IX SINMCA
IX Simpósio do Noroeste Mineiro de Ciências Agrárias e
VIII Semana Acadêmica
25 a 27 de novembro de 2025

COMPOSIÇÃO MOLECULAR DE SOLOS DE UMA VEREDA DO PARQUE NACIONAL GRANDE SERTÃO VEREDAS POR MEIO DE TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR)

Andressa M.L. Mota [1*], Isadora L. Barbosa [2], Fabrício da Silva Terra [3], Ingrid Horák-Terra [3]

[1] *Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Unaí-MG*
[2] *Graduanda em Agronomia - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Unaí-MG*
[3] *Professor adjunto, UFVJM, Unaí/MG*

***E-mail do autor principal:** andressa.lopes@ufvjm.edu.br

RESUMO EXPANDIDO

INTRODUÇÃO

As veredas são conhecidas por serem ecossistemas úmidos encontradas sobretudo no cerrado brasileiro (HORÁK-TERRA et al., 2022a, 2022b) e em savanas no interior do estado de Roraima (ALVES, 2019). Normalmente são encontradas em áreas com relevo plano, existência de substrato geológico composto por camadas de permeabilidades variáveis e um clima evidenciado pela clara diferenciação entre duas estações (ALENCAR-SILVA & MAILLARD, 2011).

Elas desempenham um papel crucial no que diz respeito ao equilíbrio hidrológico, controlando o fluxo do lençol freático (CARVALHO, 1991; RAMOS et al., 2006), além do sequestro de carbono (PILON et al., 2017). Nas áreas de veredas, há a ocorrência de solos predominantemente orgânicos e minerais com alto teor de matéria orgânica como os Organossolos e Gleissolos Melânicos (HORÁK-TERRA, 2022a). Compreender a dinâmica destas áreas é primordial para que se consiga tomar as melhores decisões para sua preservação, como previsto no Código Florestal Brasileiro - Lei nº 12.651/2012.

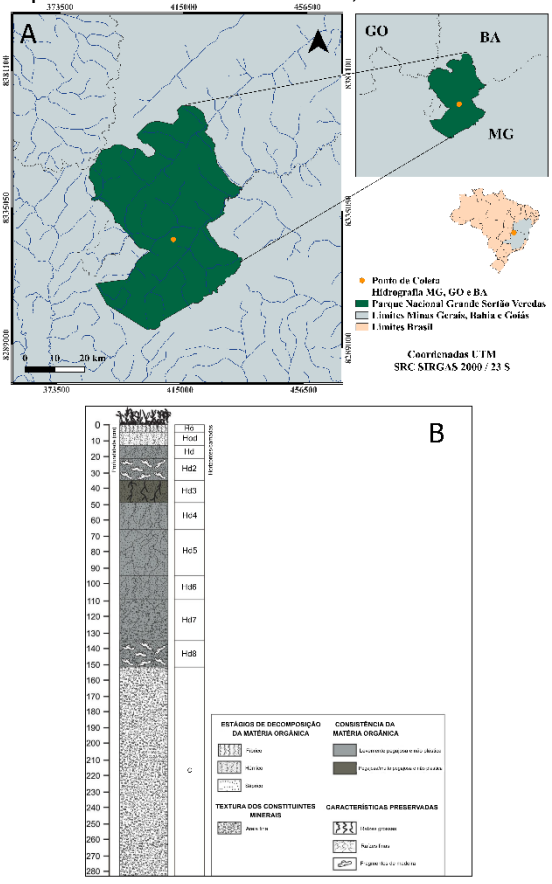
A composição molecular de solos é um estudo que busca trazer informações de como a vereda responde às mudanças climáticas, sejam elas naturais ou antrópicas, visto que são afetados igualmente todos os componentes do solo, em especial dos orgânicos (MARTÍNEZ CORTIZAS et al., 2024). A espectroscopia no Infravermelho Médio por Transformada de Fourier (FTIR) é uma técnica rápida, que possui baixo custo e não é destrutível, e por meio de uma análise sensível traz informações detalhadas dos principais componentes do material analisado (GRIFFITHS & DE HASETH, 2007; CALDERÓN et al., 2011).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi realizar a análise espectral por meio da espectroscopia FTIR de um testemunho coletado no Parque Nacional Grande Sertão Veredas.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo deste trabalho foi o Parque Nacional Grande Sertão Veredas, precisamente na Vereda Pau Grande, inserida no município de Chapada Gaúcha em Minas Gerais, na divisa com a Bahia, como é ilustrado na Figura 1a.

Figura 1 – A) Área de Estudo. B) Descrição dos horizontes presentes no testemunho coletado na Vereda Pau Grande. Fonte: A) Autoria Própria e B) Adaptado de Horák-Terra et. al, 2022b.



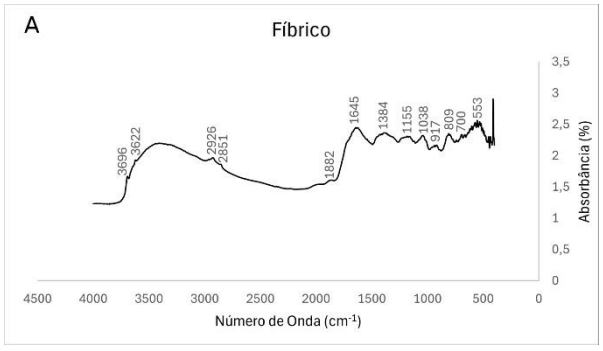
Foi coletado um testemunho com 283 cm de profundidade e com idade de aproximadamente 34

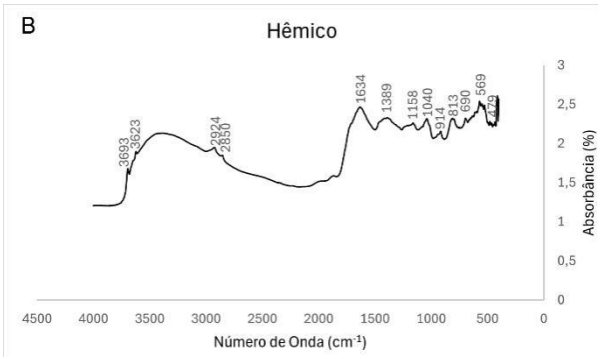
mil anos (HORÁK-TERRA et. al, 2022a) com uso de um vibrotestemunhador (MARTIN et al., 1995), sendo este constituído por dez (10) horizontes orgânicos (Ho, Hod e Hd-Hd8, 0 – 151 cm) e uma (1) camada de solo mineral (C, 151 – 283 cm), como visto na Figura 1b. Quanto à decomposição do material orgânico dos solos orgânicos, foram vistos três diferentes estágios: (i) fíbrico, de 0 - 4,7 cm, contendo material orgânico pouco alterado com ≥ 45% de fibras; (ii) hêmico, de 4,7 – 12,5 cm, contendo material orgânico em estágio intermediário de decomposição e com fibras entre 17 e 40%; e (iii) sáprico, de 12,5 – 151 cm, contendo material orgânico em estágio avançado de decomposição, com < 17% de fibras. Amostras foram fatiadas do testemunho, a cada 2 cm para os solos dos horizontes orgânicos e a cada 5 cm para os solos da camada mineral, e posteriormente foram secas, moídas e peneiradas, com os compartimentos analisados sendo divididos de acordo com a Figura 1b, com a unificação do compartimento sáprico. A determinação da composição molecular se deu no Espectrômetro FT-IR Nicolet iS50 em reflectância difusa na faixa do Infravermelho Médio (4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1}). Após, foi realizada a conversão para absorbância, para melhor identificação das feições de absorção. Cada amostra foi analisada em triplicata (três repetições).

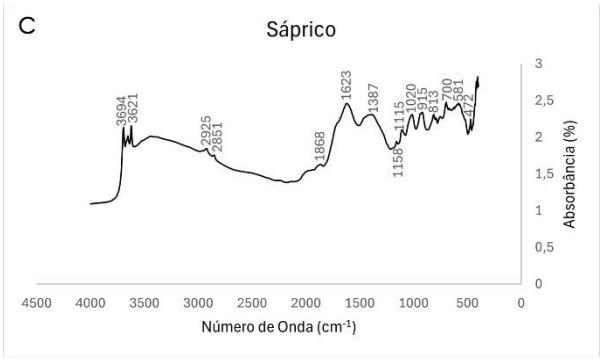
Foram calculadas as médias por amostras, a partir dos valores das três repetições, e, na sequência, foram calculadas as médias para cada tipo de material orgânico do solo com respeito ao seu estágio de decomposição da matéria orgânica (camadas orgânicas fíbrica, hêmica e sáprica) e a camada mineral.

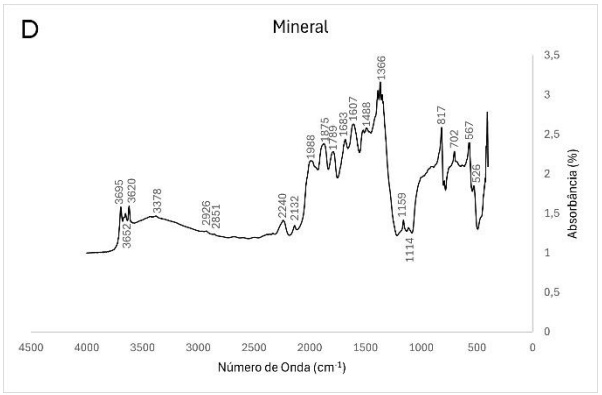
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Figura 3 – Espectros obtidos para os compartimentos pretendidos









A – Fíbrico, B – Hêmico, C – Sáprico e D – Mineral.

Tabela 1 – Bandas características dos compostos orgânicos e minerais presentes no testemunho analisado.

COMPRIMENTOS DE ONDA (cm^{-1})	COMPOSTOS MINERAIS E ORGÂNICOS	COMPARTIMENTOS PRESENTES*
926-436	Quartzo e Argilominerais	TODOS
627-555	Haletos (Brometos)	TODOS
1634-751	Aromáticos (Hidrocarbonetos)	Todos, exceto Fíbrico
1025-1012	Óxidos de Fe e Si - Caulinitas	S
1040	Polissacarídeos	F, H
1113-1104	Caulinita, esmectita, ilita, vermiculita 2:1	S, M
1163-1155	Grupos Alcoólicos	TODOS
1373	Grupos fenólicos e alifáticos	S
2926-1272	Estiramentos	TODOS
1391-1366	Nitratos	TODOS
1645	Amidas	F
1882-1789	Carbonilas	F, S, M
2240-1683	Quartzo	S, M
2851	Alifáticos	TODOS
3696-3528	Filossilicatos 2:1 e 1:1	TODOS

*(F- Fíbrico, H – Hêmico, S - Sáprico, M – Mineral)

A partir dos picos obtidos na Figura 3 e descritos na Tabela 1, o testemunho analisado possui grande influência de argilominerais, quartzo e filossilicatos 2:1 e 1:1 em toda sua extensão. Destaca-se o poder de expansão dos filossilicatos 2:1 como a Vermiculita que contribui com a retenção de água no solo, o que é de extrema importância para áreas úmidas como as veredas. O Parque Nacional Grande Sertão Veredas está localizado na formação litológica Urucuia (FUNATURA, 2003), que se caracteriza como uma unidade do Cretáceo Superior, constituída principalmente por arenitos finos a grosseiros, alternados com níveis de pelito, com conglomerados e arenito conglomerado na base e como a vereda estudada encontra-se sobre depósitos aluviais que se acumularam ao decorrer dos cursos d'água (HORÁK-TERRA et. al., 2022b), pode ser uma indicação da origem do quartzo identificado nas leituras. Nos compartimentos fíbrico e hêmico em que há maior quantidade de fibras não decompostas, observa-se a presença de polissacarídeos que podem ser provenientes de restos de vegetação como a celulose que por sua vez é insolúvel em água (BRÁS, 2015). A presença de compostos aromáticos como a lignina, também indica a influência da vegetação na composição molecular deste solo, visto que ela é uma componente presente na parede celular dos vegetais e encontrada em nós dentro dos troncos (FUKUSHIMA et. al., 2000, WILLFÖR et. al., 2003), o que pode fazer sentido devido a presença de fragmentos de madeira no compartimento Sáprico, como visto na Figura 1b. Identificou-se também a existência de haletos no decorrer de todo o testemunho, neste caso o Brometo na faixa 627-555 cm^{-1}, que pode ter atingido este solo através da precipitação e acumulando-se em compostos organo-halogenados, podendo ser um indício de atividades de alta circulação atmosférica ou em momentos mais úmidos (BIESTER et. al., 2006), tendo em vista que uma das maiores fontes de Bromo no planeta são os oceanos (HORÁK-TERRA et. al., 2020). A manifestação de óxidos de Ferro e Silício no compartimento sáprico, caracteriza a presença de caulinitas, sendo este o principal mineral da fração de argila nos solos de zonas tropicais que tem grande influência na morfologia e na caracterização física e química do solo (DUARTE & NETTO, 1999), podendo inferir o começo de maior contribuição mineral neste solo. Grupos alcóolicos identificados podem estar relacionados a detecção de hidroxilas no solo, sendo um oxidante reativo que é produzido em águas naturais, como as de veredas, tendo como principal processo de formação a fotoprodução por matéria orgânica dissolvida cromofórica (SUN et. al., 2015). Os compostos alifáticos, neste caso os alcanos observados em todos os compartimentos, podem ser provenientes da decomposição da matéria orgânica, e vêm sendo utilizados para identificação da origem do material orgânico (GALOSKI et. al, 2018). A aparição de nitratos pode ter origem de proteínas e quitina (VIEIRA, 2017) para os solos em geral, nos solos orgânicos são indicadores de decomposição de matéria orgânica. Amidas no compartimento fíbrico, indicam compostos nitrogenados que podem ser provenientes da vegetação local, considerando que são importantes mecanismos de defesa de

frutas, sementes e folhas (KUMAR et. al., 2018). Já as carbonilas, podem inferir a presença de ácidos e ésteres neste solo (AOKI et. al., 2006).

CONCLUSÃO

A partir da análise FTIR, identificou-se uma diversidade de compostos orgânicos e minerais ao longo do testemunho, refletindo a interação entre a vegetação, regime hidrológico e a geologia subjacente da vereda Pau Grande. A presença de compostos como os aromáticos, polissacarídeos e alifáticos nos traz a contribuição da vegetação local, a partir das fibras e fragmentos de madeira. Em contrapartida, quartzo e filossilicatos 2:1 indicam a influência da geologia local e de processos de deposição. Haletos identificados podem sugerir que houve possíveis contribuições atmosféricas e paleoambientais. A utilização desta técnica mostrou ser uma ferramenta eficiente e rápida para se obter a composição molecular deste solo e oferecer subsídios para estudos futuros nestas áreas.

AGRADECIMENTOS

À UFVJM e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pela bolsa de Iniciação Científica referente ao Edital 006/2024 - PIBIC/FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

HORÁK-TERRA, I., TERRA, F.S., LOPES, A.K.A., DOBBSS, L.B., FONTANA, A., SILVA, A.C., VIDAL-TORRADO, P., 2022a. Soil characterization and drainage effects in a savanna palm swamp (vereda) of an agricultural area from Central Brazil. Revista Brasileira de Ciência do Solo 46:p.e0210065.

HORÁK-TERRA, I., TRINDADE, R.N.R., TERRA, F.S., SILVA, A.C., DE CAMARGO, P.B., VIDAL-TORRADO, P., 2022b. Soil processes and properties related to the genesis and evolution of a Pleistocene savanna palm swamp (vereda) in central Brazil. GEODERMA. 410:115671.

ALVES, R. A. ESTUDO PRELIMINAR SOBRE O ECOSSISTEMA DE VEREDAS NA PORÇÃO SETENTRIONAL DE BONFIM, ESTADO DE RORAIMA, BRASIL. Revista GeoUECE, [S. l.], v. 8, n. 15, p. 99–110, 2019

ALENCAR-SILVA, T., MAILLARD, P. Delimitação, caracterização e tipologia das veredas do Parque Estadual Veredas do Peruaçu. Revista Geografias, v. 7, n. 2, p. 24-39, 2011.

CARVALHO, P. G. S. As veredas e sua importância no domínio dos cerrados. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 15, n. 168, p. 54-56, 1991.

RAMOS, M.V.V., CURI, N., MOTTA, P.E.F., VITORINO, A.C.T., FERREIRA, M.M., SILVA, M.L.N., 2006. Veredas do triângulo mineiro: solos, água e uso. Ciência e Agrotecnologia. 30(2):283-293.

PILON, N.A.L., CAVA, M.G.B., NALON, MA., ZIMBACK, L., DURIGAN, G., 2017. Riqueza, relevância e estratégias para a conservação de fisionomias campestres do Cerrado no Horto Florestal de Botucatu, SP, Brasil. Revista do Instituto Florestal, 29: 19-37.

MARTÍNEZ CORTIZAS, A., TRAORÉ, M., LÓPEZ-COSTAS, O., SJÖSTRÖM, J.K., KYLANDER, M.E. Beyond the Obvious: Exploring Peat Vibrational Spectroscopy (FTIR-ATR) Data Using Principal Components Analysis on Transposed Data Matrix (tPCA), Store Mosse Bog (Sweden). In: NÚÑEZ-DELGADO, Avelino (org.). Frontier Studies in Soil Science. Cham: Springer, 2024. p. 217–247.

GRIFFITHS, P.R., DE HASETH, J.A. Fourier Transform Infrared Spectrometry. 2. ed. New York: Wiley-Interscience, 2007. ISBN 978-0-471-19404-0.

CALDERÓN, F.J., REEVES III, J.B., COLLINS, H.P., PAUL, E.A. Chemical differences in soil organic matter fractions determined by diffuse-reflectance mid-infrared spectroscopy. Soil Science Society of America Journal, Madison, v. 75, n. 2, p. 568–579, 2011.

MARTIN, L., FLEXOR, J.M., SUGUIO, K., 1995. Vibrotestemunhador leve: construção, utilização e possibilidades. Rev. Inst. Geol. 16 (1/2), 59–66.

FUNATURA Fundação Pró-Natureza, 2003. Plano de Manejo do Parque Nacional Grande Sertão Veredas. FUNATURA, Brasília.

BRÁS, N. (2015). Polissacarídeos. Revista de Ciência Elementar, 3(4), 231.

FUKUSHIMA, R. S., GARIPPO, G., HABITANTE, A. M. Q. B., LACERDA, R. S. Extração da lignina e emprego da mesma em curvas de calibração para determinação da lignina em produtos vegetais. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 29, n. 5, p. 1302-1311, 2000.

WILLFÖR, S., NISULA, L., HEMMING, J., REUNANEN, M., HOLMBOM, B. Bioactive phenolic substances in industrially important tree species. Part 1: Knots and stem wood of different spruce species. *Holzforschung*, v. 58, n. 4, p. 335-344, 2003.

BIESTER, H., MARTÍNEZ CORTIZAS, A., KEPPLER, F. Occurrence and fate of halogens in mires. In: MARTINI, I. P.; MARTÍNEZ CORTIZAS, A., CHESWORTH, W. (org.). *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes*. Netherlands: Elsevier, 2006. p. 449–464. (Elsevier Series Development in Earth Processes).

HORÁK-TERRA, I., MARTÍNEZ CORTIZAS, A., LUZ, C. F. P., SILVA, A. C., MIGHALL, T., DE CAMARGO, P. B., MENDONÇA-FILHO, C. V., DE OLIVEIRA, P., CRUZ, F. W., VIDAL-TORRADO, P. Late Quaternary vegetation and climate dynamics in central-eastern Brazil: insights from a ~35k cal a BP peat record in the Cerrado biome. *Journal of Quaternary Science*, v. 35, p. 664-676, 2020.

DUARTE, M. N., NETTO, A. R. Características de caulinitas de alguns solos brasileiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília, DF. Resumos […]. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. CD-ROM.

SUN, L., QIAN, J., BLOUGH, N. V., MOPPER, K. *Insights into the Photoproduction Sites of Hydroxyl Radicals by Dissolved Organic Matter in Natural Waters*. Environmental Science & Technology Letters, v. 2, n. 12, p. 352-356, 2015.

GALOSKI, C. E., MARTINEZ, A. E. J., SCHULTZ, G. B., DOS SANTOS, I., FROEHNER, S. J. Avaliação da erosão utilizando n-alcanos como biomarcadores geoquímicos. In: **XIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE SEDIMENTOS**; **I PARTÍCULAS NAS AMÉRICAS (Particles in the Americas)**, 2018, Vitória (ES). *Anais...* Vitória: [s.n.], 2018. ISSN 2359-2141.

VIEIRA, R. F. *Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas*. Brasília: Embrapa, 2017.

KUMAR, V., BHATT, V., KUMAR, N. *Amides From Plants: Structures and Biological Importance*. In: **Studies in Natural Products Chemistry**, v. 56, p. 287-333, 2018.

AOKI, C. T., HANSEF, F. A., FUKARNACHI, C. R. B., MAIA, C. M. B. F. Investigação qualitativa de um método alternativo de extração para o estudo da repelência em solos. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA**, 29., 2006, Águas de Lindóia. *Química é energia: transforma a vida e preserva o ambiente*. São Paulo: SBQ, 2006. Resumo em anais de congresso.