ISSN 2675-3359
Revista Mineira de Recursos Hídricos
v. 3, 2022
Instituto Mineiro de Gestão das Águas - rmrh.igam.mg.gov.br

MAIS DE UMA DÉCADA DE PESQUISAS NAS TURFEIRAS DA SERRA DO ESPINHAÇO MERIDIONAL

More than a decade of research in the peatlands of Meridional Espinhaço Mountain Range

Thamyres Sabrina Gonçalves[1]*
Alexandre Christófaro da Silva[2]
Camila Rodrigues Costa [3]
Ingrid Horák Terra[4]
Uidemar Morais Barral [5]

RESUMO

Há cerca de uma década, as turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional vêm sendo estudadas, especialmente pelos pesquisadores vinculados a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri em parceria com diversas instituições, gerando conhecimento sobre as turfeiras de montanhas tropicais, a dinâmica da matéria orgânica e a reconstituição paleoambiental da região. Diante disso, essa revisão tem o objetivo de sintetizar um esboço dos trabalhos que já foram realizados nas turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional ao longo da última década, os principais objetivos, resultados e conclusões de cada um deles, que podem subsidiar a discussão de resultados encontrados nas pesquisas a partir de então, para que seja possível dar continuidade a essas pesquisas tão importantes, conectando as informações já existentes com as que vierem a ser

[1]Geógrafa, Mestre em Ciência Florestal, Doutora em Produção Vegetal pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Monitora Ambiental no Instituto Estadual de Florestas (IEF). Docente na Especialização em Ensino de Geografia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). – e-mail: sabrina5thamy@yahoo.com.br *Autora correspondente

[2]Agrônomo, Doutor em Agronomia pela Universidade de São Paulo (USP). Professor do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). Bolsista de Produtividade do CNPq. Coordenador do Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração nas Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional. – e-mail: alexandre.christo@ufvjm.edu.br

[3]Agrônoma. Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). – e-mail: camilarodcosta@gmail.com

[4]Engenheiro Florestal. Doutor em Ciência do Solo. Professora do Instituto de Ciências Agrárias na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). – e-mail: ingrid.horak@ufvjm.edu.br

[5] Agrônomo. Doutor em Produção Vegetal. Professor da Universidade de Brasília (UnB). – e-mail: uidemarmorais@gmail.com

(cc) BY-NC

obtidas. As pesquisas foram acontecendo de maneira complementar, partindo de trabalhos de caracterização inicialmente até pesquisas mais aprofundadas atualmente. É proposta, nas conclusões de todos esses estudos sem exceção, a importância de preservação das turfeiras para que elas possam continuar a cumprir seu papel no sistema prestando os serviços ambientais tão úteis aos seres humanos, a sociedade e ao ambiente. E apesar de todas essas pesquisas, ainda existem mais perguntas que respostas acerca de tudo o que já foi descoberto a partir do estudo da matéria orgânica do solo das turfeiras e seus microfósseis guardados por milhares de anos, assim sendo essas pesquisas precisam continuar.

Palavras-chave: Organossolos. Matéria Orgânica do Solo. Reconstituição Paleoambiental.

ABSTRACT

The peatlands in the Meridional Espinhaço Mountain Range have been studied for over ten years, especially by researchers from the Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys, in partnership with several institutions, which has greatly contributed to the knowledge advancement on topics such as tropical mountain peatlands, the dynamics of organic matter and, above all, the paleoenvironmental reconstitution of Meridional Espinhaço Mountain Range region. Therefore, this review aims to synthesize an outline of the works that have already been carried out in peatlands of the Meridional Espinhaço Mountain Range over the last decade, their main objectives, results and conclusions, which can support discussions of what has been found since then, so that it is possible to continue these relevant researches, connecting existing information to discoveries yet to come. The researches were carried out in a way to complement each other, starting from simple characterization works to more in-depth uptodate researches. Emphasis lie on what is recommended in conclusions of all these studies without exception: the importance of preserving peatlands so that they can continue to fulfill their role in the system by providing environmental services that are so useful to human beings, society and to the environment. In spite of everything that has already been discovered from the study of organic matter in peat soils and their microfossils stored for thousands of years, there are still more questions than answers, meaning that research needs to continue.

Keywords*: Histosoils. Soil Organic Matter. Paleoenvironmental Reconstitution.*

Data de submissão: 27/10/2021

Data de aprovação: 21/03/2022

1 INTRODUÇÃO

Dentre os vários geossistemas que existem no Brasil está a Serra do Espinhaço, que corresponde a um conjunto de elevações que remonta ao pré-cambriano, alinhadas na direção norte-sul, desde os limites dos estados do Piauí-Bahia-Pernambuco ao norte, até a região central do estado de Minas Gerais, constituindo-se a formação geomorfológica mais extensa e contínua

(cc) BY-NC

do território brasileiro (ALMEIDA-ABREU; RENGER, 2002). Para Saadi (1995) o termo planalto define mais claramente geomorfologia desse conjunto de terras altas de Minas Gerais.

Toda a Cadeia do Espinhaço é constituída de soerguimentos intermitentes, que se repetiram em intervalos geológicos, provavelmente desde o paleozóico até os dias de hoje. Não há uniformidade nas rochas, nem em sua história geomórfica (KING, 1956). A geologia é o elemento definidor da composição litológica e geomorfológica, sobre a qual o clima atuou e atua no sentido de modelar o relevo e definir a hidrografia, influenciando na formação dos solos sobre os quais a biota vem se interagindo, formando as diferentes fitofisionomias e condicionando-se mutuamente no processo de distribuição das espécies (TANSLEY, 1935; AB'SABER, 2003; GONTIJO, 2008; GONÇALVES *et al*., 2020, 2021).

Aliada à sua relevância ambiental, a Serra do Espinhaço (SdE) possui lugar de destaque na história do Brasil, pois é a região em que se desenvolveram alguns dos mais importantes ciclos da economia nacional, como os ciclos do ouro e do diamante, e é onde viviam, em 2005, cerca de 700 mil pessoas (SILVA, A. *et al*., 2005).

2 REVISÃO DE LITERATURA

Devido a essa importância socioambiental foi inserida no programa de implementação da política internacional de conservação da Unesco, cujo caráter é a busca do equilíbrio holístico entre o homem e a biosfera (GONÇALVES, 2021). Surgida em 1974, esta política tem como objetivo demonstrar a viabilidade de experimentar formas de se conservar a biodiversidade sem privar as populações humanas do desenvolvimento social e econômico. Assim, a designação de Reserva da Biosfera passou a ser a aplicada à Serra do Espinhaço (SILVA, A. *et al*., 2005).

Dentre as várias riquezas que constituem o patrimônio da Biosfera da Serra do Espinhaço, estão os ecossistemas de turfeiras, que ocorrem nas depressões de superfícies aplainadas. A saturação com água (condição anaeróbica), a elevada acidez, o baixo teor de nutrientes e a resiliência dos tecidos vegetais inibem a ação dos microorganismos decompositores, favorecendo o acúmulo de matéria orgânica no tempo e no espaço, o que leva a formação destes ecossistemas (HORÁK-TERRA *et al*., 2010, 2011; SILVA, E. *et al*., 2008).

São ecossistemas de importância singular na manutenção dos processos hidrológicos em toda região da Serra do Espinhaço Meridional, pois é das turfeiras que vem a recarga hídrica das nascentes dos vários rios e riachos que banham a região do Vale do Jequitinhonha, pois elas atuam na regulação do fluxo hídrico das bacias hidrográficas e na estocagem de carbono no solo

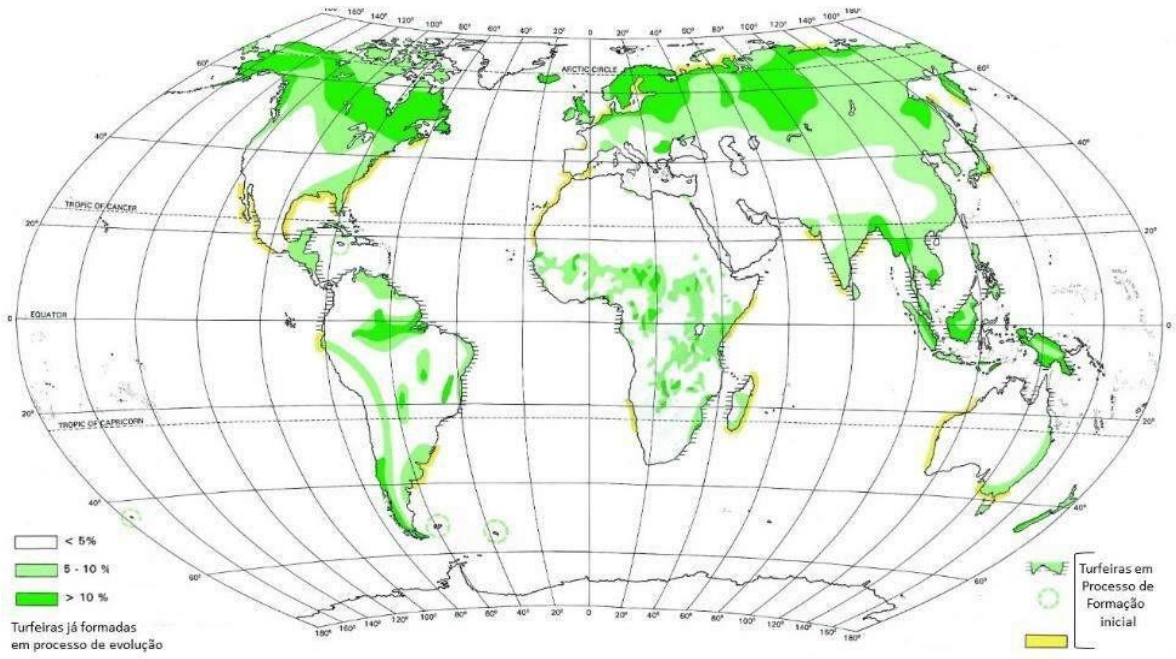
(cc) BY-NC

(SILVA, A. *et al*., 2005; HORÁK-TERRA *et al*., 2011).

Esses serviços ecossistêmicos são essenciais, sobretudo para uma região semiárida, onde um dos maiores problemas sociais é a gestão dos recursos hídricos e a água ocupa lugar central na maioria dos conflitos ambientais vividos pelas populações locais (RIBEIRO; GALIZONI, 2003; ZHOURI *et al*., 2011; FONSECA, 2016). De acordo com Silva, M. *et al.* (2013), as turfeiras estocam grandes volumes de água durante períodos chuvosos, sendo esta liberada gradativamente durante os outros meses do ano (CAMPOS *et al.,* 2012). Em face de sua influência na composição química das águas que a permeiam, as turfeiras também protegem os sistemas de água doce, ao prevenirem a eutrofização (MALTBY; DUGAN, 1994).

De acordo com Silva, D. (2016) estima-se que existam no mundo 420 milhões de ha de turfeiras, o equivalente a 4% da superfície do planeta, estocando cerca de 5 a 20% do carbono existente na Terra (GONÇALVES, 2021) (MAPA1). Desse total, algo entre 30 e 45 milhões de ha ocorrem na região tropical (RIELEY *et al*., 2008). No Brasil, ainda não existe um mapeamento das turfeiras em escala adequada ao levantamento da área de ocorrência das turfeiras com mapas de qualidade para todo o território nacional.

Mapa 1 – Distribuição das turfeiras no planeta



Fonte: INTERNATIONAL PEATLAND SOCIETY (2021)

(cc) BY-NC

No mundo as turfeiras ocorrem majoritariamente em regiões de clima temperado, em função da maior acumulação de matéria orgânica no solo pela baixa taxa de decomposição. No Brasil a ocorrência de turfeiras é menor em escala espacial já que na maior parte do território as condições do clima tropical levam a taxas elevadas de decomposição da matéria orgânica no solo, estando as turfeiras limitadas aos ambientes de altitudes mais elevadas onde o clima é mais ameno a as taxas de decomposição são mais baixas. É nesse contexto que as montanhas tropicais como a Cordilheira do Espinhaço ganham importância.

Mas o mapeamento de todas as turfeiras que existem no Brasil apesar de ter avançado muito nas últimas duas décadas ainda é permeado de complexidades, em função de diversos fatores, a começar pela definição do que seria uma turfeira, pois em função de variações nas taxas de acumulação de matéria orgânica, na profundidade da camada de solo orgânico e no estágio de decomposição da matéria orgânica que forma cada uma das turfeiras brasileiras, às vezes não há consenso entre os pesquisadores se determinada área de fato é uma turfeira ou não; o baixo investimento em pesquisas e em mapeamento no país também é considerável, pois as turfeiras em geral são estudadas por meio de "testemunhos" e não em "perfis" como a maioria dos outros tipos de solo, o que torna o mapeamento de turfeiras mais caro e trabalhoso do que o de outros tipos de solos (GONÇALVES, 2021).

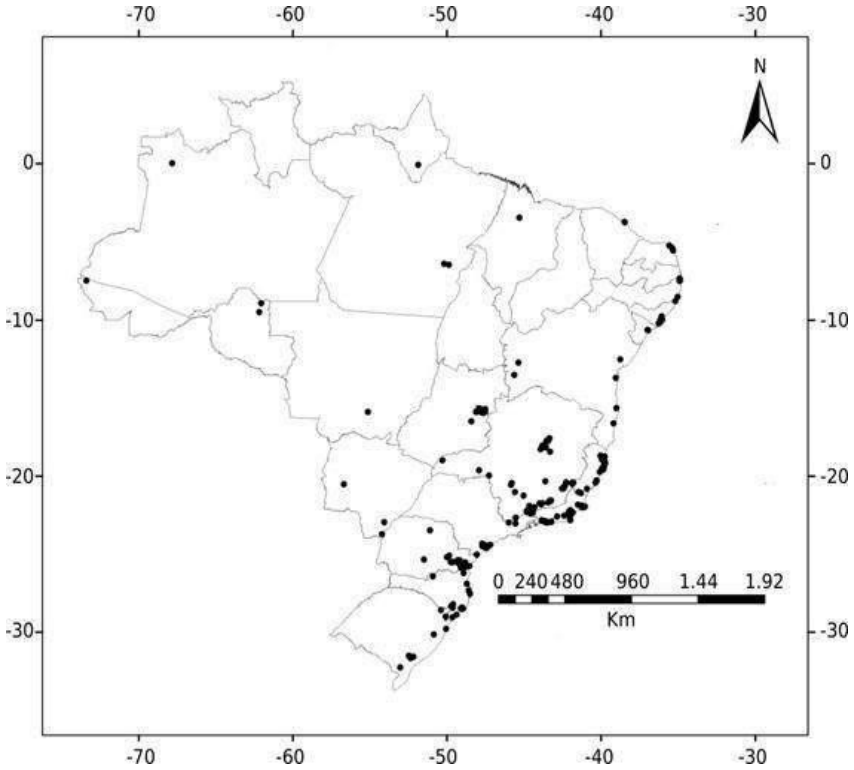
O Mapa 2, traz a distribuição dos Organossolos no Brasil, não necessariamente todos esses são turfeiras, pois há também solos orgânicos que ocorrem em outros tipos de ambientes, como as terras pretas de índio na região amazônica,além de horizontes de solo orgânico na parte superficial de outros tipos de solos como os Latossolos com horizonte A húmico (MADARI *et al*., 2009; MARQUES, 2019).

É pertinente colocar que estar no mapa tem muita relação com estar na rota principal da realização de pesquisas, então as áreas onde se concentram os solos orgânicos mapeados relaciona-se em muito com a maior concentração dos esforços da pesquisa científica nas regiões sul e sudeste do Brasil. No estado de Minas Gerais, especificamente, boa parte dessas áreas de solos orgânicos somente foram inseridas nos mapas a partir das pesquisas nas turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional de que trata esse estudo, então uma das grandes contribuições da pesquisa nas turfeiras é de ampliar o mapa de Organossolos do Brasil, cujos padrões de ocorrência estão intimamente ligados a pedogeomorfologia do território brasileiro. Mapear turfeiras em escalas cartograficamente adequadas parte da existência de pesquisa básica que possa subsidiar conhecimentos sobre as características dos ambientes onde os ecossistemas de turfeiras estejam inseridos e isso pode ser considerado um dos grandes ganhos desse período de mais de uma década

(cc) BY-NC

de intensas pesquisas nas turfeiras da SdEM.

Mapa 2 – Distribuição de Organossolos no Brasil



Fonte: GONÇALVES (2021)

Desde 2003 as turfeiras da SdEM vêm sendo estudadas, com o objetivo de ampliar a gama de conhecimentos sobre esse ecossistema, bem como ratificar a necessidade e importância da proteção legal dessas áreas (BISPO *et al*., 2015, 2016; CAMPOS *et al*., 2010, 2011, 2012, 2014, 2016, 2017; HORÁK-TERRA *et al*., 2011, 2014, 2015, 2020; FREIRE *et al*., 2017; FONSECA *et al*., 2018; LUZ *et al*. 2017; SCHELLEKENS *et al*. 2014; SILVA, A. *et al*. 2009ab, 2011; SILVA, M. *et al*., 2013; SILVA, M.; SILVA, A., 2016, 2017; SILVA, A. *et al*., 2020; GONÇALVES *et al*. 2020; GONÇALVES, 2021). Além do conhecimento sobre as próprias turfeiras, essas pesquisas têm levantado relevantes informações sobre a paisagem regional e seus paleoambientes, identificando mudanças climáticas do período Quaternário, com apontamentos sobre reconstituição paleoambiental da SdEM e os processos de formação das turfeiras.

No contexto da conservação é importante salientar para as medidas de proteção das turfeiras com relação à legislação ambiental, de modo a restringir o impacto dos processos de uso e ocupação do solo sobre as áreas de turfeiras, bem como impulsionar o financiamento de

(cc) BY-NC

pesquisas nesses ecossistemas, pois até então não existe uma legislação ambiental específica para a proteção das turfeiras, apesar dos esforços de um grupo de pesquisadores da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri que consistiram na elaboração e envio à Assembleia Legislativa do Estado um Projeto de Lei (PL 3.062/2015)[6] que prevê uma legislação específica para a proteção das turfeiras, que chegou a alcançar a fase de audiência pública, mas até então não fora aprovado (GONÇALVES; SILVA, 2018).

Práticas de manejo adequado das atividades produtivas que ocorrem em regiões de abrangência de ecossistemas de turfeiras devem ser adotadas (extrativismo vegetal, produção agrícola, pecuária, ecoturismo, entre outras). Também é pertinente propor um programa de monitoramento espacial das turfeiras por meio de imagens de satélites pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, dada a importância desses ecossistemas para o regulamento do ciclo global do carbono e a manutenção do equilíbrio climático (FONSECA *et al*., 2018).

Há mais de dez anos as turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional vêm sendo estudadas, especialmente pelos pesquisadores vinculados a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, em parceria com diversas instituições que em trabalhos interinstitucionais têm contribuído muito para o avanço no conhecimento sobre as turfeiras de montanhas tropicais, sobre a dinâmica da matéria orgânica e, sobretudo na reconstituição paleoambiental da região da Serra do Espinhaço Meridional.

Diante disso, essa revisão tem o objetivo de sintetizar um esboço dos trabalhos que já foram realizados nas turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional ao longo da última década (2008-2020), os principais objetivos, resultados e conclusões de cada um deles, que podem subsidiar a discussão de resultados encontrados para que seja possível dar continuidade a essas pesquisas tão importantes, conectando as informações já existentes com as que vierem a ser obtidas a partir de então.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia de realização dessa pesquisa consistiu de um levantamento bibliográfico em diferentes bases de dados de busca de artigos científicos nacionais e internacionais (Web of Science, Scopus, portal de periódicos da Capes, Google Scholar, Schi Hub), pesquisa na plataforma Lattes para levantamento de outros trabalhos vinculados aos autores

[6] https://www.almg.gov.br/atividade_parlamentar/tramitacao_projetos/texto.html?a=2015&n=3062&t=PL

(cc) BY-NC

dos artigos supracitados na introdução que porventura não tenham sido encontrados durante a busca, pesquisas nos repositórios institucionais das universidades em que se formaram cada um dos autores em nível de graduação e pós graduação, leitura e fichamento de todo o material levantado, ordenando-se por data de publicação; e elaboração desse texto. Os termos utilizados na busca foram: turfeiras, peatlands, organossolos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Silva, E. *et al.* (2008) fizeram um estudo com o objetivo de definir um modelo matemático que fosse o mais adequado para determinar a acidez potencial dos Organossolos das turfeiras da SdEM, testando diferentes métodos, já que nas turfeiras embora os solos sejam quimicamente ácidos com elevados teores de Al3+ trocável, esta acidez está mais relacionada aos teores de ácidos orgânicos do que ao conteúdo de Al trocável, e as indicações de calagem para correção de solos no Brasil até então eram baseadas em solos minerais, e não se tinha naquela época muitos estudos a esse respeito em solos com elevados teores de matéria orgânica. Os resultados desse estudo conseguiram identificar um método alternativo para realização da análise, que se mostrou mais adequado aos solos orgânicos, e apresentava outros benefícios como menor custo e um processo mais simplificado de execução do procedimento analítico.

O estudo desenvolvido por Silva, A. *et al*. (2009a) teve como objetivo testar a hipótese de que o acúmulo e grau de decomposição da matéria orgânica se relacionam com as condições de drenagem e com os teores e a composição elementar das frações húmicas isoladas desses solos, para isso coletaram vários testemunhos em diferentes locais, os resultados mostraram que a matéria orgânica das turfeiras da SdEM apresenta marcantes diferenças em relação à sua composição química, o teor das substâncias húmicas e a composição química dos ácidos húmicos, concluindo que a variação das condições de drenagem foi preponderante para a diferenciação qualitativa e quantitativa da matéria orgânica nas turfeiras entre os diferentes locais estudados.

A partir das conclusões do trabalho anteriormente citado, Silva, A. *et al*. (2009b) desenvolveram ainda no mesmo ano, um outro trabalho que teve como objetivos caracterizar os atributos morfológicos, físicos, microbiológicos, químicos e classificar as turfeiras da SdEM de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, bem como testar a hipótese proposta a partir da conclusão do estudo anterior, de que a altitude e as condições de drenagem influem na classificação e caracterização das turfeiras. Nos resultados, os autores identificaram que não somente as condições de drenagem, mas também a localização e a altitude influenciam os atributos

(cc) BY-NC

morfológicos, físicos, químicos e microbiológicos das turfeiras da SdEM. Concluindo que o estágio de decomposição da matéria orgânica é mais avançado quanto melhor é o sistema de drenagem nas turfeiras, e que o teor de metais pesados está relacionado com o teor e a composição granulométrica da fração mineral e com a localização das turfeiras.

Durante esse mesmo ano, Campos (2009) desenvolveu sua dissertação, que teve como objetivo caracterizar física, química e biologicamente a matéria orgânica e mapear uma das turfeiras da SdEM, que possui grande importância hidrológica por ser a fonte de abastecimento de uma das cidades mais importantes da bacia do rio Jequitinhonha, que é a turfeira da Área de Proteção Ambiental Pau-de-Fruta que provém o abastecimento hídrico do município de Diamantina, de maneira a estimar a massa de carbono sequestrado e o seu volume de água armazenado nessa turfeira. Os resultados mostraram que essa turfeira além de estocar um enorme volume de carbono, ocupa uma área muito pequena dentro da bacia do subafluente do Jequitinhonha do qual ela faz parte, conhecido como córrego das Pedras. Apesar de ocupar uma área pequena é responsável por praticamente todo o estoque de água excedente da microbacia, sendo a turfeira responsável pela liberação gradativa de água ao longo do ano.

Ainda da dissertação de Campos (2009) originou-se o trabalho cujo enfoque foi a retenção de água na turfeira com relação aos diferentes estágios de decomposição da matéria orgânica, onde os autores chegaram à conclusão de que os maiores teores de humina estão relacionados com as camadas que apresentam estágio menos avançado de decomposição da matéria orgânica e com a maior retenção de água, enquanto os maiores teores de ácidos húmicos estão relacionados com as camadas que apresentam estágio intermediário de decomposição da matéria orgânica e com menos retenção de água, e ainda que, o grau de decomposição da matéria orgânica da turfeira aumenta com o aumento da profundidade.

Silva, A. *et al*. (2011) desenvolveram um experimento com objetivo de avaliar a bioatividade das substâncias húmicas alcalino solúveis e dos ácidos húmicos e fúlvicos isolados, oriundos de turfeiras com matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição localizadas na Serra do Espinhaço Meridional. Os testes foram realizados para a cultura do tomate (*Solanum lycopersicum*; Solanaceae). Os resultados mostraram que os ácidos húmicos foram mais bioativos, pois promoveram maior indução de raízes laterais com menor dose, enquanto a maioria dos ácidos fúlvicos não promoveu o crescimento radicular, além disso, tanto substâncias húmicas como ácidos húmicos estimularam o aparecimento de pelos radiculares, em baixas concentrações, substâncias húmicas e ácidos húmicos induziram o desbalanço hormonal nas plantas.

(cc) BY-NC

Nota-se que entre os anos de 2008 e 2011 as pesquisas realizadas nas turfeiras conceberam um ponto de prospecção inicial sobre esses ambientes, estudando aspectos básicos como a caracterização, os processos de decomposição, a quantidade de carbono e o volume de água estocados nas turfeiras, bem como o teste de metodologias que melhor se adequassem aos processos de análise química desses solos, e na caracterização, que abriu precedentes para a inserção das turfeiras da SdEM no mapa de distribuição dos Organossolos do Brasil, em trabalhos mais recentes sobre turfeiras e ou solos orgânicos de regiões tropicais, uma questão ainda em aberto, mas que em muito foi elucidada a partir das pesquisas realizadas na SdEM, o que deixa claro o quanto essas pesquisas foram importantes para ampliar o conhecimento existente sobre os solos orgânicos do Brasil.

A partir de 2011 percebe-se um aprofundamento da pesquisa nas turfeiras da SdEM em temas mais complexos que envolvem investigações científicas sobre os processos de gênese e evolução dos solos, mudanças climáticas pelos quais elas passaram, reconstituições paleoambientais, sendo esses estudos agora bastante incrementados com metodologias de análise multy-proxi, principalmente com a utilização de análises isotópicas, palinológicas e geocronológicas.

Horák-Terra *et al*. (2011) realizaram um dos primeiros estudos de reconstituição paleoambiental em turfeiras na SdEM, com a finalidade de evidenciar os materiais constituintes e os atributos do solo relacionados às mudanças das condições do ambiente, apoiados pela caracterização isotópica e elementar do C e N do solo e idades 14C. Os resultados deste estudo demonstraram que a gênese inicial do perfil de solo estudado, antes de 8.090 ± 30 anos AP (antes do presente), apresentou elevada contribuição de uma matéria orgânica mais herbácea, e gradualmente no Holoceno Inferior/Médio, entre 8.090 ± 30 anos AP a ± 4.100 anos AP (idade interpolada), a vegetação tornou-se mais lenhosa, com expansão de uma mata, possivelmente devido ao aumento de umidade, sugerindo a existência no passado de um Cerrado mais lenhoso que o atual. Nesse trabalho os autores concluem que havia um clima mais seco que o atual em ± 2.500 anos AP (idade interpolada) e após 430 anos AP, a mata regrediu, predominando a vegetação de campo. Após o período mais seco, a umidade aumentou até as condições atuais. Em meio a essas flutuações climáticas durante o Holoceno, o Organossolo em estudo apresentou três estádios de decomposição da matéria orgânica, com predomínio do mais avançado (sáprico), característico de um depósito em estágio de evolução pedogenético altamente avançado.

O estudo realizado por Silva, V. *et al*. (2013) avaliou a contribuição de cada uma das fitofisionomias que ocorrem associadas às turfeiras para o acúmulo de matéria orgânica no solo,

(cc) BY-NC

estudando fitomassa, composição lignocelulósica e isotópica da matéria orgânica no solo e da vegetação de Campo Limpo Úmido e de Floresta Estacional Semidecidual. Nos resultados os sinais isotópicos e a composição lignocelulósica da vegetação e da matéria orgânica do solo evidenciaram que a turfeira foi formada pela deposição de matéria orgânica da vegetação que a coloniza e concluíram que o crescimento vertical e a taxa de acúmulo de C na turfeira foram muito mais elevados sob a Floresta Estacional Semidecidual do que sob o Campo Limpo Úmido.

Campos *et al*. (2012) publicaram um estudo com os resultados de um mapeamento de 83 hectares de turfeira na SdEM, trazendo um conjunto de dados que correlacionam a capacidade de armazenamento de água, o tamanho da área ocupada e a quantidade de carbono estocado na turfeira, resultados que corroboram com os estudos anteriores sobre o papel da turfeira na regulação do fluxo hídrico da bacia hidrográfica da qual ela faz parte. Esses dados foram muito importantes para comprovar o que já se sabia qualitativamente sobre as turfeiras, que era o potencial de prestação de serviços ecossistêmicos para a sociedade, importantes o suficiente para justificar a conservação desses ecossistemas. Todavia colocar em números todos esses indicadores embasou argumentos que mais tarde culminaram na elaboração de um Projeto de Lei na tentativa de institucionalização de um aparato legal de proteção específico para as turfeiras.

Na sequência, Silva, V. *et al*. (2013) desenvolve sua dissertação com objetivo de mapear as turfeiras da porção norte da SdEM, determinar o estoque de matéria orgânica armazenada e utilizar isótopos de carbono para identificar mudanças ambientais regionais que ocorreram no Quaternário, cujos resultados mostraram que as turfeiras estudadas, começaram a ser formadas no Pleistoceno Superior (42.175± 3390 anos A.P.), quando estavam colonizadas predominantemente por plantas de ciclo fotossintético CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas). A vegetação foi mudando gradativamente para plantas do ciclo fotossintético C3 ao longo da transição Pleistoceno/Holoceno, processo associado à mudanças paleoclimáticas.

A partir do ano de 2012 percebe-se uma ampliação na abrangência geográfica dos estudos nas turfeiras da SdEM, passando estes a englobar com frequência as turfeiras de altitudes mais elevadas, a partir de 1.500m, próximas a nascente dos rios Araçuaí e rio Preto, e a comparação entre turfeiras localizadas em diferentes níveis altitudinais trouxe ainda mais qualidade para a interpretação dos resultados de reconstituições na SdEM.

Nesse sentido Bispo (2013) teve em sua dissertação o objetivo de caracterizar qualiquantitativamente os Organossolos e os recursos hídricos das turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí quanto à disponibilidade hídrica e a dinâmica do carbono no sistema solo-água. Os resultados dessa pesquisa mostraram que boa parte dos atributos caracterizadores da matéria

(cc) BY-NC

orgânica e a composição elementar do solo apresentam diferenças significativas entre os locais, fitofisionomias e profundidades de amostragem e variam em função da composição e grau de evolução do material orgânico. A maioria dos atributos físico-químicos das águas não diferenciou local nem temporalmente, mas foram influenciados pelos atributos dos Organossolos de onde se originam. As conclusões reiteram que as turfeiras das cabeceiras dos afluentes do Rio Araçuaí influenciam significativamente na vazão e na qualidade de suas águas, sendo urgente a necessidade de preservação destes pedoambientes.

Enquanto estavam em andamento os trabalhos nas turfeiras da nascente do rio Araçuaí, Silva, M. *et al*. (2013) publicaram os resultados de pesquisas já concluídas na turfeira da APA Pau de Fruta, com georreferenciamento da área da turfeira e quantificação da taxa de crescimento vertical em área ocupada por ela, mostrando também que nas turfeiras da SdEM predominam os estágios de decomposição da matéria orgânica avançado (sáprico), seguido do intermediário (hêmico). A conclusão desses autores é de que as turfeiras da SdEM formam as cabeceiras de importantes cursos d'água das bacias dos rios Jequitinhonha e São Francisco e armazenam grandes quantidades de carbono orgânico e água, o que fundamenta a necessidade urgente e emergente de proteger e preservá-las.

Ainda no ano de 2013, foi desenvolvida a dissertação de Freire (2013) que fez um experimento com objetivo de quantificar a capacidade de retenção de água da humina e dos ácidos húmicos da matéria orgânica de turfeiras, utilizando amostras restantes das inúmeras pesquisas anteriores nas quais foram retirados diversos testemunhos em diferentes turfeiras na SdEM, os resultados mostraram que a humina é a substancia húmica predominante na composição da matéria orgânica de turfeiras, mas a maior capacidade de retenção de água está nos ácidos húmicos e nas substancias húmicas.

Nesse mesmo ano Silva, V. *et al*. (2013) publicaram outro trabalho que teve como objetivo avaliar comparativamente a composição isotópica da vegetação das fitofisionomias que colonizam uma turfeira tropical de altitude, composta de Campo Limpo Úmido e de Floresta Estacional Semidecidual, em relação à composição isotópica das substâncias húmicas da matéria orgânica do solo da turfeira. Os resultados mostraram que os teores de lignina e seus valores de δ13C são mais elevados na vegetação e MOS sob Floresta Estacional Semidecidual do que na vegetação e MOS sob Campo Limpo Úmido. Os teores de humina são os mais elevados entre as substâncias húmicas na MOS nas duas fitofisionomias; os de ácidos húmicos são mais elevados na MOS sob Campo Limpo Úmido e os de ácidos fúlvicos são mais elevados na MOS sob a Floresta Estacional Semidecidual. O δ13C da lignina apresenta similaridade elevada em relação

(cc) BY-NC

ao δ13C da humina, dos ácidos húmicos e dos ácidos fúlvicos. As conclusões são de que variações na composição lignocelulósica das espécies que colonizam cada um dessas fitofisionomias promovem diferenças nas taxas e nos produtos da humificação da MOS.

Em 2014, os estudos nas turfeiras da SdEM voltam a enfocar o aprimoramento das metodologias de análise química de Organossolos, com o trabalho de Campos *et al*. (2014) cujo objetivo foi testar diferentes métodos de extração e quantificação de alumínio trocável em Organossolos, os resultados mostram que existem métodos alternativos mais apropriados aos solos orgânicos do que os que são utilizados usualmente, geralmente com extratores baseados em solos minerais.

Em 2015 é publicado o trabalho referente à pesquisa de Bispo *et al*. (2015) que além de divulgar os resultados obtidos na dissertação de Bispo (2013) trazem a conclusão de que a turfeira da cabeceira do rio Araçuaí demonstrou estágio de degradação mais avançado do que à turfeira do Rio Preto, o que evidencia a importância da proteção das turfeiras, já que a turfeira do Rio Preto está protegida pelo Parque Estadual do Rio Preto enquanto a nascente da turfeira do Rio Araçuaí não se encontra dentro dos limites de nenhuma unidade de conservação, sendo esta apenas uma área de proteção permanente pela legislação.

Ainda no mesmo ano, é realizado mais um experimento testando substâncias isoladas da matéria orgânica dos solos das turfeiras na produção vegetal, dessa vez com a cultura do feijão, desenvolvido na dissertação de Barral (2015), avaliando a influência de fontes e doses diferentes de ácidos húmicos, na produção, crescimento radicular, absorção de nutrientes e biodisponibilidade de nutrientes no solo, mostrando que os ácidos húmicos influenciaram negativamente a produtividade da cultura em relação a todos os parâmetros avaliados, diminuindo também a biodisponibilidade de grande parte dos macro e micro nutrientes importantes para o desenvolvimento desta cultura.

Em 2016 foi publicado um trabalho por Silva e Silva (2016) trazendo resultados complementares de pesquisas já realizadas em anos anteriores. Segundo as datações, as turfeiras da SdEM teriam começado a se formar a 42.175 ± 3.390 A.P. (Pleistoceno). Ainda no mesmo ano, Campos *et al*. (2016) publicaram um trabalho sobre o controle cronológico e estratigráfico em turfeiras na SdEM, dado o problema de mapeamento de turfeiras enterradas na região de estudo por trado convencional, este trabalho investigou o uso do Radar de Penetração no Solo para localizar turfeiras enterradas e estudar a relação entre a estratigrafia do embasamento rochoso e a turfeira. Além disso, a cronologia da idade da MOS e sua relação com as mudanças climáticas durante o Pleistoceno Superior e o Holoceno também foi estudada.

(cc) BY-NC

Os dados revelaram blocos de quartzito localizados perpendicularmente ao padrão de drenagem; que restringem parcialmente o fluxo de água e mantém as condições úmidas a montante, favorecendo o desenvolvimento de vegetação higrófila e o acúmulo de matéria orgânica. A datação por radiocarbono mostrou que as turfeiras enterradas têm idades similares às camadas mais profundas de turfeiras não enterradas e que existe uma forte correlação entre estratigrafia e as condições climáticas. Concluindo que entre 30.250 e 12.400 anos AP, as condições eram favoráveis para o acúmulo de MO; entre 12.400 e 7.900 anos AP, processos erosivos causaram deposição de areia na depressão. Condições favoráveis para deposição de MO recomeçaram por volta de 7.900 anos AP e duraram até cerca de 3.300 anos AP. Nos últimos 2.600 anos, o clima tem sido semelhante ao atual, com breves períodos favoráveis à deposição de MO.

Nesse mesmo ano, Fonseca (2016) desenvolveu sua dissertação que teve como objetivo cartografar áreas adjacentes às turfeiras da SdEM cronologicamente de 1964 a 2014, para identificar e quantificar atividades antrópicas nos últimos 50 anos, por meio de técnicas do geoprocessamento, esse estudo possibilitou a identificação dos processos de uso e ocupação do solo que exercem pressão ambiental nos ecossistemas de turfeira, como:pastagem, eucalipto e outras culturas agrícolas de menor porte, concluindo que áreas adjacentes às turfeiras não eram utilizadas de forma sistemática até 1995. O avanço das atividades antrópicas nas áreas adjacentes às turfeiras nas últimas décadas foi substancial, de modo que a decadência do garimpo de diamante na região de Diamantina coincide com a intensificação do uso da terra (FONSECA *et al*. 2018).

Em 2017 foi publicado um trabalho Freire *et al*. (2017) com os resultados finais da pesquisa desenvolvida por Freire (2013) que concluem que as substâncias húmicas das turfeiras apresentam maior capacidade de retenção de água, enquanto os ácidos húmicos e a humina apresentam hidrofilia. Em 2017, foi publicado um estudo palinológico de Luz *et al*. (2017) da MOS de uma turfeira da SdEM com intuito de fornecer material de referência para as reconstituições paleoambientais subsequentes, em que foram identificados e ilustrados 128 tipos de pólen, relacionados a 57 famílias taxonômicas, relacionadas às fitofisionomias de floresta e do Cerrado, que concluiu que as condições úmidas e frias (~10.000–7.360 anos AP), seguidas por úmidas e quentes (~7.360–4.200 anos AP), secas e quentes (~4.200–2.200 anos AP), secas e com resfriamento pontuado (~2.200–1.160 anos AP) e condições climáticas subúmidas (~1.160–400 anos cal BP e <~400 anos AP) foram sugeridas pela sucessão da vegetação.

Em 2018 a dissertação de Costa (2018) realizada na turfeira da nascente do rio Preto objetivou reconstituir as mudanças paleoambientais ocorridas desde o final do Pleistoceno Tardio,

(cc) BY-NC

identificou cinco fases de mudanças paleoambientais: 1- ~ 23.037 e 13.500 anos AP, clima bastante úmido e frio, possibilitando a presença de indicadores de Floresta Montana. 2- ~13.500 e 11.700 anos AP, ligeiro aumento da temperatura e queda na umidade com a expansão da vegetação campestre; 3- ~11.700 e 8.500 anos AP, tendência de aumento da temperatura e diminuição da umidade em conjunto com a mudança da vegetação de plantas C3 para C4, causando a forte retração da Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Montana; 4- ~8.500 e 7.000 anos AP, condições de clima seco e quente, retração do Campo Úmido e expansão do Campo Rupestre. Período de estabilidade da bacia hidrográfica da turfeira; 5- de 7.000 anos AP até o presente, clima úmido e temperaturas mais amenas, semelhante às condições atuais, aumento na acumulação de turfa, reaparecimento dos indicadores de Floresta Montana e Floresta Estacional Semidecidual com a retração do Campo.

Em seguida a tese de Barral (2018) é realizada comparando as turfeiras das nascentes do Rio Preto e do Rio Araçuaí, com objetivo de avaliar o comportamento hidrológico e o fluxo de carbono em turfeiras tropicais de montanha e a influência da antropização nestes ecossistemas. Os resultados mostraram que em áreas protegidas por unidades de conservação de proteção integral, o principal processo influenciador da qualidade das águas de suas turfeiras é a decomposição da matéria orgânica; e as turfeiras em áreas sem proteção a qualidade da água é influenciada pela erosão da área de recarga. A proteção das turfeiras ainda reduz a variação do lençol freático, além de torná-las mais produtivas, em relação à quantidade de água por unidade de área e protege sua capacidade de retenção de água dos efeitos antrópicos, principalmente incêndios, concluindo que turfeiras tropicais de montanha são bastante sensíveis à antropização, que provoca redução do estoque de carbono, diminuição do volume de água armazenado e degradação da qualidade de suas águas. Desta forma, a preservação é de fundamental importância para estes ecossistemas.

Montes *et al*. (2019) publicaram um trabalho que buscou compreender a dinâmica das turfeiras da SdEM, correlacionando-as com as espécies químicas existentes de ferro caracterizadas de forma não destrutiva por espectroscopia Mössbauer. Os resultados mostram diferenças nos níveis e distribuições naturais de radionuclídeos encontrados entre as turfeiras estudadas, indicando diferenças na composição mineral e regimes hídricos. Concluindo que solos orgânicos tendem a responder de forma diferente aos impactos antrópicos, em termos de físico-química, diferindo dos processos já conhecidos para solos minerais.

Em 2020, foi publicado um estudo por Horák-Terra *et al*. (2020), acerca da influência dos fatores precipitação, temperatura, vegetação e estabilidade da paisagem em diferentes escalas

(cc) BY-NC

de tempo sobre a expansão e a retração do Cerrado e Capões[7], durante o final do Quaternário, nos últimos 35 milhões de anos antes do presente, encontrando cinco mudanças principais na precipitação, temperatura, vegetação e estabilidade da paisagem em diferentes escalas de tempo, revelando que as mudanças na Zona de Convergência do Atlântico Sul parecem ter sido contemporâneos com essas mudanças do Máximo Glacial Tardio ao Holoceno médio, (~ 29,6 a ~ 16,5 AP) e acima (~ 16,5 a ~ 6,1 AP) da área de estudo, fornecendo umidade para a região, para os autores esses resultados desafiam pesquisas anteriores, como algumas das que estão citadas ao longo desse trabalho que sugeriam que o clima era mais seco para esse período e concluem que atualmente, os Capões são provavelmente remanescentes de um clima mais úmido; entretanto, o bioma Cerrado parece ter se estabelecido no Holoceno tardio, após ~ 3,1 k cal AP.

Ao longo desse ano Silva, A. *et al*. (2020) publicaram um artigo que reúne os resultados de praticamente todos os testemunhos de solo já retirados nas turfeiras da SdEM, com objetivo de correlacionar a idade da matéria orgânica basal das turfeiras com suas altitudes e identificar os fatores ambientais que atuaram na formação das turfeiras. Os resultados mostraram que o conteúdo de carbono aumenta e o estágio de decomposição da matéria orgânica diminui com a altitude. As turfeiras situadas em altitudes inferiores a 1.370m teriam começado a se formar no Pleistoceno Superior, enquanto aquelas situadas entre 1.580 e 1.610m teriam começado a se formar no Holoceno Inferior e Médio, e as situadas entre 1.760 e 2.014m no Holoceno Superior. E concluem que a área favorável para o estabelecimento da cobertura vegetal no SdEM foi menor no Último Máximo Glacial do que nos períodos mais quentes do Holoceno. A idade do radiocarbono da camada de base das turfeiras SdEM diminui com o aumento da altitude. O clima mais frio do Pleistoceno Superior limitou a formação de turfeiras acima de 1.570m na Serra do Espinhaço Meridional.

Apesar de todos os esforços da pesquisa na última década, do aumento significativo do número de publicações sobre as turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional, da quantidade e da qualidade das informações obtidas, as turfeiras ainda são ecossistemas muito pouco conhecidos na ciência em geral, tanto do ponto de vista ecológico e conservacionista, quanto do ponto de vista do potencial agrícola que precisa em muito ser avaliado frente à necessidade de conservação de solos especialmente os orgânicos como os das turfeiras. Ampliar e acessibilizar as informações sobre as turfeiras é importante para que a sociedade em geral possa tomar conhecimento da importância e da fragilidade desses ecossistêma que é essencial para o suprimento hídrico das populações dentre tantos outros serviços ambientais, para que proprietários de áreas protegidas

[7] Ver conceito de Capões em GONÇALVES *et al*. (2020)

(cc) BY-NC

tais como áreas de proteção permanente, reservas legais inseridas em áreas de turfeiras possam compreender a importância e as especificidades da legislação ambiental com relação ao uso e ocupação do solo em áreas de turfeiras, bem como para que gestores de unidades de conservação das diferentes categorias possam planejar ações de manejo e proteção ambiental das áreas de turfeiras, que sofrem por diversas pressões ambientais como o manejo do fogo por comunidades tradicionais extrativistas, pelos incêndios criminosos, agricultura, pastagem, mineração, garimpo, invasão biológica. Nesse sentido faz-se necessário dinamizar mais o conhecimento sobre as turfeiras, sobre os aspectos fisiográficos (hidrológicos, florísticos, pedológicos, fitogeográficos e geomorfológicos). (FOTOGRAFIA 1,2,3,4,5,6).

Fotografia 1 – Turfeira estudada no Parque Estadual do Rio Preto



Fonte: Thamyres Sabrina Gonçalves (2018)

(cc) BY-NC

Fotografia 2 – Calha da nascente da turfeira no Parque Estadual do Rio Preto



Fonte: Thamyres Sabrina Gonçalves (2018)

Fotografia 3 – Pesquisador coletando água da turfeira para análise laboratorial



Fonte: Thamyres Sabrina Gonçalves (2018)

(cc) BY-NC

Fotografia 4 – Espécies presentes em uma turfeira situada na zona de amortecimento que faz limite com o Parque Estadual do Biribiri (distrito de Pinheiro)



Legenda: A) *Cleistes sp*.; B) *Epidendrum dendrobioides*; C) *Drosera tentaculata*; D) *Esterhazya macrodonta*. Famílias botânicas: A-B Orchidaceae; C: Droseraceae, D: Orobanchaceae.

Fonte: Thamyres Sabrina Gonçalves (2018)

Fotografia 5 – Exemplos de testemunhos de solos retirados das turfeiras da Serra do Espinhaço



Legenda: Variações nas características de solo em diferentes locais de ocorrência de turfeiras: A) transição entre Campo Limpo Úmido e Floresta Estacional Semidecidual; B) detalhe de um horizonte mineral, C) um dos horizontes orgânicos de uma turfeira formada majoritariamente pelo acúmulo de matéria orgânica no solo.

Fonte: GONÇALVES (2021)

(cc) BY-NC

Fotografia 6 – Visão espacial das linhas de drenagem dos cursos d'água que nascem nas turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional



Fonte: Thamyres Sabrina Gonçalves (2018)

5 CONCLUSÃO

Os últimos doze anos foram um período de intensas pesquisas nas turfeiras da SdEM, que anteriormente eram praticamente desconhecidas apesar de apresentarem um imenso potencial para diferentes aspectos da ciência, sociedade e meio ambiente. É importante observar o quanto as pesquisas foram acontecendo de maneira a se complementarem, partindo de simples trabalhos de caracterização inicialmente até pesquisas mais aprofundadas atualmente. Também é importante colocar a relevância das pesquisas nas turfeiras para aprimorar os procedimentos de análises de solos no Brasil, propondo metodologias mais adequadas aos solos orgânicos. A reconstituição paleoambiental da região antes baseada apenas em estudos geológicos e geomorfológicos ganhou informações com a inserção da pedologia nos estudos da paisagem, estimulando o progresso da ciência multidisciplinar.

E apesar de todas essas pesquisas ainda existem mais perguntas que respostas acerca de tudo o que já foi descoberto a partir do estudo da matéria orgânica do solo das turfeiras e seus microfósseis guardados por milhares de anos, assim sendo essas pesquisas precisam

(cc) BY-NC

continuar, assim como a consolidação das áreas protegidas e das estratégias de proteção dos ecossistemas de turfeiras que são essenciais ao provimento de recursos hídricos.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê editorial, 2003.

ALMEIDA-ABREU, P. A. **Geologia das quadrículas Onça e Cuiabá (Gouveia-MG) – região mediana central da Serra do Espinhaço Meridional**. 1989. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1989.

ALMEIDA-ABREU, P. A; RENGER, F. E. **A Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais) e a sua glaciação do tipo alpino do Mesoproterozóico tardio**. 2002. Tese de concurso para professor titular, Faculdade de Ciências Agrárias, Faculdades Federais Integradas de Diamantina (FAFEID), Diamantina, 93 p., 4 pranchas.

BISPO, D. F. A. **Caracterização qualiquantitativa dos recursos hídricos e da dinâmica do carbono de turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí**. 2013. 146 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2013. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/311. Acesso em: 05 mar. 2016.

BISPO, D. F. A. *et al*. Characterization of headwaters peats of the Rio Araçuaí, Minas Gerais State, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 39, p. 475- 489, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20140337. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/qKpXsbdDvfbzQcDLnRgL3Cb/?lang=en. Acesso em: 05 mar. 2016.

BISPO, D. F. A. *et al*. Hydrology and carbon dynamics of tropical peatlands from Southeast Brazil. **Catena**, Amsterdam, v. 143, p. 18-25, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.03.040. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816216301278?via%3Dihub. Acesso em: 05 mar. 2016.

CAMPOS, J. R. da R. **Caracterização, mapeamento, volume de água e estoque de carbono da turfeira da área de proteção ambiental Pau-de-Fruta em Diamantina – MG**. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/551. Acesso em: 05 mar. 2016.

(cc) BY-NC

CAMPOS, J. R. da R. *et al*. Pedochronology and development of peat bog in the environmental protection area Pau-de-Fruta-Diamantina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 34, n. 6, p. 1965-1975, 2010. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000600021. Disponível: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/R9X64SvnbhXZtv9WR7Nb6LL/?lang=en. Acesso em: 05 mar. 2016.

CAMPOS, J. R. da *et al*. Water retention in a peatland with organic matter in different decomposition stages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 1217-1227, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000400015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/68VpfKnZ8YJdrcdg655Lp5z/?lang=en. Acesso em: 10 ago. 2016.

CAMPOS, J. R. da R; SILVA, A. C.; VIDAL-TORRADO, P. Mapping, organic matter mass and water volume of a peatland in Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 36, p. 723-732, 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/NSZNprbrhQgwG3BQKpw5zPr/?lang=en. Acesso em: 10 ago. 2016.

CAMPOS, J. R. da R. *et al*. Extração e quantificação de alumínio trocável em Organossolos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, São Paulo, v. 49, p. 207-214, 2014. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000300007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/pab/a/q6jP47rpLKcJn5Ngzy4PPmk/?lang=pt. Acesso em: 21 set. 2016.

CAMPOS, J. R. *et al*. Influence of the structural framework on peat bog distribution in the tropical highlands of Minas Gerais, Brazil. **Catena**, Amsterdam, v. 156, p. 228- 236, 2017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.04.018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.04.018. Acesso em: 17 mar. 2020.

CAMPOS, J. R. *et al*. Stratigraphic control and chronology of peat bog deposition in the Serra do Espinhaço Meridional, Brazil. **Catena**, Amsterdam, v. 143, p. 167-173, 2016. DOI: https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.04.009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0341816216301394?via%3Dihub. Acesso em: 17 mar. 2020.

CHUENG, K.F. *et al.* Evolução quaternária e reconstituição paleobioclimática de rampas alúvio-coluviais na Serra do Espinhaço Meridional, MG, utilizando os indicadores fitólitos e isótopos de carbono. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11., 2016, Maringá. **Anais** [...]. Maringá: União da Geomorfologia Brasileira, 2016.

(cc) BY-NC

COSTA, C. R. **Reconstituição paleoambiental utilizando uma abordagem multi-proxy em um registro de turfeira tropical de montanha, Minas Gerais, Brasil**. 2018. 132 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/1786. Acesso em: 17 mar. 2020.

FONSECA, S. F. **Geoprocessamento aplicado à identificação, análise espacial e temporal de usos da terra em áreas adjacentes as turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional**. 2016. 126 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016. Disponível em: http://acervo.ufvjm.edu.br/jspui/handle/1/1023. Acesso em: 17 mar. 2020.

FONSECA, S. F.; SILVA, A. C.; SENNA, J. A. de. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na identificação de usos da terra no entorno das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional. **Raega- O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 43, p. 124-139, 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/51672. Acesso em: 17 mar. 2020.

FREIRE, R. D. A. *et al*. Effects of peat bog humic substances and organic compounds in water retention of substrates. **Revista Brasileira de Ciência**, **Tecnologia e Inovação**, Uberaba, v. 2, n. 1, p. 53-62, 2017. Disponível em: https://seer.uftm.edu.br/revistaeletronica/index.php/rbcti/article/view/992. Acesso em: 17 mar. 2020.

FUNDAÇÃO BIODIVERSITAS. **Reserva da Biosfera da Serra do Espinhaço**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2017. Disponível em: http://www.biodiversitas.org.br/rbse/. Acesso em: 17 mar. 2020.

GONÇALVES, T. S. *et al*. The Capões of seasonal semi-deciduous Forest in the Cerrados and Rupestrian Fields of the Espinhaço Chain. **International Journal of Geoscience, Engineering and Technology**, Diamantina, v. 1, n. 1, p. 43-48, 2020. Disponível em: http://geovales.com/index.php/Journal/article/view/7. Acesso em: 15 jan. 2021.

GONÇALVES, T. S. *et al*. Origin and phytogeographic evolution of the Rupestrian Fields of the Espinhaço Chain. **International Journal of Geoscience, Engineering and Technology**, Diamantina, v. 1, n. 1, p. 63-68, 2020. Disponível em: http://www.geovales.com/index.php/Journal/article/view/6. Acesso em: 15 jan. 2021.

GONÇALVES, T. S. **Origem e evolução fitogeográfica dos capões de mata associados aos ecossistemas de turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG**. 2021. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2021. (No prelo).

(cc) BY-NC

GONÇALVES, T. S.; SILVA, A. C. da. Pesquisa que vira lei: o projeto que prevê a proteção das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional na Assembleia Legislativa de Minas Gerais. *In*: MOSTRA CIENTÍFICA DO CONGRESSO NACIONAL DE PÓS-GRADUANDOS, 26., 2018, Brasília-DF. **Anais** [...]. Brasília: Associação nacional de Pós-Graduandos, 2018.

GONTIJO, B. M. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. **Revista Megadiversidade**, Rio de Janeiro, v.4, n.1/2, p. 7-14. 2008.

GUERRA, M. P.; ROCHA, F. S.; NODARI, R. O. Biodiversidade, recursos genéticos vegetais e segurança alimentar em um cenário de ameaças e mudanças. *In*: Veiga, R. F. A.; Queiróz, M. A. (ed.) **Recursos fitogenéticos**: a base da agricultura sustentável no Brasil. Brasília: Embrapa Cerrados, 2015. p. 39-52. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1033776/1/CapLivroRGVGuerraRochaNodari15.pdf. Acesso em: 07 mar. 2016.

HORÁK-TERRA, I. **Relações pedológicas, isotópicas e palinológicas na reconstrução paleoambiental da turfeira da Área de Proteção Especial APE Pau de Fruta, Serra do Espinhaço Meridional – MG**. 2009. 282 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11140/tde-24022010-094021/en.php. Acesso em: 07 mar. 2016.

HORAK -TERRA, I. *et al*. Pedological and isotopic relations of a highland tropical peatland, Mountain Range of the Espinhaço Meridional (Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 41-52, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000100004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5KbjGfLJVJnwNkSM6yZk6jn/?lang=en. Acesso em: 07 mar. 2016.

HORAK-TERRA, I. *et al*. Characterization of properties and main processes related to the genesis and evolution of tropical mountain mires from Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais, Brazil. **Geoderma**, Amsterdam, v. 232, p. 183-197, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.05.008. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706114002134?via%3Dihub. Acesso em: 07 mar. 2016.

HORAK-TERRA, I. *et al*. Holocene climate change in central – eastern Brazil reconstructed using pollen and geochemical records of Pau de Fruta mire (Serra do Espinhaço Meridional, Minas Gerais). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Amsterdam, v. 437, p. 117-131, 2015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.07.027. Disponível em; https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031018215003946?via%3Dihub. Acesso em: 07 mar. 2016.

INTERNATIONAL PEATLAND SOCIETY. **Where can peatlands be found**? Disponível em: https://peatlands.org/peatlands/where-can-peatlands-be-found/. Acesso em: 15 mar. 2022.

(cc) BY-NC

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, v.18, n.2, p. 03-119, 1956.

LUZ, C. F.P. *et al*. Pollen grain morphology of Fabaceae in the special protection area (SPA) Pau-de-Fruta, Diamantina, Minas Gerais, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, p. 1329-1344, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/0001-3765201380511. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aabc/a/CHvkt7Cd8M7J6pchtJPqzcx/?lang=en. Acesso em: 07 mar. 2016.

LUZ, C. F. P. *et al*. Pollen record of a tropical peatland (pau de fruta) from the Serra do Espinhaço Meridional, Diamantina, state of Minas Gerais – angiosperms eudicotyledons. **Revista Brasileira de Paleontologia**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 3-22, 2017. Disponível em: https://www.sbpbrasil.org/assets/uploads/files/rbp20-1/01_Luz_et_al_RBP_v20_n1_COR.pdf. Acesso em: 07 mar. 2016.

LUZ, L. D. *et al*. Estágio atual do conhecimento sobre fitólitos no Brasil. **Terrae Didática**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 52-64, 2015.

MALTBY, E.; DUGAN, P. J. Wetland ecosystem protection, management and restoration: an international perspective. *In*: DAVIS, S.; OGDEN, J. C. (ed.). **Everglades**: the ecosystem and its restoration. Boca Raton: CRC Press, 1994. cap.3.

MADARI, B. E. *et al.* Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. *In*: TEIXEIRA, W.G. (ed). *et al*. **As terras pretas de índio da Amazônia**: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus: Editora da Universidade Federal do Amazonas: Emprapa Amazônia, 2010. p. 173-189. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/576059/1/Proci09.00073.pdf. Acesso em: 15 mar. 2016.

MARQUES, A. de L. **Evolução da paisagem e ocorrência de Latossolos Húmicos nos Brejos de Altitude da Paraíba**. 2019. 124 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019.

PEREIRA JÚNIOR, J. D. S. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília: Centro de Documentação e Informação da Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados Federais, 2007. 25 p. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNPU/Biblioteca/publicacoes/cartilha_delimitacao_semi_arido.pdf. Acesso em: 25 mar. 2020.

RIBEIRO, E. M.; GALIZONI, F. M. **Água, população rural e políticas de gestão: o caso do vale do Jequitinhonha, Minas Gerais**. Ambiente & sociedade, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 129-146, 2003.DOI: https://doi.org/10.1590/S1414-753X2003000200008. Disponível em: https://www.scielo.br/j/asoc/a/5DPHmWCTQWKwv3dZ3px3hBS/?lang=pt. Acesso em: 25 mar. 2020.

(cc) BY-NC

RIELEY, J. O. *et al*. Tropical peatlands: carbon stores, carbon gas emissions and contribution to climate change processes. *In*: STRACK, M. (ed). **Peatlands and climate change**. Finland: International Peat Society, 2008. p. 148-181.

SAADI, A. **A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens**. Geonomos, Belo Horizonte, v.3, n.1, p. 43-63, 1995. DOI: https://doi.org/10.18285/geonomos.v3i1.215. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11521. Acesso em: 10 mar. 2021.

SCHELLEKENS, J. *et al*. Holocene vegetation and fire dynamics in central-eastern Brazil: Molecular records from the Pau de Fruta peatland. **Organic geochemistry**, Amsterdam, v. 77, p. 32-42, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.orggeochem.2014.08.011. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0146638014002319?via%3Dihub. Acesso em: 21 jul. 2021.

SILVA, A. C. *et al*. Altitude, vegetation, paleoclimate, and radiocarbon age of the basal layer of peatlands of the Serra do Espinhaço Meridional, Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 103, p. 102728, 2020. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jsames.2020.102728. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0895981120302716. Acesso em: 20 nov. 2020.

SILVA, A. C. *et al*. Solos do topo da Serra São José (Minas Gerais) e suas relações com o paleoclima no Sudeste do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 455-466, 2004. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832004000300007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/5zB3qMBnFK7WPfBB5C9gw8c/?lang=pt. Acesso em: 05 mar. 2016.

SILVA, A.C. *et al*. **Serra do Espinhaço Meridional**: paisagens e ambientes. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. 272 p.

SILVA, A. C. *et al*. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional/MG: II- Influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 33, p. 1399-1408, 2009a. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500031. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/wNxGDt3jwF7j3sWSCSLZsbw/?lang=pt. Acesso em: 05 mar. 2016.

SILVA, A. C. *et al*. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional/MG: I- caracterização e classificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 33, n. 5, p. 1385-1398, 2009b. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000500030. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/3fVqpJmbLtpMSDXVVRFwQwb/?lang=pt. Acesso em: 05 mar. 2016.

(cc) BY-NC

SILVA, A. C. *et al*. Promoção do crescimento radicular de plântulas de tomateiro por substâncias húmicas isoladas de turfeiras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 35, n. 5, p. 1609-1617, 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000500015. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/8LFk3VTZLFcnbcSF73CrCYC/?lang=en. Acesso em: 05 mar. 2016.

SILVA, D. W. *et al.* Análise paleoambiental a partir dos principais morfotipos de fitólitos encontrados em sedimento turfoso na região de Guarapuava- Paraná**. Ambiência**, Guarapuava, v. 12, n. 1, p. 13-32, 2016.

SILVA, E. de B. *et al*. Comparação de métodos para estimar a acidez potencial mediante determinação do pH SMP em organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo,** São Paulo, v. 32, p. 2007-2013, 2008. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000500022. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/xVtgbGB5Mh6zrx7ZHFPYwTc/?lang=pt. Acesso em: 05 mar. 2016.

SILVA, J. M. C. Cadeia do Espinhaço: avaliação do conhecimento científico e prioridades de conservação. **Revista Megadiversidade**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 1-2, p. 1-276, 2008.

SILVA, M. L. da. A dinâmica de expansão e retração de Cerrados e Caatingas no período quaternário: uma análise segundo a perspectiva da teoria dos refúgios e redutos florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 4, n. 1, p. 57-73, 2011.

SILVA, M. L. da *et al*. Surface mapping, organic matter and water stocks in peatlands of the Serra do Espinhaço Meridional-Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 37, n. 5, p. 1149-1157, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/rkNKh9PdMLH8DNPZHrM9v6f/?lang=en. Acesso em: 05 mar. 2016.

SILVA, M. L. da; SILVA, A. C. Gênese de turfeiras e mudanças ambientais quaternárias na Serra do Espinhaço Meridional/MG. **Geociências**, Rio Claro, v. 35, n. 3, p. 393-404, 2016. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/11683. Acesso em: 15 out. 2017.

SILVA, M. L. da; SILVA, A. C. Gênese e evolução de turfeiras nas superfícies geomórficas da Serra do Espinhaço Meridional/MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Curitiba, v. 18, n. 1, 2017. DOI: https://doi.org/10.20502/rbg.v18i1.1058. Disponível em: https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1058. Acesso em: 15 jan. 2018.

(cc) BY-NC

SILVA, V. E. *et al*. Composição lignocelulósica e isótopica da vegetação e da matéria orgânica do solo de uma turfeira tropical: I- composição florística, fitomassa e acúmulo de carbono. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, São Paulo, v. 37, p. 121-133, 2013. DOI: https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000100013. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbcs/a/nvrD8VtTpMKnPkB5sqWR44R/?lang=pt. Acesso em: 05 mar. 2016.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, New Jersey, v. 16, n. 3, p. 284-307, 1935. Disponível em: https://www.jstor.org/stable/1930070. Acesso em: 05 mar. 2016.

ZHOURI, A.; OLIVEIRA, R.; LASCHEFSKI, K. A supressão da vazante e o início do vazio: água e "insegurança administrada" no Vale do Jequitinhonha–MG. **Anuário Antropológico**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 23-53, 2011. DOI: https://doi.org/10.4000/aa.1084. Disponível em: https://journals.openedition.org/aa/1084. Acesso em: 17 jul. 2021.

AGRADECIMENTOS

As agências de fomento pelo apoio orçamentário concedido aos pesquisadores envolvidos nesse trabalho que são a Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Conselho Nacional de Pesquisas. Aos técnicos do Laboratório de Pesquisas Multiusuários da UFVJM. Ao Programa de Pesquisas de Longa Duração (Processo CNPq 441335/2020-9). Ao Instituto Estadual de Florestas pelas autorizações e suporte operacional na execução das pesquisas. Aos revisores anônimos que trouxeram sugestões que em muito melhoraram a qualidade dessa revisão. A todos os que trabalham pela ciência aberta e colaborativa.

(cc) BY-NC