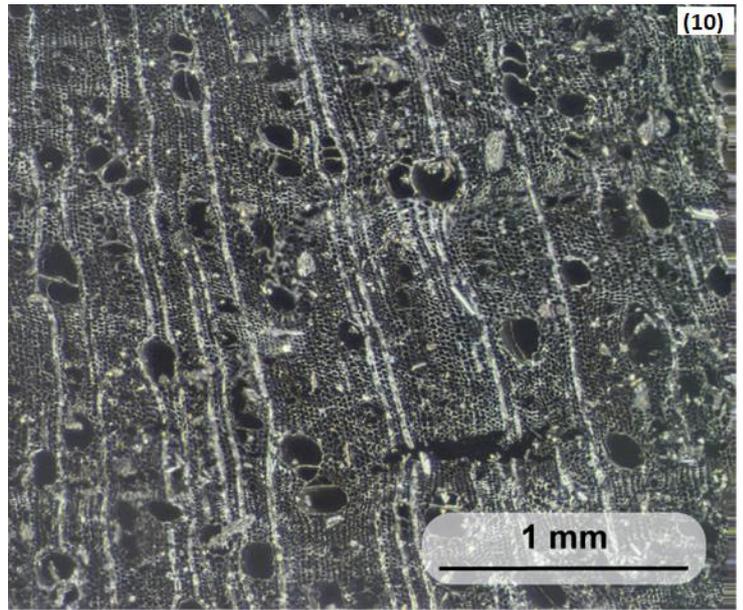
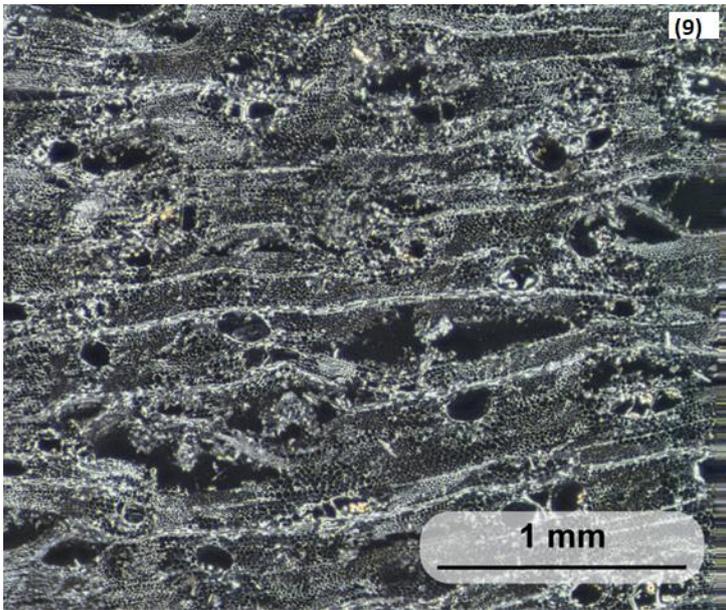
Os resultados observados na imagem (07) da figura 18, demonstraram que esta espécie exibiu uma porosidade difusa com poucos difuso em agregados, notou-se a presença de vasos solitários e múltiplos de 2, com média de $9,61 \pm 0,24 \mu\text{m}$ diâmetro. O parênquima axial mostrou-se muito bem demarcado com sua distribuição em linhas perpendiculares aos raios e irregularmente espaçadas.

(08) *Bauhinia spp.*

A espécie da *Bauhinia spp* é uma planta arbustiva, decídua e perene, podendo chegar até 8 metros de altura, é conhecida vulgarmente como “pata-de-vaca” e está classificada na família Fabaceae. Essa espécie é bastante utilizada no paisagismo, urbanização e também na medicina popular (ASSIS et al. 2016).

Por meio dos resultados observados na imagem (08) da figura 18, observou-se que esta espécie vegetal demonstrou um padrão bem diferente das outras analisadas, pois, no corte transversal não foi possível visualizar os poros e seu parênquima axial apareceu em linhas pouco demarcadas e estratificadas.

Figura 19: (Imagens microscópicas dos carvões); *Anadenathera peregrina* (09); *Stryphnodendron adstringens* (10); *Dipteryx alata* (11); *Mouriri elliptica* (12). Plano transversal.



(09) *Anadenathera peregrina*

A espécie *Anadenathera peregrina*, da família Fabaceae é popularmente conhecida como “Angico”. O Angico é uma árvore decídua, nativa, possui porte de médio à grande, mede 13 metros e pode atingir até 20 metros de altura, comumente encontrado em capoeiras ou na colonização de áreas abertas (CARVALHO, 2002).

Sua madeira é muito utilizada em construção civil e sua casca possui propriedades que permitem ser utilizada por curtumes no tratamento de peles e couro (CARVALHO, 2002).

É uma planta ornamental pela sua vistosidade na época da florescência utilizada na arborização, além de ter crescimento rápido o que permite ser utilizada em reflorestamento e preservação de áreas degradadas. Os frutos apresentam característica deiscente em forma de vargem (12 a 15 cm de comprimento) contendo de 5 a 10 sementes, possui a superfície áspera de cor marrom (CARVALHO, 2002).

Os resultados da imagem (09) da figura19 observados na secção transversal apresentou pouca porosidade, com textura de fina a média, vasos com média de diâmetros de $6,31 \pm 0,12 \mu\text{m}$. Os parênquimas axiais analisados apresentaram-se em linhas e difuso em agregados.

(10) *Stryphnodendron adstringens*

A espécie *Stryphnodendron adstringens* da família Fabaceae é conhecida popularmente como “Barbatimão” ou “barba-de-timão”, o barbatimão tem expressivo uso popular, o que rendeu sua inclusão na Relação Nacional de Plantas Medicinais, o que tem despertado interesses de estudos científicos voltados à validação das suas propriedades terapêuticas (MEIRA et al. 2016).

Segundo Meira et al. (2016), a espécie *Stryphnodendron adstringens* apresenta ameaça de extinção devendo ter estudos que viabilizem o manejo sustentável da espécie, principalmente no Cerrado, devido a sua demanda como produto florestal não madeireiro e sua exploração de forma predatória.

A árvore desta espécie possui tronco tortuoso, casca fendida com aproximadamente 12 mm de espessura, a casca dos ramos com cerca de 4 mm de espessura, ramos curtos, grossos, tortuosos, com cicatrizes foliares nas extremidades. O

barbatimão tem uma madeira muito resistente, dura e pesada, que pode ser utilizada na construção civil e também é utilizado no paisagismo (FILIZOLA e SAMPAIO, 2015).

Com os resultados anatômicos apresentados pela espécie, observamos na secção transversal um parênquima axial confluyente, difuso e difuso em agregados, com textura de média a grossa. Notou-se a presença de vasos solitários e múltiplos de 2-3, com média de $6,04 \pm 0,10 \mu\text{m}$ de diâmetro.

(11) *Dipteryx alata*

Dipteryx alata é uma árvore da família das leguminosas Fabaceae, nativa do Brasil, porém não endêmica. Esta espécie é vulgarmente conhecida como “Baru”, “Cambaru” ou “Castanha-de-bugre”, o baruzeiro é nativo da vegetação do Cerrado e sua árvore pode atingir até 25 metros de altura, com tronco podendo atingir 70 cm de diâmetro, esta espécie geralmente possui copa densa e arredondada e madeira resistente (LORENZI, 2002).

Segundo Lorenzi, (2002), estudos realizados pela Embrapa mostram muitos benefícios do baruzeiro, por ser uma árvore de rápido crescimento, pela qualidade e resistência de sua madeira, esta espécie é indicada para as empresas de reflorestamento.

Os resultados da imagem (11) da figura 19 apresentaram textura de média a grossa, com parênquima axial vasicêntrico, confluyente, difuso e difuso em agregados; vasos solitários e múltiplos de 2-3, com média de diâmetro de $8,30 \pm 0,11 \mu\text{m}$.

(12) *Mouriri elliptica*

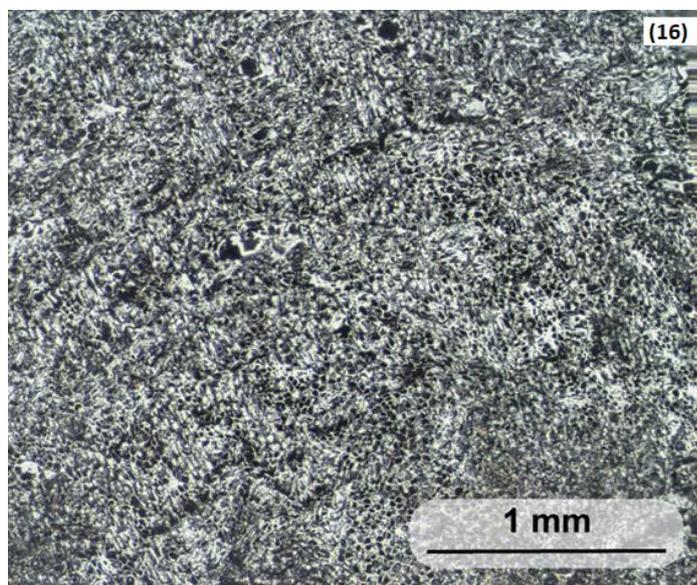
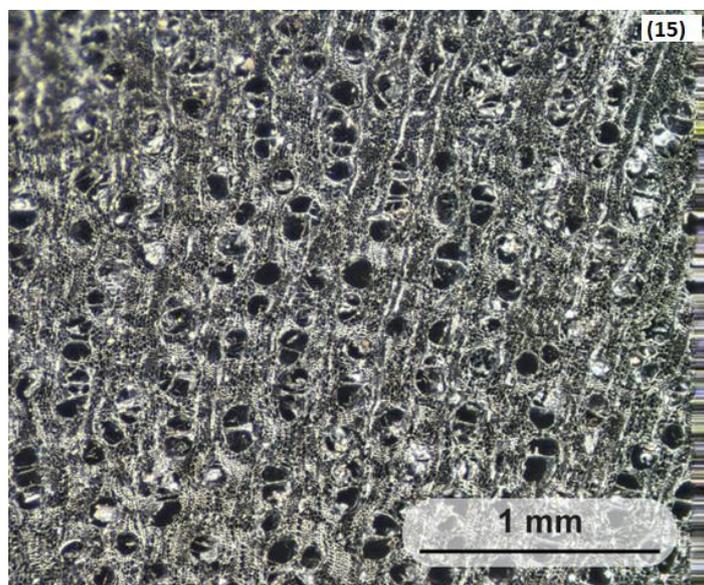
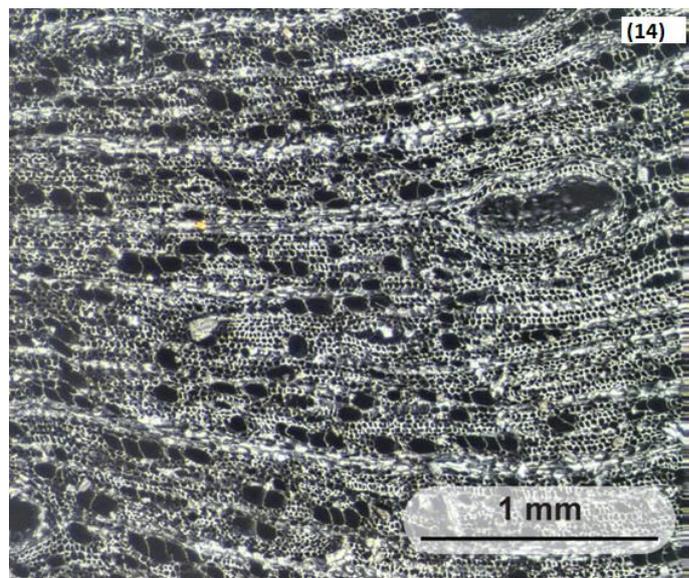
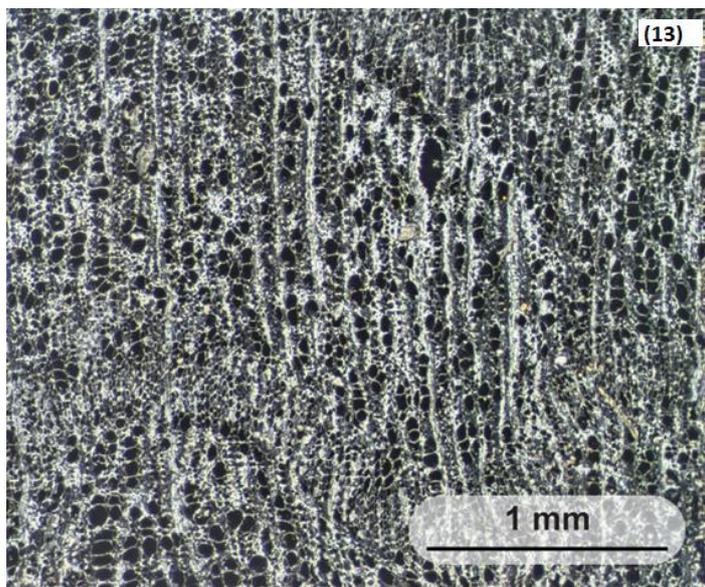
A *Mouriri elliptica* é uma espécie da família Memecylacae e tem ocorrência nos campos de Cerrado presentes nos estados de Tocantins, descendo para Goiás e Minas Gerais chegando aos Cerrados do Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul. Esta espécie é vulgarmente conhecida como “Croada”, nome que vem do Tupi Guarani e quer dizer “Fruta coroada”, também é conhecida como Croadinha (VASCONCELOS et al, 2010).

A *Mouriri elliptica* possui uma árvore de porte pequeno podendo atingir aproximadamente 4 metros de altura, com tronco tortuoso e com casca rugosa no sentido vertical, e de coloração acinzentada. Esta espécie é frutífera e seus frutos são

consumidos in-natura. A planta possui muita importância para flora e fauna do Cerrado, pois seus frutos são alimentos para várias espécies de animais (VASCONCELOS et al, 2010).

Os resultados da estrutura anatômica do seu lenho carbonizado apresentaram textura de fina a média com vasos múltiplos de 2-3, com média de $8,30 \pm 0,11 \mu\text{m}$ de diâmetro. O parênquima axial vasicêntrico, confluyente, paratraqueal escasso, difuso e difuso em agregados.

Figura 20: (Imagens microscópicas dos carvões); *Cordia sessilis* (13); *Byrsonima verbascifolia* (14); *Kielmeyera cf. rubriflora* (15); *Qualea parviflora* (16). Plano transversal.



(13) *Cordia sessilis*

A espécie *Cordia sessilis* conhecida popularmente como a “Marmelada-do-Cerrado” é encontrada no cerrado, tendo outras variedades com o mesmo nome popular.

A *Cordia sessilis* possui uma fruta que já é considerada rara, pois está cada vez mais difícil encontrá-la naturalmente, é uma espécie que pertence à família Rubiaceae, podendo atingir cerca de 3 a 4 m de altura, ou muitas vezes na forma arbustiva, dotada de copa baixa e densa.

O tronco é curto e ramificado desde a base, com casca rugosa, de 15-20 cm de diâmetro. A madeira é pesada, macia e possui textura fina e pouco resistente (SALOMÃO e SANTOS, 2021).

Por meio dos resultados da imagem (13) da figura 20 notou-se, textura grossa com presença de vasos solitários e múltiplos de 2-3 com média de diâmetros de $1,98 \pm 0,002 \mu\text{m}$, parênquima axial vasicêntrico, confluyente, aliforme, difuso e difuso em agregados.

(14) *Byrsonima verbascifolia*

A *Byrsonima verbascifolia* é uma árvore de médio porte, podendo chegar de 3 a 4 metros de altura, com folhas largas, verdes claras e pilosas. Pertence a família Malpighiaceae e é popularmente conhecida como “Murici”. Esta espécie é heliófita, decídua, típica de Cerrados, cerradões, campos cerrados e rupestres, especialmente em áreas mais elevadas e secas, de solos arenosos e pobres. Os frutos são comestíveis para fauna e para alimentação humana, utilizado em forma de sucos, geleias, doces e licores (LORENZI, 2021).

Os resultados da estrutura anatômica do lenho carbonizado da espécie *Byrsonima verbascifolia* apresentou na secção transversal, vasos solitários e múltiplos de 2-3, com parênquima axial demarcado em faixas, marginal, confluyente e difuso em agregados, apresentou também textura grossa e vasos com diâmetros com média de $4,14 \pm 0,03 \mu\text{m}$.

(15) *Kielmeyera cf. rubriflora*

Kielmeyera cf. rubriflora é uma espécie de planta arbórea, típica das regiões de Cerrado, e pertence à família Clusiaceae. Esta espécie é conhecida vulgarmente como “Pau Santo” devido as suas utilizações como plantas medicinais (ALMEIDA et al. 1998).

Sua madeira é utilizada em construção em geral, como carpintaria, construção de móveis, objetos torneados e artesanato.

Com os resultados anatômicos da estrutura de seu lenho carbonizado, observamos que a espécie apresentou textura grossa e parênquima axial paratraqueal escasso com linhas, alguns padrões confluyente e difuso em agregados. Com vasos solitários e múltiplos com média dos diâmetros de $5,04 \pm 0,03 \mu\text{m}$.

(16) *Qualea parviflora*

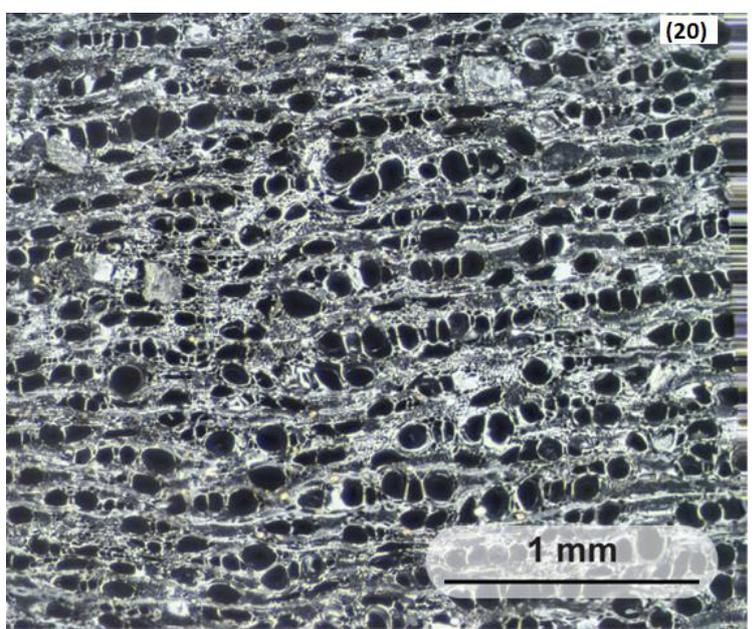
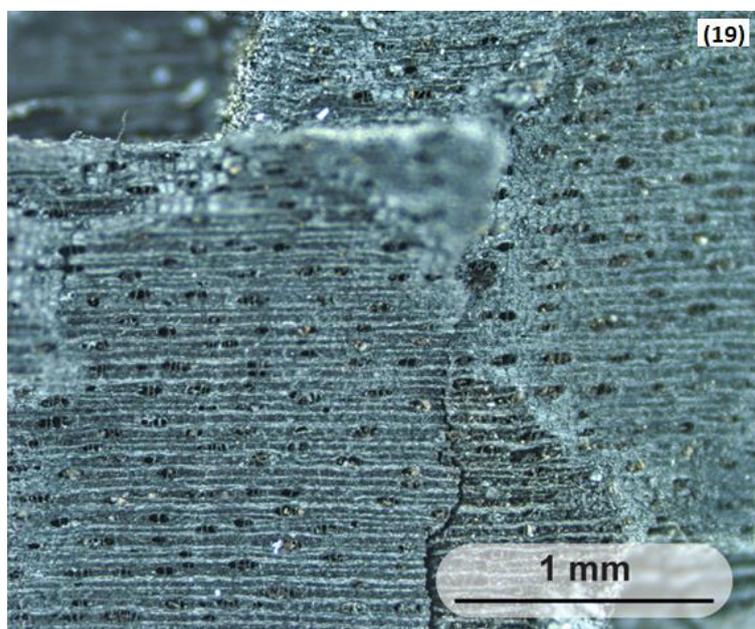
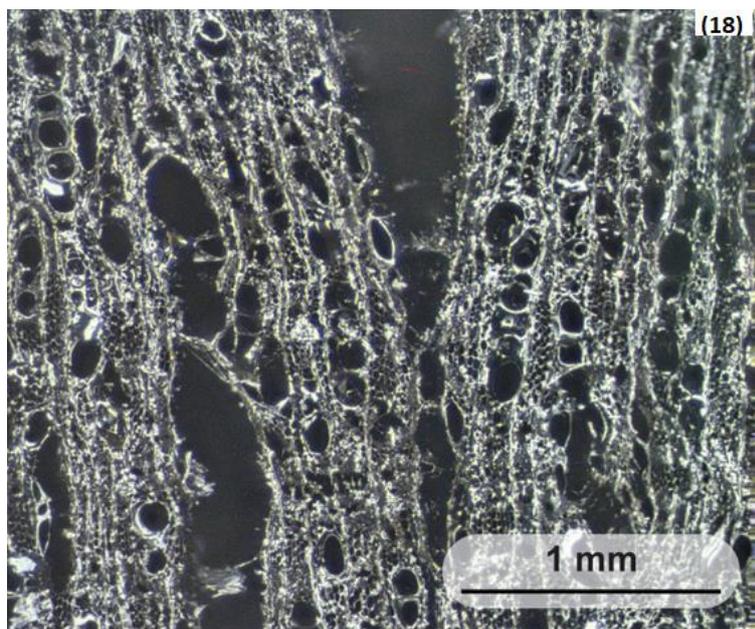
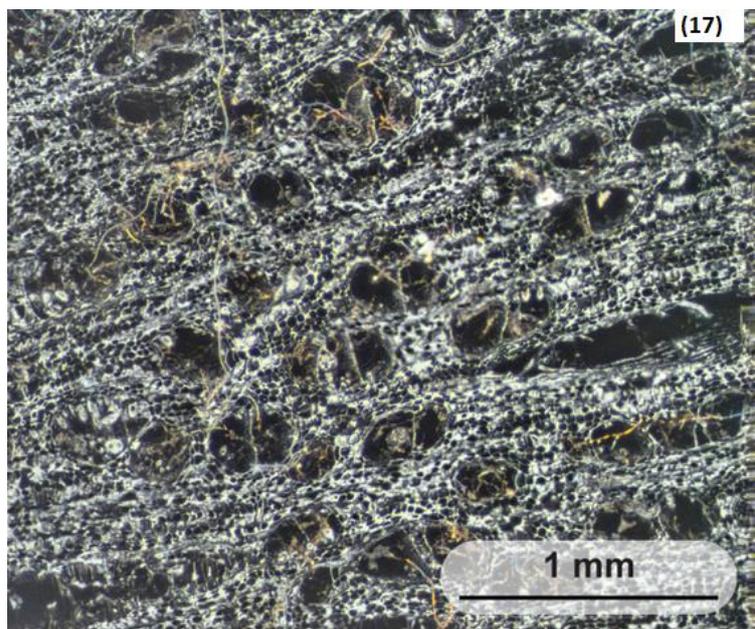
Espécie da *Qualea parviflora* típica do Cerrado pertence à família Vochysiaceae, está entre uma das mais importantes plantas lenhosas da região Centro-Oeste, é uma planta arbórea e pode atingir cerca de até 15 metros de altura.

Esta espécie é conhecida popularmente como “Pau terra de folha miúda” e sua madeira é bastante usada em construções de cercas no meio rural (CARVALHO, 2008).

Os resultados das imagens do lenho carbonizado a espécie apresentou-se com textura fina e parênquima axial confluyente e difuso em agregados.

Esta espécie apresentou porosidade com vasos indefinidos, resultados estes que podem ser característicos da espécie ou que podem não terem sido visualizados em leituras com aumento de 80 x em microscópio petrográfico. Portanto esta espécie poderia ser melhor analisada em microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Figura 21: (Imagens microscópicas dos carvões); *Caryocar brasiliense* (17); *Pterodon emarginatus* (18); *Xylopiá aromática* (19); *Diptychandra aurantiaca* (20). Plano transversal.



(17) *Caryocar brasiliense*

A *Caryocar brasiliense* é uma espécie nativa do Cerrado brasileiro, pertence à família Caryocaraceae, e é conhecida popularmente por “Pequi”. Seu fruto é muito utilizado na culinária e dele é extraído um óleo denominado "azeite de pequi".

Esse fruto típico do Cerrado tem um nome de origem Tupi, que significa “pele espinhenta”. A espécie arbórea do pequizeiro pode atingir até 12 metros de altura e viver cerca de 50 anos. Sua madeira é de boa durabilidade, sendo muito utilizada na construção de casas e cercas; as flores servem de alimento para os animais; a casca produz corante de ótima qualidade; as folhas e o óleo da polpa têm diversos usos medicinais; a árvore, frondosa e de grande beleza, é ornamental (ALMEIDA et al, 1998).

Os resultados da anatomia da madeira de seu troco carbonizado apresentaram no sentido transversal, textura fina com obstrução de vasos presentes, observou-se parênquimas pouco demarcado vasicêntrico, com alguns tendendo a confluyente, difuso e difuso em agregados. Os vasos com média dos diâmetros de $16,86 \pm 0,75 \mu\text{m}$.

(18) *Pterodon emarginatus*

Pterodon emarginatus esta espécie tem ocorrência no Cerrado com transição para floresta semidecídua da Mata Atlântica. A planta é conhecida vulgarmente como “Sucupira”, e popularmente usada de forma medicinal devido ao seu óleo aromático volátil, produzido pela casca e pelas sementes.

A planta possui porte médio de copa rala, podendo chegar até 16 metros de altura e está entre as espécies ameaçadas em extinção. Esta espécie é da família Fabaceae e sua madeira é bastante resistente e muito utilizada na construção civil.

Com as análises anatômicas do lenho carbonizado observou-se no sentido transversal, vasos solitários e múltiplos de 2-3, com parênquima axial demarcado, pouco distinto, vasicêntrico e difuso por parte de alguns. Os vasos com média de diâmetro de $6,74 \pm 0,10 \mu\text{m}$.

(19) *Xylopia aromática*

Xylopia aromática esta espécie vegetal pertence à família Annonaceae, conhecida popularmente como “Pimenta de Macaco”, é uma árvore de pequeno porte, de 5 a 10 metros de altura. Possui folhas simples, floração com odor característico devido aos derivados de óleos voláteis. A madeira é pouco utilizada em construções civis. É uma árvore pioneira, sendo utilizada para reflorestamento e preservação do Cerrado (ALMEIDA, S.P. et al. 1998).

Analisando as características anatômicas da madeira carbonizada, pode-se observar que a imagem apresentou uma coloração diferente das outras espécies, o parênquima axial, na secção transversal mostrou-se em linhas, difuso, com tendência a escaliforme. Observou-se também textura fina, com vasos pouco aparente com média de diâmetro de $1,41 \pm 0,01 \mu\text{m}$.

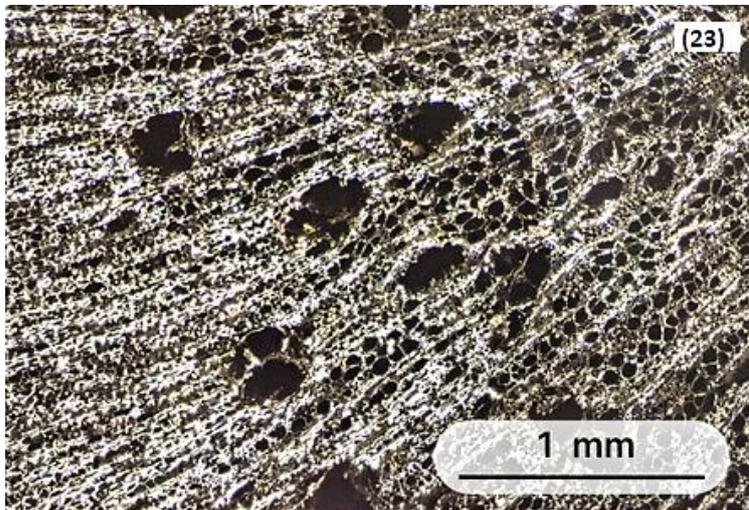
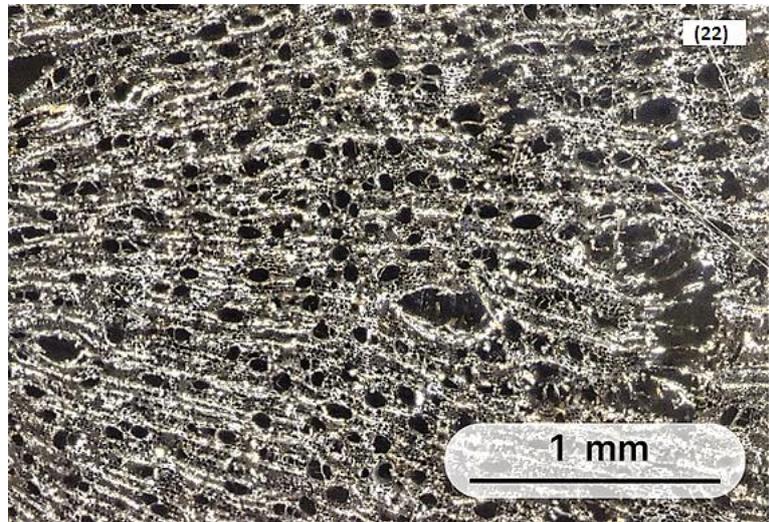
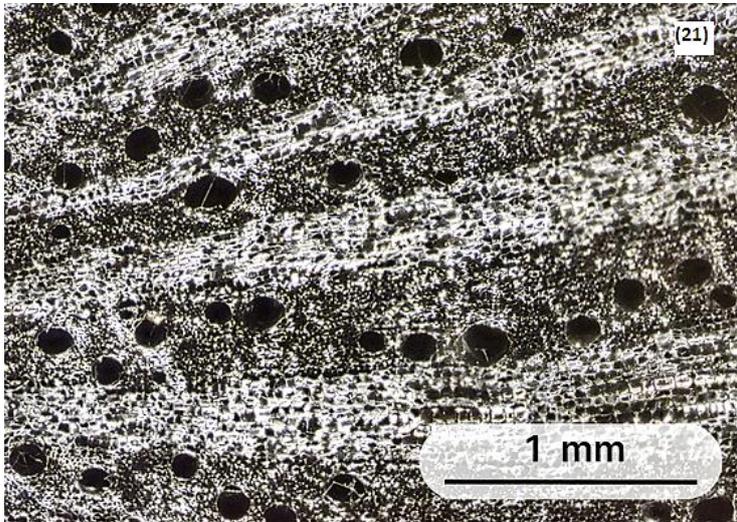
(20) *Diptychandra aurantiaca*

A espécie *Diptychandra aurantiaca* pertencente à família Fabaceae e vulgarmente conhecida como “Carvão vermelho” é uma espécie de crescimento rápido, e tem ocorrência nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás, sendo encontrada no Pantanal, em cerradões (MATTOS, et al., 2009).

É uma espécie de árvore decídua, com porte de 8 metros e podendo atingir até 14 metros de altura. Sua madeira é usualmente utilizada em construção civil, para serviços de torno, varais de carroças; paisagismo e outros (MATTOS, et al., 2009).

Com os resultados das análises anatômicas da espécie carbonizada podem-se observar vasos múltiplos, parênquima axial paratraqueal escasso, linhas, difuso e difuso em agregados, com textura grossa e vasos com média de diâmetro de $5,69 \pm 0,02 \mu\text{m}$.

Figura 22: (Imagens microscópicas dos carvões); *Davilla elliptica* (21); *Vatairea macrocarpa* (*Benth.*) *Ducke* (22); *Strychnos pseudoquina* (23). Plano transversal.



(21) *Davilla elliptica*

A *Davilla elliptica* é uma espécie botânica que pertence à família Dilleniaceae, possui folhas duras e ásperas por isso é popularmente conhecida como “Lixeira da folha miúda”.

É uma árvore de pequeno porte, podendo chegar até 6 metros de altura, a madeira do seu tronco é dura, sendo muito utilizada em paisagismo e arborização urbana (SILVESTRE, 2013).

Os resultados da análise da anatomia da espécie *Davilla elliptica* apresentaram textura fina com parênquimas bem marcados em faixas largas, marginal, difuso e difuso em agregados. Na secção transversal observaram-se vasos solitários com média de diâmetro de $41,35 \pm 3,10 \mu\text{m}$.

(22) *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke

Esta espécie *Vatairea macrocarpa* (Benth.) Ducke é característica dos cerrados, cerradões e campos cerrados, pertence à família Leguminosae, é conhecida popularmente como “maleiteira, angelim-do-cerrado e como amargoso”, devido as propriedades de sua casca e do seu chá ser amargo (OLIVEIRA et al., 2008).

Os resultados obtidos a partir da anatomia do lenho carbonizado, apresentaram textura de média a grossa, vasos solitários e múltiplos de 2 com média de diâmetro de $3,94 \pm 0,05 \mu\text{m}$. Notou-se o parênquima em linhas com alguns tendendo a aliforme linear e paratraqueal escasso.

Strychnos pseudoquina

Strychnos pseudoquina, nativa dos campos e Cerrados ou Cerradões é uma espécie da família Loganiaceae, conhecida vulgarmente como “Quina”, são arbustos ou árvores de 3 a 8 metros de altura, possui copa alongada, densa e tronco sinuoso, cilíndrico, atingindo 10 a 40 cm de diâmetro com casca partida em retângulos verticais, de textura grossa e suberosa com desprendimento ocasional. Sua casca é muito utilizada em tratamentos medicinais de uso popular (SILVA e ARAGÃO, 2010).

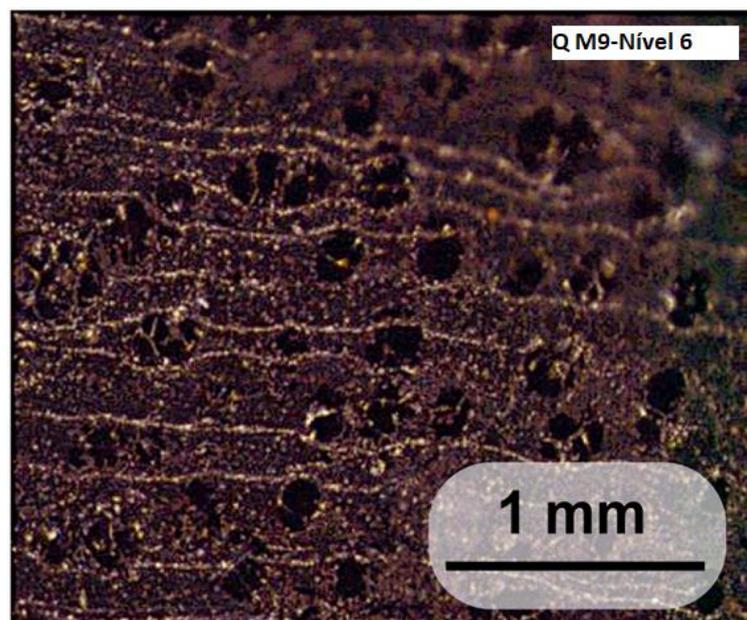
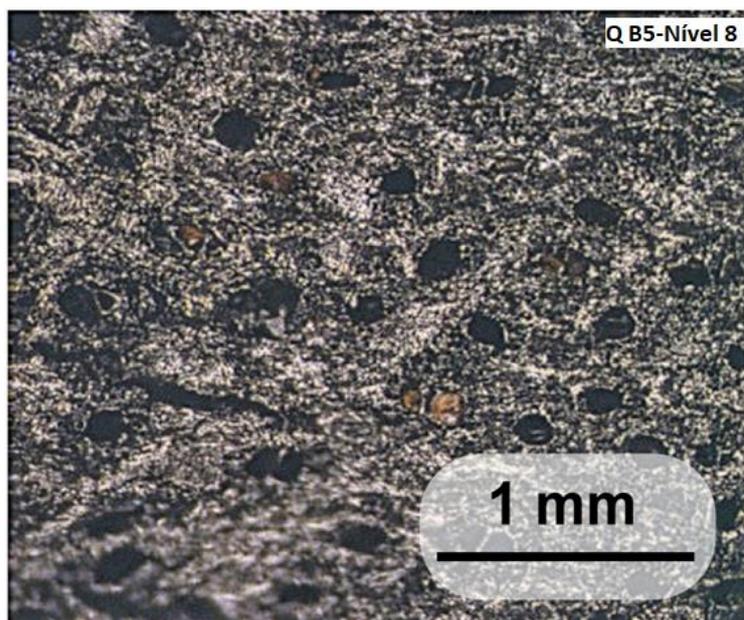
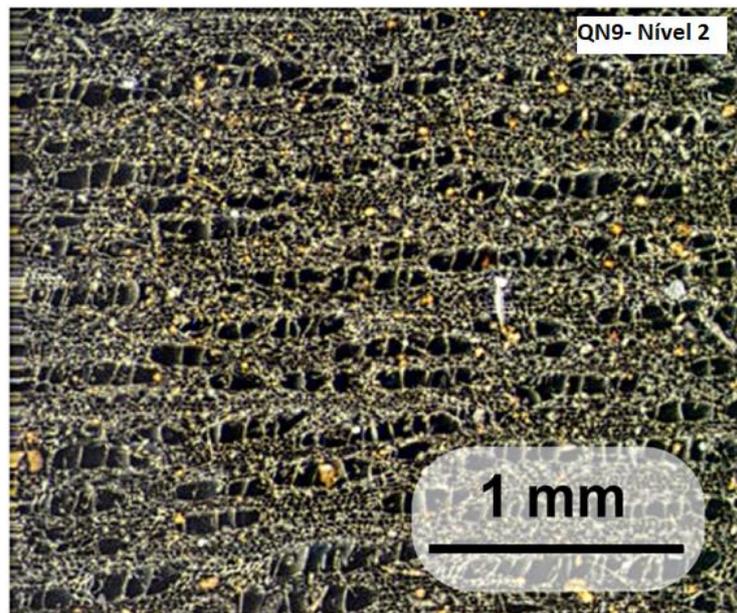
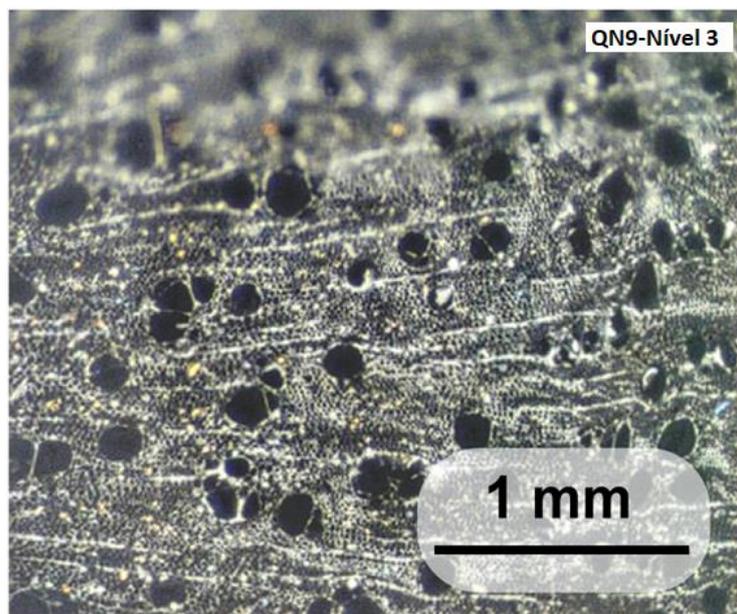
Os resultados das análises da anatomia da espécie *Strychnos pseudoquina* apresentaram textura fina com parênquimas em linhas, paratraqueal, tendendo a aliforme linear, difuso em agregados. Vasos solitários e múltiplos em cachos, a média dos diâmetros dos vasos de $13,06 \pm 0,46 \mu\text{m}$.

5.4 Análises dos carvões arqueológicos

A figura 23 apresenta as micrografias obtidas dos carvões arqueológicos coletados conforme as quadriculas e seus níveis de escavações. Com as imagens

expostas podem-se observar padrões diferentes para as amostras, o que evidencia que são espécies de vegetais distintas, no qual acreditamos terem sido carbonizadas em ocupações pretéritas.

Figura 23 : Amostras de carvão vegetal derivado do sítio arqueológico “Templos dos Pilares”
Quadricula N9 – Nível 3; Quadricula N9 – Nível 2; Quadricula B5– Nível 8; Quadricula M9 – Nível 6. Plano transversal.



Ao analisar as estruturas dos carvões arqueológicos nos deparamos com a dificuldade em realizar o corte manual de muitas amostras, na seção transversal do carvão, pois muitas delas se deterioraram, “esfarelando-se na mão”.

Ressalta-se que estes carvões arqueológicos são derivados das atividades de povos que viveram no sítio arqueológico durante a época pré-histórica, portanto podem ter sofrido diversas modificações biológicas, e físico-químicas.

De acordo com Souza e Aguiar (2017), o sítio arqueológico Templo dos Pilares ao longo do tempo revelou duas ocupações, uma mais antiga com datação de dez mil anos A.P, e após um hiato surge uma nova ocupação humana que aparece próximo dos três mil anos A.P, mostrando que o espaço teve diferentes usos por distintos povos e que os vestígios encontrados em níveis de escavações mais profundos estão associados a ocupações mais antigas.

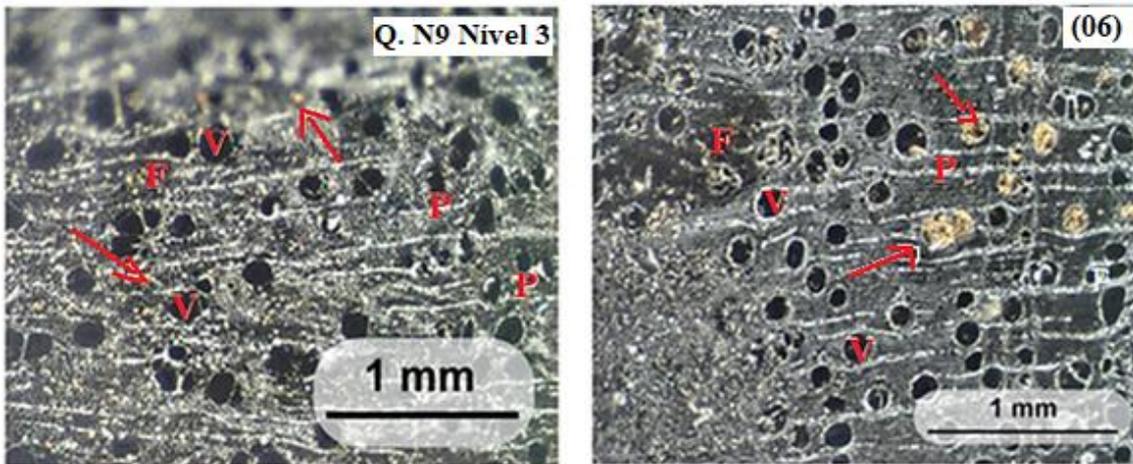
A partir disso foram apresentadas as micrografias dos carvões arqueológicos (figura 23) e por meio das características anatômicas apresentadas pela amostra de carvão retirada da quadricula classificada como N9 do nível 3 (QN9. Nível 3), que corresponde aos 30 cm de profundidade, observou-se vasos solitários em sua maioria e difuso em agregados múltiplos de 2-3; parênquima axial em linhas marginais com tendência aliforme, vasicêntrico e difuso em agregados, resultados apresentados na tabela 3.

Observou-se também pequenos vasos parcialmente obstruídos com pigmento amarelado, que pode ser uma característica da espécie ou algum mineral presente devido ao tempo ou a forma de utilização desse carvão por populações humanas pré-históricas, como: celebrações de rituais, produção de artefatos, fogueiras para cocção de alimentos dentre outros.

Neste contexto percebe-se que as informações da micrografia do carvão arqueológico (QN9 – Nível 3) apresentaram características similares a imagem (06) da figura 18, o que nos faz pressupor que a espécie arqueológica possa ser da *Copaifera langsdorffii* conhecida popularmente como “Pau óleo”.

Fundamentado nessa hipótese, foi realizada uma comparação entre as duas imagens conforme mostra a figura 24.

Figura 24: Comparação entre a amostra de carvão arqueológico retirado da Quadricula N9 do nível 3 e da espécie *Copaifera langsdorffii* (Pau óleo) (06), onde V= vasos; P= parênquimas e setas → obstruções presentes; F= fibras.



Comparando as imagens dos carvões pode-se verificar uma textura de média a grossa com parênquima axial; vasicêntrico; linhas marginais tendendo a aliforme, para ambas as amostras.

Conforme observadas ambas as imagens apresentaram alguns pontos de obstruções com tons amarelados, ainda que no carvão arqueológico em quantidades menores, é sabido que na *Copaifera langsdorffii* isso pode ser característico da espécie produtora de óleo em seu caule.

Considerando-se que os carvões arqueológicos sofreram processo de degradação ao longo do tempo e que por isso suas células não são tão perceptíveis se compararmos a qualidade das imagens (figura 24). Porém isso não nos impede de observar que ambas possuem semelhanças em seus agrupamentos celulares, expressando assim potencial de ser a mesma espécie vegetal.

A imagem da amostra do carvão arqueológico coletado na mesma quadricula QN9 – Nível 2, (figura 23), porém, em nível superior que se refere a uma profundidade de 20 cm, foi analisado um padrão bem diferente, com arranjo de múltiplos vasos, muito numerosos, com distribuições especiais que configuram desenhos característicos da espécie. O parênquima axial demonstrou-se com característica confluyente em linhas marginais difuso em agregados.

Conforme a figura 23 nota-se uma possível preservação do carvão arqueológico da amostra coletada na quadricula B5 do nível 8, visto que este nível corresponde a 80

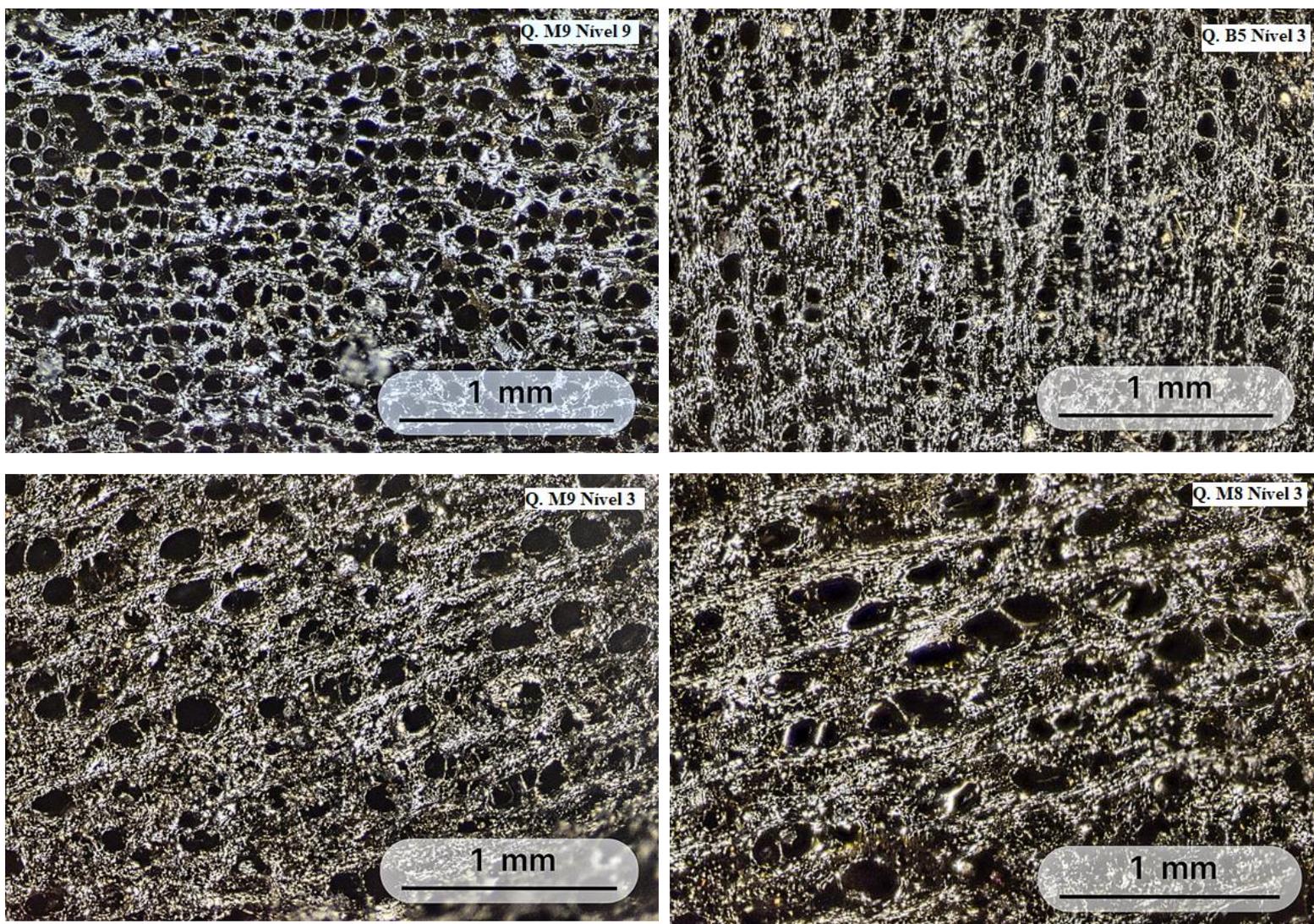
cm de profundidade. De acordo com Souza e Aguiar, (2017), vestígios coletados em níveis de maior profundidade correspondem a ocupações pré-históricas mais antigas.

Observou-se que a anatomia da espécie arqueológica analisada (QB5.Nível 8), possui porosidade difusa com vasos solitários em sua maioria, vasos parcialmente obstruídos, parênquima axial confluyente paratraqueal escasso, e também foi percebida ruptura presente que pode estar associado ao tempo da amostra no solo, bem como a forma de sua carbonização temperatura/tempo, do mesmo modo que a forma de sua utilização.

De acordo com os resultados a amostra de carvão coletado na quadricula M9 do nível 6, nível que corresponde aos 60 cm de profundidade, pode-se observar vasos solitários, difuso e difuso em agregados com presença de vasos obstruídos, a amostra da espécie apresentou-se com parênquima axial em linhas irregularmente espaçadas e alguns com tendência aliforme.

É importante frisar que estudos nesta área sobre a caracterização e identificação de carvões ainda são escassos. Portanto espera-se a partir das amostras de espécies contemporâneas realizarem um número maior de comparações com o intuito de contribuir com estudos arqueológicos e antracológicos na busca de identificar espécies pré-históricas que ocupavam a região do sítio arqueológico Templo dos Pilares.

Figura 25: Amostras de carvão vegetal derivado do sítio arqueológico “Templos dos Pilares”
Quadricula M9 – Nível 9; Quadricula B5 – Nível 3; Quadricula M9 – Nível 3;
Quadricula M8 – Nível 3. Plano transversal.



Para as espécies arqueológicas coletadas foram feitas as análises da anatomia de seu lenho na secção transversal, onde foram analisados a textura, a frequência dos vasos, a média dos diâmetros e o parênquima axial de cada espécie, os resultados foram apresentados na tabela 3 a seguir:

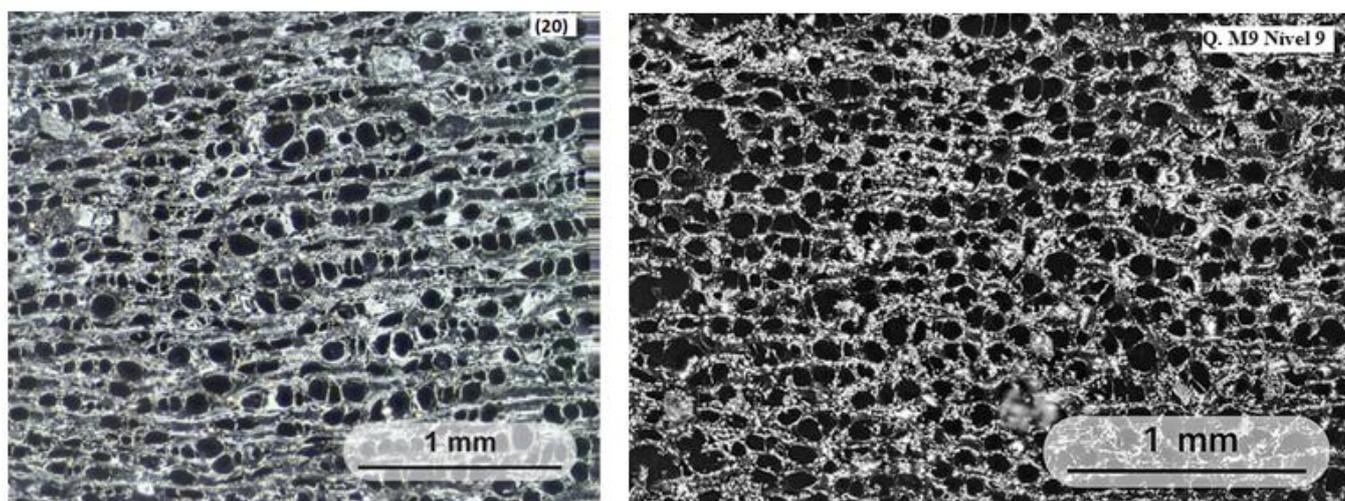
TABELA 3: Características anatômicas dos carvões arqueológicos coletados no Sítio Templo dos Pilares.

Espécie	Caracteres	Vasos		Parênquima Axial tipo	Tx	Rp	OP
		Ø [µm]	freq/ mm ²				
Quadrícula N9 nível 3		9,06 ± 0,13	63	(vasicêntrico - linhas marginais - tendência aliforme - difuso em agregados)	md-G	-	✓
Quadrícula N9 nível 2		5,26 ± 0,02	233	(confluente; linhas marginais; difuso em agregados)	G	-	✓
Quadrícula B5 nível 8		17,45 ± 0,53	31	(confluente paratraqueal escasso)	fi	-	✓
Quadrícula M9 nível 6		12,31 ± 0,24	48	(linhas irregularmente espaçadas e alguns com tendência aliforme)	md-G	-	✓
Quadrícula B5 Nível 3		8,93 ± 0,21	37	(vasicêntrico - aliforme, confluente)	fi-md	-	✓
Quadrícula M8 Nível 3		18,20 ± 0,82	21	(linhas - vasicêntrico- difuso – difuso em agregados)	fi	-	✓
Quadrícula M9 Nível 3		21,05 ± 0,72	28	(vasicêntrico - linhas - difuso em agregados)	fi	-	-
Quadrícula M9 Nível 9		6,67 ± 0,06	93	(paratraqueal escasso-linhas-difuso-difuso em agregados)	G	-	✓

Legenda: ✓ presença; – ausência; Vasos : Ø Diâmetro dos Vasos [µm]; freq/mm² Frequência de vasos por mm² ; Parênquima axial : tipo; TX textura (fi = fina, md = média, fi-md = fina a média, G = grossa, **md-G** = média a grossa; Rp – rupturas; OP Obstrução de poros. Os resultados são apresentados como valores médios (mínimo-máximo), desvio padrão.

Com os resultados apresentados (tabela 3), notou-se que a espécie vegetal *Diptychandra aurantiaca* apresentou similaridade com a espécie de carvão arqueológico da quadrícula M9 do nível 9, sendo assim foi feita a comparação entre os dados obtidos para as duas espécies (figura 26).

Figura 26: Comparação entre a amostra de carvão arqueológico retirado da Quadrícula M9 do nível 9 e da espécie *Diptychandra aurantiaca* (20).



Na comparação entre a imagem da espécie vegetal *Diptychandra aurantiaca* e a espécie (Q. M9-Nível 9) de lenho carbonizado retirado do sitio arqueológico Templo dos Pilares, observou-se que elas apresentaram semelhanças em seus resultados, ambas com textura grossa e parênquima paratraqueal escasso em linhas, difuso e difuso em agregados.

Observou-se que as imagens possuem poros numerosos, onde a *Diptychandra aurantiaca* conhecida vulgarmente como "carvão vermelho" apresentou média de diâmetro de vasos de $5,69 \pm 0,02 \mu\text{m}$, enquanto a espécie da Quadrícula M9 do nível 9, apresentou média de diâmetro de vasos de $6,67 \pm 0,06 \mu\text{m}$.

De acordo com estudos realizados, sabemos que as características anatômicas da madeira são preservadas no lenho mesmo após o processo de carbonização, porém os carvões arqueológicos podem sofrer alterações devido a degradação do solo ao longo do tempo, sendo assim é importante considerarmos o fato de que a espécie (Q. M9-Nível 9)

do carvão retirado no sítio arqueológico apresentou similaridade com a espécie *Diptychandra aurantiaca* que pertence a flora contemporânea do sítio.

Os estudos da antracologia a partir dos restos de vegetais carbonizados encontrados em sítios arqueológicos contribuem de forma significativa com a arqueologia. Com a comparação entre as imagens podemos fornecer subsídios para o arcabouço de conhecimentos arqueológicos na busca de compreender um pouco sobre as atividades que fizeram parte do passado humano.

6. CONCLUSÕES

Os resultados das análises de pH, mostraram que o pH ficou mais elevado nos níveis de maior profundidade.

O pH dos níveis superficiais situa-se entre a faixa de 4,0 a 5,5. A maior acidez nos níveis superficiais nas quadrículas analisadas podem ser resultados de perturbações recentes, considerando que o solo nos níveis 1 e 2 (ou seja, até 20 cm de profundidade) apresenta-se mais solto e de coloração mais clara, resultado direto da erosão das paredes de arenito, o que facilitaria a perturbação por agentes atuais, como o trânsito de visitantes e de animais.

Os resultados das análises pH de solo arqueológico forneceu informações relevantes dos elementos presentes na composição do solo, os quais estão potencialmente ligados aos usos sociais dos espaços do sítio arqueológico. Onde houve mais concentrações de fogueiras, o pH se elevou. Observou-se pH mais elevado que nos níveis com maiores concentrações de carvões.

Os resultados das análises por espectroscopias de FT-IR e Raman, apresentaram a presença de grupos funcionais semelhantes à latossolo com caráter álico, mostrando a presença de grupos carbonatos de cálcio e hidróxidos de cálcio que podem estar associados à existência de cinzas presentes no solo.

Observou-se que as análises da anatomia do lenho carbonizado, das espécies analisadas apresentaram características distintas que são especificidades de cada espécie. Algumas dimensões muito pequenas das estruturas celulares dos carvões arqueológicos podem ter tido uma visão geral prejudicada em aumentos de 80x e que poderiam ser bem mais detalhados em microscopia eletrônica de varredura (MEV).

Neste contexto, entende-se que fatores como a degradação do carvão em razão do tempo de datação das amostras podem influenciar nas análises dificultado a

visualização de algumas células, porém fica evidente que os resultados para aumentos de 80x são muito eficientes o que nos permite fazer a distinção das espécies vegetais, de suas características apresentadas e a partir destas identificar espécies arqueológicas carbonizadas. Mesmo assim, conseguimos identificar similaridades de amostra de carvão arqueológico com a espécie atualmente presente no sítio *Diptychandra aurantiaca*.

Além desse feito, acreditamos que as imagens e análises dessas espécies carbonizadas possam integrar um banco para futuros trabalhos de identificação de espécies ilegalmente extraídas, usadas em carvoarias ou transportadas para outros fins.

Esse trabalho também cumpre com sua função científica na formação e na produção de conhecimento, sendo que dois trabalhos científicos foram publicados e um terceiro está em fase de preparação (SECCATTO et al., 2021).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, R.L.S; LANDA, B.S; GOETTERT, J.D. **Reflexões sobre as relações entre a arte rupestre de Alcinoópolis, o contexto regional de pinturas e gravuras e a mobilidade de povos caçadores e coletores em Mato Grosso do Sul.** Revista Nanduty, 2016.

AGUIAR, R.L.S; REGONATO, D.K; LOPES, A.P. **Análise dos remanescentes arqueológicos provenientes do projeto de monitoramento da pch indaiá grande, município de Cassilândia, MS.** Recôncavo: Revista de História da UNIABEU, Volume 8, Número 14, janeiro-junho de 2018.

ALBUQUERQUE, A.R. **Caracterização antracológica, físico-química, isotópica e molecular da terra preta do sítio arqueológico Porto, Santarém, PA.** 2017. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

ALMEIDA, S.P. et al. 1998. **Cerrado:** espécies vegetais úteis. Planatina (DF): EMBRAPA-CPA.464 p.

ASSIS, R. M. A. de; LAMEIRA, O. A.; RIBEIRO, F. N. S.; PORTAL, R. K. V. P. ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 5., 2013, Belém, PA. **A importância da tecnologia e do empreendedorismo no desenvolvimento amazônico.** Belém, PA: UFRA, 2013. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/94403/1/ENAAG0608.pdf>>.

BEUREN, J; SECCHI, M. I; JASPER, A; WOLF, S, e MACHADO, N. T. G. (2013). **Análise de carvão vegetal macroscópico em porções do sítio arqueológico rs-t-101, Marques de Souza/Rio Grande do Sul,** Brasil. Caderno De Pesquisa, 24(3), 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.17058/cp.v24i3.3603>. Acesso em: 27 jul. 2022.

BOTOSSO, P.C , 2011. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Embrapa Florestas Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Identificação Macroscópica de Madeiras,** SSN, Maio, 2011. Disponível em <<https://lrfp.paginas.ufsc.br/files/2016/05/Documentos194EMBRAPAidentifica%C3%A7%C3%A3o-macrosc%C3%B3pica-de-Madeiras.pdf>> Acesso em: 25 jun. 2022.

CARVALHO, P. E. R. **Embrapa Florestas.** Espécies arbóreas brasileiras. Brasília, df: Embrapa informação tecnológica; COLOMBO: Embrapa Florestas, Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 3, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1136652/pau-terra-grande-qualea-grandiflora>. Acesso em: 25 jun. 2022.

CARVALHO, P.E.R. **Embrapa Florestas,** Colombo/PR. Circular Técnica 56 2002:Angicobranco.Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/306306/1/CT0056.pdf>>. Acesso em: 10. Outubro. 2022.

CARVALHO. A.B; NISGOSKI. M, e M; MUNIZ. S e.G; FRIEDERICHS. G; KUSTE.

L; SANTOS. T. (2017). **Anatomia do carvão oriundo de cinco espécies comercializadas no estado de Santa Catarina**. Revista Ciência da Madeira - RCM. 8, 2017.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, vol. 1. Brasília: Embrapa Informações Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1.039 p.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília, Brasil: EMBRAPA, 1994. 640p.

CNC Flora, 2012. *Inga laurina* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2 Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Inga laurina](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Inga_laurina)>. Acesso em 24 jul. 2022.

CORADIN, V.T.R; CAMARGOS, J.A.A. **Aborda o grande atrativo da madeira que é a variação de sua estrutura, possibilitando os mais variáveis e sofisticados usos, o conhecimento das características, e enfoca a estrutura do tronco**. Brasília, 2002, 28 p. Disponível em < [https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/apostilas-de-tecnologia-da-madeira/38- a-estrutura-anatomica-da-madeira-e-principios-para-a-sua-identificacao](https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/apostilas-de-tecnologia-da-madeira/38-a-estrutura-anatomica-da-madeira-e-principios-para-a-sua-identificacao)>. Acesso em: 24 jul. 2022.

FARIA, L. A; AFONSO, M.C; EDWARDS, H.G.M. **Espectroscopia Raman: Uma nova luz no estudo de bens culturais**. Rev. do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo, 12: 249-267, 2002.

FERRARESI.T.M; SILVA.W.T.; MARTIN.N.L; SILVEIRA.P.M; MADARIB.E. **Espectroscopia de infravermelho na determinação da textura do solo**. Revista Brasileira de Ciências do Solo vol.36 n.6 Viçosa Nov./Dec. 2012.

FERREIRA, B. G.; BEZERRA.S.P; AURÉLIO. C.A.B; FERREIRA. S. DOS SANTOS, A.; HELENA. S.M.S.A; CARDOSO .L.V. **Análise de diferentes métodos para superação de dormência em sementes de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne, Jatobá-do-Cerrado**. Desafios - Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins, v. 7, n. 4, p. 14-19, 4 mar. 2021.

FERREIRA. M.G: Porto Velho, RO, agosto, 2005. EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro de Pesquisa Agroflorestal de Rondônia Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em:<[https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/859538/1/foldermuri ci.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/859538/1/foldermuri_ci.pdf)>.

FILARDI, F.L.R.; Lima, H.C.; CARDOSO, D.B.O.S. 2020. ***Machaerium* in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Available Disponível em: <<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29776>>. Acesso em 22/12/2022
FILIZOLA, B.C; SAMPAIO, M.B. Boas Práticas de Manejo para o Extrativismo Sustentável de Cascas. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza. 2015.

GONÇALVES, T. A. P.; NISGOSKI, S.; OLIVEIRA, J. S.; MARCATI, C. R.; BALLARIN, A. W.; MUÑIZ, G. I. B. **A contribution to the identification of charcoal origin in Brazil II** - Macroscopic characterization of Cerrado species. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 88, n.2, p.1045-1054, 2016.

GONÇALVES, T.A.P. **Diferenciação do carvão vegetal de espécies nativas e de eucalipto como subsídio para a fiscalização**. 2016. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/44484>. Acesso em: 24 jun. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Brasileiro de 2021**. Mato Grosso do Sul: IBGE, 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ms/alcinopolis.html>>. Acesso em 15 jun. 2022

INHOTIM,s.d.Acervo digital, Brumadinho,MG Brasil.<https://www.inhotim.org.br/item-do-acervo/jacaranda-preto/>. Acesso em: 28 de agosto de 2022.

LEMN, Laboratório de Eletroquímica e Materiais Nanoestruturados. UFABC, Universidade Federal do ABC.(ImageJ). Downloads: <https://sites.google.com/site/lemnufabc/home/agenda>. Acesso em: 29 de agosto de 2022.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3ª edição. Volume 3. Nova Odessa-SP: Instituto Plantarum, 2021.

LORENZI, H: **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**, vol. 1. Instituto Plantarum, Nova Odessa, SP, 2002, 4a. edição. ISBN 85- 86174-16-X

MATTOS, P.P.de; SALIS, M.de; LEHN, C.R; SORIANO, B.M.A. **Crescimento Diamétrico de Carvão-Vermelho (*Diptychandra aurantiaca*) no Pantanal Mato-Grossense**.ISSN 1517-5030 Colombo, PR Técnico Dezembro, 2009. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18009/1/CT244.pdf>>. Acesso em: 22/12/2022.

MEIRA, M.R.; CABACINHA, C.D.; GAMA, A.T.; MARTINS, E.R.; FIGUEIREDO, L.S. **Caracterização estrutural do barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) no cerrado do Norte de Minas Gerais**. Ciência Florestal, 26(2), 627-638, 2016. Disponível em<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1144711/1/Plantas-para-o-Futuro-Norte-1089-1095.pdf>>.

MORAIS, J; MIRANDA. J. **Templo dos Pilares – Alcinópolis**. Portal da Prefeitura de Alcinópolis-MS, 2015. Disponível em: <https://www.alcinopolis.ms.gov.br/site/arquivos/2961>. Acesso em 15 fev. 2022.

MUÑIZ, G.I.B; NISGOSKI. S; SHARDOSIN. F.Z; FRANÇA. R.F. **Anatomia do carvão de espécies florestais**. CERNE 18 (3), Set 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602012000300015> . Acesso em: 14 jun. 2022.

OLIVEIRA, A.M (Cydonia oblonga Miller): **fonte de compostos biologicamente activos** (2007). Faculdade de Ciências da Saúde - UFP 12380@ufp.pt. Disponível em:< https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/414/1/76-86REVISTA_FCS_04-4.pdf>.

OLIVEIRA, H. C. et al. **Antidiabetic activity of Vatairea macrocarpa extract in rats.** *Journal of Ethnopharmacology*. V. 115, p. 515–519, 2008.

SCHEEL, R.; GASPAR, M.D.; YBERT, J.-P. **Antracologia, uma nova fonte de informações para a Arqueologia Brasileira.** *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia, São Paulo*, 6: 3-9, 1996.

SALOMÃO, A. N.; SANTOS, I. R. I. **Metodologia para o teste de germinação de sementes de Cordiera sessilis (Vell.) Kuntze – Rubiaceae, (2021).** Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/225478/1/Boletim-puruna-374-23-08.pdf>>. Acesso em: 04/01/2023.

SECCATTO. C.P; NÓBREGA. J.A; MUZZI. R.M; AGUIAR. R.L.de. **Aplicação da espectroscopia FT-IR e Raman para caracterização de solo obtido em escavação no sítio arqueológico Templo dos Pilares, Mato Grosso do Sul.** *Clio Arqueológica*, 36(1), 128-140, 2021.

SECCATTO. C.P; MUZZI. R.M; AGUIAR. R.L.de; LOPES.H; PALACIO.E. **Caracterização do pH do solo no sítio arqueológico Templo dos Pilares, Mato Grosso do Sul, Brasil: algumas análises.** ACENO, *Revista de Antropologia do Centro-Oeste*, ISSN: 2358-5587 edição n. 9, vol. 19, maio a agosto de 2023.

SILVA. D.D; ARAGÃO. C.F. **Avaliação de parâmetros de extração da Cinchona Vahlpor métodos farmacopéicos e não farmacopéicos** (2010). Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbfar/a/8B6LfY4PdvWbpnKy3KFhwsn/?lang=pt>>.

SILVESTRE.S (2013). *Árvores Nativas do Brasil* - Volume 1. Editora Europa. p.12.

SOUZA, J.C.de; AGUIAR. R.L.S de. **A escavação no sítio arqueológico templo dos pilares e sua relação com a ocupação humana e a produção de arte rupestre em Mato Grosso do Sul.** *Revista Clio Arqueológica*, 32 (2), 118-138, 2017.

TEIXEIRA, J. V.; RIBEIRO, R. N.; DAUD, R. D. **Mites on Curatella americana L. (Dilleniaceae) from Cerrado vegetation remnants in mining site vicinities.** *International Journal of Acarology*, v. 43, n. 4, p. 302-307, 2017.

TEIXEIRA, W.G; LIMA. R.A. **O solo modificado pelo homem (solo antrópico) como artefato arqueológico.** *Anais IV Seminário de Preservação Arqueológico.* Rio de Janeiro - RJ, 2016.

VASCONCELOS, B.N.F et al.(2013). **Antropossolos em sítios arqueológicos de ambiente cárstico no norte de Minas Gerais.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 2013, v. 37, n. 4. pp. 986-996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0100->

06832013000400016> Acesso em: 10 abr. 2022.

VASCONCELOS, J. M. et al. **Métodos de superação de dormência em sementes de croada (*Mouriri elliptica Mart*)**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 34, n. 5, p. 1199-1204, set./out. 2010.

ZAHLOUTH, I.M.L.V; PAIVA, R.O, (2012): **Informação e arqueologia: segredos do passado transcritos em suportes primitivos**. EREBD, 2012. Disponível em: <www.periodicos.ufmg.br/index.php/moci/article/view/17432>. Acesso em 20 mai. 2022.

ZENID, G. J; CECCANTINI, G. C. T. **Identificação macroscópica de madeiras**. São Paulo: IPT, 2007. 24 p.

WÜST, I. **Continuidade e mudança: para uma interpretação dos grupos ceramistas précoloniais da bacia do rio Vermelho, Mato Grosso**. (Tese de Doutorado em Antropologia Social) Universidade de São Paulo (USP).