

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E  
MUCURI - UFVJM**

**DIÊGO FAUSTOLO ALVES BISPO**

**CARACTERIZAÇÃO QUALIQUANTITATIVA DOS RECURSOS  
HÍDRICOS E DA DINÂMICA DO CARBONO DE TURFEIRAS DAS  
CABECEIRAS DO RIO ARAÇUAÍ**

**Diamantina, MG**

**2013**

**DIÊGO FAUSTOLO ALVES BISPO**

**CARACTERIZAÇÃO QUALIQUANTITATIVA DOS RECURSOS  
HÍDRICOS E DA DINÂMICA DO CARBONO DE TURFEIRAS DAS  
CABECEIRAS DO RIO ARAÇUAÍ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

**Orientador: Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva**

**Coorientador: Prof. Dr. Cristiano Christófaros Matosinhos**

**Diamantina, MG**

**2013**

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

B622c	<p>Bispo, Diêgo Faustolo Alves Caracterização qualiquantitativa dos recursos hídricos e da dinâmica do carbono de turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí. / Diêgo Faustolo Alves Bispo. – Diamantina: UFVJM, 2013. 146 f. : il.</p> <p>Orientador: Alexandre Christófaro Silva Coorientador: Cristiano Christófaro Matosinhos</p> <p>Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p>1. Organossolos. 2. Matéria orgânica do solo. 3. Dinâmica do carbono. 4. Estoque de água. 5. Relação solo água. I. Título II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;">CDD 631.45</p>
-------	---

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

**DIÊGO FAUSTOLO ALVES BISPO**

**CARACTERIZAÇÃO QUALIQUANTITATIVA DOS RECURSOS  
HÍDRICOS E DA DINÂMICA DO CARBONO DE TURFEIRAS DAS  
CABECEIRAS DO RIO ARAÇUAÍ**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, área de concentração Produção Vegetal, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 23 de agosto de 2013

Prof. Dr. Cristiano Christófaros Matosinhos - UFVJM

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mônica Maria Diniz Leão - UFMG

Prof. Dr. Alexandre Christófaros Silva – UFVJM

Presidente

**Diamantina, MG**

**2013**

## *OFEREÇO*

*A Deus, por me dar forças  
principalmente nas horas mais  
difíceis e por se fazer sempre presente  
em todos os momentos na minha vida*

## *DEDICO*

*Aos meus pais, Heitor Alves Bispo e Erotilde  
Alves Evangelista, pela eterna fonte de  
inspiração e motivação.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, por me acolher, pela lição de vida, pelos amigos e pelos vários bons momentos que tive nesta instituição.

Aos meus pais que abriram mão de alguns de seus sonhos para que os meus pudessem ser realizados, pois nos méritos de minhas conquistas há muito de suas presenças.

A meus irmãos, Fábio Henrique Alves Bispo e Heitor Alves Bispo Júnior, pelo apoio incondicional e irrestrito, pelo carinho e confiança que sempre me dedicaram, motivando-me nas tomadas de decisões.

A todos meus familiares pela confiança e apoio; mesmo que distantes vocês se fizeram sempre presentes.

Ao meu orientador, professor Alexandre Christófaros Silva - UFVJM, com grande admiração, por todos os ensinamentos, por acreditar que fosse possível a realização deste trabalho, pela confiança em mim depositada e pelo suporte acadêmico durante todo esse período.

Ao meu co-orientador, professor Cristiano Christófaros Matosinhos - UFVJM, pela partilha de conhecimentos, por sua postura realista e questionadora, pela atenção e sugestões dadas e pelo suporte e compreensão.

Ao grande amigo e gerente do Parque Estadual do Rio Preto, Antônio Augusto Tonhão de Almeida, pelo apoio incondicional, incentivo e preocupação para que esta pesquisa fosse realizada com sucesso.

Aos professores José Sebastião Cunha Fernandes, Enilson de Barros Silva, Paulo Henrique Graziotti e Marcelo Mattos Pedreira, pelas idéias, pela colaboração e pela disponibilidade de estruturas e dos equipamentos em todos os momentos em que foram solicitados e também, por participarem junto de outros professores da UFVJM na minha formação profissional e pessoal.

A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Mônica Maria Diniz Leão - UFMG, por ter aceitado o convite para participar como integrante da banca de defesa desta dissertação e pela disposição de deslocamento de sua Universidade, a fim de contribuir com este estudo.

Aos amigos da república “Pé-de-cana”, João Paulo, Rafael, Jorge Augusto, Ricardo, João, Hernando, Randal, Arthur, Daniel e Sidney, pela amizade e companheirismo e por me descontraírem nos momentos cansativos.

As equipes de Pedologia e de Manejo de Bacias Hidrográficas, pelo apoio e pela convivência sempre amigável.

Aos técnicos de laboratório Thalita e Rafael e, em especial ao meu grande amigo Abraão, do Laboratório de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, pelo apoio às análises realizadas para este trabalho e pela amizade e companheirismo.

Ao meu grande amigo José Ricardo, pela amizade e por sempre se manter disposto a me ajudar, por meio de ideias ou pela disponibilização de seus materiais de pesquisa, quando contactado.

A todos aqueles que contribuíram de alguma forma para este trabalho, seja através de conhecimentos técnicos, por gestos ou palavras de incentivo.

## RESUMO

As turfeiras são importantes reguladores dos fluxos de água e de elementos, principalmente do carbono, entre os compartimentos terrestres e aquáticos. O objetivo deste trabalho foi caracterizar quali-quantitativamente 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. Coletou-se oito testemunhos representantes de quatro perfis de solo do Campo Limpo Úmido e Floresta Estacional Semidecidual de duas turfeiras nas cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí (Córrego Cachoeira dos Borges e Rio Preto), descritos e caracterizados física, química, elementar e morfologicamente. Em três pontos do curso d'água de cada afluente e duas épocas (chuvosa e seca) foram coletadas amostras de água e analisados os seus atributos físicos e químicos. Procedeu-se o mapeamento das turfeiras e o cálculo dos volumes e fluxos de água e de carbono. Empregou-se análise de variância para atestar o efeito das fitofisionomias, profundidades de amostragem e das interações destes fatores sobre as variáveis do solo. Para os atributos da água atestaram-se efeitos dos locais (afluentes), épocas de amostragem e das interações entre estes fatores. Boa parte dos atributos caracterizadores da matéria orgânica e a composição elementar do solo apresentaram diferenças significativas entre os locais, fitofisionomias e profundidades de amostragem e variaram em função da composição e grau de evolução do material orgânico. A maioria dos atributos físico-químicos das águas não diferenciou entre os locais e nem entre as épocas, mas foram influenciados pelos atributos dos Organossolos de onde se originam. A turfeira do Rio Preto estoca 4.299,39 t de C ( $206,70 \text{ t ha}^{-1}$ ) e  $227.258,15 \text{ m}^3$  de água ( $10.925,87 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ) e a turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges estoca 14.781,09 t de C ( $184,10 \text{ t ha}^{-1}$ ) e  $745.950,30 \text{ m}^3$  de água ( $9.290,70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ). A vazão do Rio Preto foi de  $0,023 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e do Córrego Cachoeira dos Borges foi de  $0,067 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  no período chuvoso. No período seco estes cursos d'água apresentaram vazão mínima constante, demonstrando a capacidade das turfeiras de suas cabeceiras de perenizar a vazão. Estimou-se o lançamento de uma carga média de  $360,84 \text{ t ano}^{-1}$  de N e  $6.812,73 \text{ t ano}^{-1}$  de C e de  $917,32 \text{ t ano}^{-1}$  de N e  $33.516,16 \text{ t ano}^{-1}$  de C, respectivamente para o Rio Preto e Córrego Cachoeira dos Borges. 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.

**Palavras chaves:** Organossolos; matéria orgânica do solo; dinâmica do carbono; estoque de água, relação solo água.

## ABSTRACT

The peatlands are important regulators of water flows and elements between terrestrial and aquatic compartments, especially of the carbon. The objective of this study was to characterize qualitatively and quantitatively the Histosols and water resources of headwater from peatlands of the Rio Araçuaí as to hydric availability and carbon dynamics in the soil-water system. Been collected eight testimonies representatives from four soil profiles of moist meadow and semi-deciduous seasonal forest in two peatlands in the headwaters of affluents of the Rio Araçuaí (Córrego Cachoeira dos Borges e Rio Preto), described and characterized physics, chemistry, elementary and morphologically. In three points of each watercourse affluent and two seasons (wet and dry) water samples were collected and analyzed their physical and chemical attributes. Been done the mapping of peatlands and the calculation of volumes and flows of water and carbon. It was used analysis of variance to attested effect of vegetation types, sampling depths and the interactions of these factors over soil variables. For the attributes of water attested effects of local (affluents), sampling periods and the interactions between these factors. Much of the attributes that characterize the organic matter and elemental composition of the soil, showed significant differences between the sites, vegetation types and depths of sampling and varied according to the composition and degree of evolution of the organic material. Most physical and chemical attributes of the water did not differ between the sites and between sampling periods, but were influenced by the attributes of the Histosols of where they originate. The peatland from Rio Preto stocks 4,299.39 tons of C (206.70 tons ha<sup>-1</sup>) and 227,258.15 m<sup>3</sup> (10,925.87 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) of water and peatland from the Córrego Cachoeira dos Borges stocks 14,781.09 tons of C (184.10 tons ha<sup>-1</sup>) and 745.950,30 m<sup>3</sup> (9.290,70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) of water. The flow of water of the Rio Preto was 0.023 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> and of the Córrego Cachoeira dos Borges was 0.067 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> in the rainy season. These watercourses showed constant minimum flow in the dry season, demonstrating the capacity of peatlands its headwaters to maintain water flow. It has been estimated the launch of a load average of 360.84 tons year<sup>-1</sup> of N and 6812.73 tons year<sup>-1</sup> of C and of 917.32 tons year<sup>-1</sup> of N and 33516.16 tons year<sup>-1</sup> of C respectively for the Rio Preto and Córrego Cachoeira dos Borges. The peatlands from the headwaters of the affluents of the Rio Araçuaí have a significant influence the flow and quality of its waters, and the urgent need to preservation these pedological environments.

**Keywords:** Histosols, organic matter of the soil, carbon dynamics, water stocks, relation soil water.

## LISTA DE FIGURAS

		<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b>	Figura 1. Localização e distribuição dos cursos d'água e municípios da bacia do Rio Araçuaí (PORTAL DOS COMITÊS DE BACIA – MG, 2013).....	38
<b>Figura 2.</b>	Localização da bacia do Rio Araçuaí.....	40
<b>Figura 3.</b>	Localização dos pontos de amostragem de água e de solo nas turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí.....	40
<b>Figura 4.</b>	A, B e C: Sondagem para escolha do ponto de amostragem dos testemunhos.....	42
<b>Figura 5.</b>	A, B, C e D: Amostragem do testemunho com o uso do vibrotestemunhador.....	42
<b>Figura 6.</b>	A: abertura dos tubos de coleta de solo; B: amostragem; C: descrição dos testemunhos (detalhe da presença de um bolsão d'água); D: condicionamento das amostras em sacos plásticos.....	43
<b>Figura 7.</b>	Teores médios de fibras não esfregadas (FNE) e de fibras esfregadas (FE) em profundidade de testemunhos de turfeiras das cabeceiras do A: Córrego Cachoeira dos Borges e B: Rio Preto, coletados sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).....	62
<b>Figura 8.</b>	Teores médios de matéria orgânica (MO) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.....	65
<b>Figura 9.</b>	Teores médios de matéria orgânica (MO) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.....	66
<b>Figura 10.</b>	Médias de densidade do solo (Ds) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e B: Rio Preto.....	68
<b>Figura 11.</b>	Densidade do solo (Ds) em função do teor de material mineral (MM) de testemunhos de solo de turfeiras do Córrego Cachoeira dos Borges sob A: Campo Limpo Úmido (CLU) e sob B: Floresta Estacional Semidecidual (FES) e do Rio Preto sob C: Campo Limpo Úmido (CLU) e sob D: Floresta Estacional Semidecidual (FES); *significância a 5% de probabilidade.....	69

<b>Figura 12.</b>	Médias de resíduo mínimo (RM) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.....	72
<b>Figura 13.</b>	Médias de resíduo mínimo (RM) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.....	73
<b>Figura 14.</b>	Umidade gravimétrica (Ug) em profundidade de testemunhos o sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e do B: Rio Preto.....	75
<b>Figura 15.</b>	Médias de pH em CaCl <sub>2</sub> em profundidade de testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e do B: Rio Preto.....	77
<b>Figura 16.</b>	Médias de pH em água em profundidade de testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e do B: Rio Preto.....	81
<b>Figura 17.</b>	Média do teor de A: cálcio (Ca) e de B: magnésio (Mg) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.....	83
<b>Figura 18.</b>	Teores médios de fósforo (P) em profundidade de testemunhos de turfeiras sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) na cabeceira do A: Rio Preto e do B: Córrego Cachoeira dos Borges.....	85
<b>Figura 19.</b>	Teores médios de potássio (K) em profundidade em testemunhos de uma turfeira sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) na cabeceira do A: Rio Preto e do B: Córrego Cachoeira dos Borges.....	86
<b>Figura 20.</b>	Teores médios de alumínio (Al <sup>3+</sup> ) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.....	87
<b>Figura 21.</b>	Teores médios de A: carbono (%C), de B: hidrogênio (%H), de C: oxigênio (%O) e de D: nitrogênio (%N) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.....	93

<b>Figura 22.</b>	Teores médios de A: carbono (%C), de B: hidrogênio (%H), de C: oxigênio (%O) e de D: nitrogênio (%N) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.....	94
<b>Figura 23.</b>	Relação A: carbono/nitrogênio (C/N), B: hidrogênio/carbono (H/C), C: oxigênio/hidrogênio (O/H) e de D: oxigênio/carbono (O/C) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.....	96
<b>Figura 24.</b>	Relação A: carbono/nitrogênio (C/N), B: hidrogênio/carbono (H/C), C: oxigênio/hidrogênio (O/H) e de D: oxigênio/carbono (O/C) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.....	97
<b>Figura 25.</b>	Áreas ocupadas pelas turfeiras do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges.....	99

## LISTA DE TABELAS

	<b>Página</b>
<b>Tabela 1.</b> Descrição do Testemunho 1 de solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Campo Limpo Úmido.....	50
<b>Tabela 2.</b> Descrição do Testemunho 2 de solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Campo Limpo Úmido.....	51
<b>Tabela 3.</b> Descrição do Testemunho 3 de solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Floresta Estacional Semidecidual	52
<b>Tabela 4.</b> Descrição do Testemunho 4 de solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Floresta Estacional Semidecidual	53
<b>Tabela 5.</b> Descrição do Testemunho 5 de solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Floresta Estacional Semidecidual.....	54
<b>Tabela 6.</b> Descrição do Testemunho 6 de solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Floresta Estacional Semidecidual.....	55
<b>Tabela 7.</b> Descrição do Testemunho 7 de solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Campo Limpo Úmido.....	56
<b>Tabela 8.</b> Descrição do Testemunho 8 de solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Campo Limpo Úmido.....	57
<b>Tabela 9.</b> Médias dos atributos físicos, químicos e morfológicos do solo de turfeiras sob duas fitofisionomias de cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.....	59
<b>Tabela 10.</b> Médias dos atributos pH e elementos do complexo sortivo do solo de turfeiras sob duas fitofisionomias de cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.....	78
<b>Tabela 11.</b> Área e volume ocupado pelas turfeiras de afluentes do Rio Araçuaí.....	100
<b>Tabela 12.</b> Estoque médio de carbono de afluentes do Rio Araçuaí.....	101
<b>Tabela 13.</b> Descrição dos pontos de coleta das águas de cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.....	104
<b>Tabela 14.</b> Composição física e química das águas de uma cabeceira do Rio Preto em duas épocas de amostragem.....	105

<b>Tabela 15.</b>	Composição física e química das águas de uma cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges em duas épocas de amostragem.....	106
<b>Tabela 16.</b>	Metais e nutrientes dissolvidos nas águas de turfeiras das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí em duas épocas de amostragem.....	107
<b>Tabela 17.</b>	Vazão e fluxos de elementos das águas de afluentes do Rio Araçuaí.....	115

## LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

<b>Al</b>	Alumínio
<b>APA</b>	Área de Proteção Ambiental
<b>APHA</b>	Standard Methods for Examination of Water and Wastewater
<b>Ca</b>	Cálcio
<b>CE</b>	Condutividade elétrica
<b>CETESB</b>	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
<b>CLU</b>	Campo Limpo Úmido
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>COPASA</b>	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
<b>Corg</b>	Carbono orgânico
<b>CTC</b>	Capacidade de troca catiônica
<b>Cu</b>	Cobre
<b>DBO<sub>5</sub></b>	Demanda bioquímica de oxigênio
<b>Dmo</b>	Densidade da matéria orgânica
<b>Dp</b>	Densidade de partículas
<b>DQO</b>	Demanda química de oxigênio
<b>Ds</b>	Densidade do solo
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária
<b>Fe</b>	Ferro
<b>FE</b>	Fibras esfregadas
<b>FES</b>	Floresta Estacional Semidecidual
<b>FNE</b>	Fibras não esfregadas
<b>H</b>	Hidrogênio
<b>H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup></b>	Acidez potencial

<b>ha</b>	Hectare
<b>Hd</b>	Materiais orgânicos acentuadamente decompostos
<b>Ho</b>	Materiais orgânicos mal ou não decompostos
<b>Hod ou Hdo</b>	Materiais orgânicos em estágio intermediário de decomposição
<b>K</b>	Potássio
<b>LIPEMVALE</b>	Laboratório Integrado de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
<b>m</b>	Saturação por Alumínio
<b>MM</b>	Material mineral
<b>Mn</b>	Manganês
<b>MO</b>	Matéria orgânica
<b>MOS</b>	Matéria orgânica do solo
<b>N</b>	Nitrogênio
<b>O</b>	Oxigênio
<b>OD</b>	Oxigênio dissolvido
<b>P</b>	Fósforo
<b>Pg</b>	$10^{15}$ g
<b>pH</b>	Potencial hidrogeniônico
<b>RM</b>	Resíduo mínimo
<b>SB</b>	Soma de Bases
<b>SdEM</b>	Serra do Espinhaço Meridional
<b>T</b>	Capacidade de Troca de Cátions a pH 7
<b>t</b>	Capacidade Efetiva de Troca de Cátions
<b>UFVJM</b>	Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
<b>Ug</b>	Umidade gravimétrica
<b>V</b>	Saturação por Bases
<b>VTP</b>	Volume total de poros

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>21</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1 Geral.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2 Específicos.....</b>	<b>23</b>
<b>3 HIPÓTESE.....</b>	<b>24</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Turfeiras.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.1 Definição e aspectos pedogenéticos - ocorrência e ambiente de formação.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1.1.1 Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional (SdEM).....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.2 Caracterização.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1.3 Atributos especiais.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2 Turfeiras como reservatórios de carbono.....</b>	<b>30</b>
<b>4.3 Turfeiras e dinâmica do carbono.....</b>	<b>31</b>
<b>4.4 Turfeiras e dinâmica de elementos.....</b>	<b>33</b>
<b>4.5 Turfeiras e dinâmica hidrológica.....</b>	<b>34</b>
<b>4.6 Turfeiras e qualidade das águas.....</b>	<b>36</b>
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
<b>5.1 Localização e caracterização da área de estudo.....</b>	<b>38</b>
<b>5.2 Amostragem, preparo e análise dos solos.....</b>	<b>41</b>
<b>5.2.1 Caracterização física, química e morfológica.....</b>	<b>43</b>

<b>5.2.2 Análises de pH e elementos do complexo sortivo.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2.3 Análises da composição elementar.....</b>	<b>45</b>
<b>5.3 Mapeamento e cálculo do volume de água e de carbono armazenados nas turfeiras.....</b>	<b>45</b>
<b>5.4 Amostragem, preparo e análise das águas.....</b>	<b>46</b>
<b>5.5 Caracterização dos fluxos de saída de água e de carbono das turfeiras.</b>	<b>47</b>
<b>5.6 Comparação dos resultados e análises estatísticas.....</b>	<b>47</b>
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>6.1 Solo.....</b>	<b>49</b>
<b>6.1.1 Descrição dos testemunhos.....</b>	<b>49</b>
<b>6.1.2 Caracterização física e morfológica da matéria orgânica dos solos.....</b>	<b>58</b>
<b>6.1.2.1 Estágios de decomposição da matéria orgânica dos solos.....</b>	<b>58</b>
<b>6.1.2.2 Teores de matéria orgânica (MO) e material mineral (MM).....</b>	<b>64</b>
<b>6.1.2.3 Densidade do solo (Ds) .....</b>	<b>66</b>
<b>6.1.2.4 Densidade da matéria orgânica (Dmo) .....</b>	<b>70</b>
<b>6.1.2.5 Resíduo mínimo (RM) .....</b>	<b>71</b>
<b>6.1.2.6 Umidade gravimétrica (Ug), densidade de partículas (Dp) e volume total de poros (VTP) .....</b>	<b>74</b>
<b>6.1.3 Atributos químicos.....</b>	<b>76</b>
<b>6.1.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH) .....</b>	<b>76</b>
<b>6.1.3.2 Elementos extraíveis e trocáveis.....</b>	<b>82</b>
<b>6.1.3.2.1 Cálcio (Ca) e magnésio (Mg).....</b>	<b>82</b>
<b>6.1.3.2.2 Fósforo (P) e potássio (K) .....</b>	<b>84</b>

<b>6.1.3.2.3 Alumínio (<math>Al^{3+}</math>).....</b>	<b>87</b>
<b>6.1.3.2.4 Ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn).....</b>	<b>88</b>
<b>6.1.3.2.5 Soma de bases (SB) e saturação por bases (V).....</b>	<b>89</b>
<b>6.1.3.2.6 Acidez potencial (<math>H^+ + Al^{3+}</math>) e saturação por alumínio (m).....</b>	<b>90</b>
<b>6.1.3.2.7 CTC efetiva (t) e CTC a pH 7 (T) .....</b>	<b>90</b>
<b>6.1.4 Classificação dos testemunhos de solo.....</b>	<b>91</b>
<b>6.1.5 Análise da composição elementar e de razões molares atômicas dos solos.....</b>	<b>92</b>
<b>6.1.6 Mapeamento e determinação do estoque de água e de carbono das turfeiras.....</b>	<b>99</b>
<b>6.1.6.1 Área e volume das turfeiras.....</b>	<b>99</b>
<b>6.1.6.2 Estoque de carbono fixado.....</b>	<b>100</b>
<b>6.1.6.3 Estoque de água.....</b>	<b>101</b>
<b>6.2 ÁGUA.....</b>	<b>102</b>
<b>6.2.1 Temperatura.....</b>	<b>108</b>
<b>6.2.2 Condutividade elétrica (CE) .....</b>	<b>108</b>
<b>6.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH) .....</b>	<b>109</b>
<b>6.2.4 Oxigênio dissolvido (OD) .....</b>	<b>111</b>
<b>6.2.5 Demanda bioquímica de oxigênio (<math>DBO_5</math>) e demanda química de oxigênio (DQO) .....</b>	<b>112</b>
<b>6.2.6 Metais e nutrientes dissolvidos.....</b>	<b>113</b>
<b>6.2.7 Caracterização dos fluxos de saída de água e de carbono das turfeiras.....</b>	<b>114</b>

<b>7 CONCLUSÕES.....</b>	<b>117</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>140</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Dada a importância da conservação do meio ambiente e dos recursos naturais para que possam ser aproveitados pelas gerações futuras, tem-se preocupado cada vez mais, com estudos voltados aos diversos ambientes e suas interações. Deste modo, torna-se necessário conhecer em profundidade, o funcionamento dos ecossistemas e os fatores que atuam sobre eles. Estas informações podem gerar referenciais que permitam a avaliação da magnitude dos impactos ambientais decorrentes da intervenção antrópica (ANIDO, 2002), ou de mudanças ambientais naturais passadas.

Os processos que ocorrem no compartimento terrestre do ambiente podem interferir no compartimento aquático, provocando alterações nos seus aspectos quantitativos e qualitativos. Os fatores como clima, geologia, solos e vegetação também influenciam na qualidade da água dos rios de áreas naturais (HINKEL, 2003). Além disso, há um grau de pureza desejável para a água. Este grau de pureza da água depende do uso que dela será feito, incluindo mudanças hidrológicas, tais como seu armazenamento nos reservatórios ou sua transferência de uma área de drenagem à outra (BRANCO, 1991).

Os múltiplos usos e as permanentes necessidades de água para fazer frente ao crescimento populacional e às demandas industriais e agrícolas têm gerado permanente pressão sobre os recursos hídricos (TUNDISI, 2005). Os projetos mais antigos de aproveitamento de recursos hídricos abordavam com maior ênfase os aspectos quantitativos (CONCEIÇÃO et al., 2012). Contudo, poucos estudos procuram associar a influência dos solos na composição e manutenção das águas fluviais, bem como a transferência de material orgânico entre esses ambientes.

As turfeiras consistem em Organossolos e são definidas como o produto da decomposição de vegetais, que se desenvolvem e se acumulam em ambientes saturados com água de precipitação pluviométrica, sendo o estágio inicial da sequência de carbonificação (COSTA et al., 2003; CAMPOS et al., 2012; SILVA et al., 2013). Além de desempenharem papel muito importante como fontes de elementos para os diversos meios e organismos, são ambientes acumuladores de grande quantidade de matéria orgânica (MO). Elas participam diretamente na composição química da água e protegem os afluentes de água doce, ao prevenir processos de eutrofização (MALTBY & DUGAN, 1994).

Cerca de 200 milhões de hectares do Planeta Terra correspondem a Organossolos, sendo 32 milhões de hectares localizados nos trópicos e, destes, 22 milhões encontram-se na

Ásia, 3 milhões na África e 7 milhões na América (LOPES, 1984). No Brasil, os Organossolos têm pequena representatividade geográfica, aproximadamente 1% do território nacional (VALLADARES et al., 2008). Entretanto, onde estes solos ocorrem (locais normalmente relacionados a cabeceiras de cursos d'água) possuem grande importância ambiental.

As áreas de Organossolos e turfas, apesar de cobrirem somente cerca de 3% da superfície terrestre, possuem cerca de 30% do carbono presente na biomassa da terra (HAYES & CLAPP, 2001). Ao considerar o efeito do aumento da temperatura do planeta causado pelos gases de efeito estufa, não se pode esquecer da importância da preservação da matéria orgânica presente nas turfeiras. Estes ambientes hidromórficos, caso sejam submetidos à pedoturbações, como drenagem ou queima, podem emitir, principalmente, CO<sub>2</sub> e metano para o ambiente (PEREIRA et al., 2005; SOARES, 2011). Entretanto, uma vez nesse ecossistema turfoso, o carbono pode também, ser levado para os afluentes na forma de carbono orgânico dissolvido (FREEMAN et al., 2004) influenciando nas características das águas.

Prévost (1999), Wallage et al. (2006) e Tiemeyer (2007), foram alguns dos autores que analisaram características de Organossolos e a influência destes, sobre parâmetros de qualidade da água. As águas, ao passarem por estes solos, sofrem mudanças físico-químicas devido ao processo de mineralização que libera substâncias ricas em ácidos orgânicos de coloração escura, classificadas como substâncias húmicas, conferindo, dentre outros atributos, acidez e cor à água. Nota-se que teores de matéria orgânica, acidez e coloração do solo influenciam diversos parâmetros de qualidade da água, tais como pH, oxigênio dissolvido, cor, dentre outros (ZON, 2008).

O Rio Araçuaí sofre importantes influências de turfeiras em seus cursos superiores. Ele é o principal afluente do Rio Jequitinhonha, e estes são os únicos cursos d'água perenes da região semi-árida do nordeste de Minas Gerais. Sua bacia hidrográfica drena 16.273 km<sup>2</sup> (1.627.300 hectares) de 25 municípios, com população estimada de 311.000 habitantes (PORTAL DOS COMITÊS DE BACIA – MG, 2013). Dez destes municípios utilizam o Rio Araçuaí como manancial para abastecer sua sede. Suas nascentes (cabeceiras) localizam-se na Serra do Espinhaço Meridional - MG e são formadas por turfeiras, que, além de influenciar significativamente na qualidade de suas águas, armazenam o excedente hídrico da época das chuvas e o libera, gradativamente, na época da seca, regulando sua vazão e perenizando seu curso superior.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

Caracterizar quali e quantitativamente os Organossolos e os recursos hídricos das turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí, a fim de contribuir para o conhecimento da disponibilidade hídrica da bacia e da dinâmica do carbono no sistema solo-água.

### **2.2 Específicos**

- Caracterizar e classificar os testemunhos de Organossolos das cabeceiras do Rio Araçuaí;
- Determinar a composição elementar do solo e da água de cabeceiras do Rio Araçuaí e estudar a dinâmica dos elementos em profundidade no solo;
- Quantificar a área e o volume ocupado pelas turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí;
- Determinar o estoque de carbono orgânico nas turfeiras e seu fluxo no sistema solo-água;
- Caracterizar as águas das cabeceiras do Rio Araçuaí quanto aos parâmetros físicos e químicos e quantificar as vazões de seus cursos;
- Estimar o volume de água armazenado nas turfeiras e avaliar a influência destes pedoambientes na dinâmica hidrológica e perenidade dos cursos d'água do alto curso do Rio Araçuaí;
- Analisar a influência mútua entre as turfeiras (solo) e a água.

### **3 HIPÓTESE**

As turfeiras presentes das cabeceiras do Rio Araçuaí são ecossistemas determinantes dos atributos qualitativos e quantitativos de seus recursos hídricos e interferem diretamente na dinâmica do carbono do sistema solo-água.

## **4 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1 Turfeiras**

#### **4.1.1 Definição e aspectos pedogenéticos - ocorrência e ambiente de formação**

Os depósitos de material orgânico em condições de anaerobiose constituem os materiais de origem da maior parte dos Organossolos (EBELING, 2010). As áreas com depósitos sedimentares de materiais orgânicos são identificadas pelos geólogos como turfeiras (VALLADARES, 2003). Como as turfas são intimamente relacionadas aos materiais de origem dos Organossolos, esses solos são também referidos como sinônimo do termo material turfoso ou turfeira (CAMPOS, 2009; CAMPOS et al., 2010).

As turfeiras são ambientes acumuladores de matéria orgânica oriunda da decomposição de vegetais, que se desenvolvem e se acumulam em ambientes saturados com água de precipitação pluviométrica, sendo o estágio inicial da sequência de carbonificação (COSTA et al., 2003; SILVA et al., 2013). A acumulação de sedimento orgânico (composto por celulose, lignina e outras substâncias com estrutura química cíclica de difícil degradação) na turfeira, é lenta (nas mais produtivas, poucos milímetros por ano) e ocorre em condições desfavoráveis à decomposição aeróbica. Entre estas condições citam-se a excessiva umidade, o baixo pH ou disponibilidade de nutrientes, a escassez de O<sub>2</sub> e as baixas temperaturas, conduzindo à redução da intensidade dos processos de mineralização e de humificação (COSTA et al., 2003; EBELING et al., 2011; SILVA et al., 2013).

Gerações consecutivas de vegetais se transformam em turfa pelo empilhamento de camadas cujas propriedades físico-químicas variam em função da composição vegetacional, do grau de decomposição e quantidade de matéria orgânica, da fração mineral, da natureza do material orgânico e da drenagem e composição química da água de formação. Estes aspectos contribuem para que ocorra ampla variação na composição entre e dentro dos perfis de solo das turfeiras (SILVA et al., 2009; EBELING, 2010).

As turfeiras são classificadas como Organossolos tiomórficos, fólicos ou háplicos (EMBRAPA, 2006), Histosols (USDA, 1999) ou Histossoles (FAO - UNESCO, 1990). Elas apresentam, além da matéria orgânica, minerais, restos de animais e microbiota. Suas cores

podem variar do amarelo ao negro pardacento, dependendo do grau de decomposição biológica, da desintegração mecânica das fibras vegetais e da presença de sedimentos (VALLADARES, 2003; ZON, 2008).

Existem cerca de 200 milhões de hectares de Organossolos no mundo, 32 milhões nos trópicos, dos quais 22 milhões localizam-se na Ásia, 3 milhões na África e 7 milhões na América (LOPES, 1984). Apesar de serem encontrados em diferentes pisos altitudinais e condições geomorfológicas (ANDRADE, 2010), ocupam uma extensão do território nacional bastante reduzida, de aproximadamente 1 % (VALLADARES et al., 2008). Essa área pode estar subestimada pela dificuldade de distinguir esses solos de outras unidades de mapeamento, que ocorrem, normalmente, em ambientes mal drenados, sendo incluídos em unidades de solos hidromórficos (EBELING, 2010).

#### **4.1.1.1 Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional (SdEM)**

A Serra do Espinhaço Meridional - SdEM ocupa uma área de cerca de 3.700.000 hectares. Nesta Serra, durante as Eras Mesozóica e Cenozóica, a evolução de superfícies de aplainamento escalonadas por altitudes e separadas por áreas dissecadas, em que predominam afloramento de rochas quartzíticas e Neossolos Litólicos (SILVA, 2005b), favoreceram a formação de turfeiras (HORÁK et al., 2007).

Solos de 4 unidades de conservação da SdEM foram mapeados na escala de 1:25.000, abrangendo 112.223 hectares. 12.814 hectares desta área correspondem a unidades de mapeamento nas quais os Organossolos ocorrem associados a outros solos (SILVA, 2004a, b e c; SILVA, 2005b). Silva (2012) e Silva et al. (2013a), também mapearam 14.287,55 hectares de turfeiras, distribuídas ao longo de 1.180.109 hectares da SdEM, o que representa 1,2% da área total.

Em geral, as turfeiras formadas na região da SdEM, como as das cabeceiras dos afluentes do Rio Araçuaí, são extremamente ácidas. Estes pedoambientes também apresentam baixos teores de nutrientes, elevada capacidade de troca catiônica (CTC) e teores de  $Al^{3+}$  trocável acima de  $5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ , o que lhes confere um caráter alumínico ou álico (CAMPOS, 2009; CAMPOS et. al, 2010). Esses atributos, aliados a muito baixa fertilidade natural, tornam o pedoambiente turfoso extremamente frágil, o que determina sua alta especificidade florística (SILVA, 2005a; ANDRADE, 2010).

Algumas famílias de vegetais se destacam onde as turfeiras encontram-se presentes como, por exemplo: Xyridaceae, Eriocaulaceae, Cyperaceae, Gentianaceae e Lentibulariaceae (GIULIETTI & PIRANI, 1988). Algumas espécies insetívoras da família Droseraceae caracterizadas pela coloração vermelha das folhas e coberta por tricomas secretores de mucilagem rica em enzimas digestivas, também são encontradas na área (COSTA, 2005).

#### 4.1.2 Caracterização

A classificação mais tradicional de depósitos orgânicos tem utilizado como base, o estágio de decomposição da matéria orgânica. A campo, esta classificação tem sido, usualmente, realizada pelo método de Von Post (STANEK & SILC, 1977) descrito em Embrapa (2006) onde, um volume de material de solo molhado é comprimido na mão e o seu comportamento é então avaliado de acordo com o Quadro 1.

**Quadro 1.** Classificação das turfas pelo grau de decomposição, segundo von Post<sup>(1)</sup>

Graus de humidade	Característica	Cor da água que flui entre os dedos	Fração da turfa que flui entre os dedos	Permanece na mão		Classe
				Forma	Estrutura vegetal	
<b>H1</b>	Sem decomposição	Incolor	Não passam sólidos entre os dedos	Não tem aspecto gelatinoso	Estrutura vegetal nitidamente reconhecível	FÍBRICO
<b>H2</b>	Muito pouco decomposta	Ligeiramente castanha				
<b>H3</b>	Muito fracamente decomposta	Castanha fraca				
<b>H4</b>	Fracamente decomposta	Muito castanha				
<b>H5</b>	Decomposta	Líquido escuro	Passa pouco	Apresenta aspecto gelatinoso	Ainda pouco reconhecíveis dos vegetais	HÊMICO
<b>H6</b>	Bem decomposta		Passa 1/3 do volume			
<b>H7</b>	Fortemente decomposta		Passa a metade			
<b>H8</b>	Muito fortemente decomposta		Passam 3/5 do volume	Ficam na mão resíduos de fibras e raízes	SÁPRICO	
<b>H9</b>	Quase totalmente decomposta	Passa quase tudo				
<b>H10</b>	Completamente decomposta	O material flui integralmente entre os dedos		Sobra muito pouco na mão		

<sup>(1)</sup> Modificado de Stanek e Silc (1977) apud Pereira et al. (2005).

Outra maneira de se expressar o grau de decomposição do material orgânico dos solos é por meio da determinação do grau de solubilidade do material em pirofosfato de sódio. A determinação pode ser realizada através da subtração do croma pelo valor, obtidos na página 10 YR da carta de cores de Munsell (MUNSELL, 1954). Para propósitos taxonômicos, índices de pirofosfato de 5 ou mais indicam material fíbrico, enquanto índice de pirofosfato de 3 ou menos indicam material sáprico (LYN et al., 1974).

Para a caracterização dos Organossolos, em relação ao grau de decomposição das fibras da matéria orgânica turfácea, o material orgânico é dividido em três tipos (EMBRAPA, 2006):

- **material orgânico fíbrico** é constituído de fibras, facilmente identificáveis como de origem vegetal. Tem 40% ou mais de fibras esfregadas por volume e índice do pirofosfato igual ou maior que 5. Se o volume de fibras esfregadas for 75% ou mais, por volume, o critério do pirofosfato não se aplica. O material fíbrico é usualmente classificado na escala de von Post nas classes 1 a 4. Apresenta cores, pelo pirofosfato de sódio, com valores e cromas de 7/1, 7/2, 8/1, 8/2 ou 8/3;
- **material orgânico hêmico** apresenta-se em estágio intermediário de decomposição, entre fíbrico e sáprico. O material é parcialmente alterado por ação física e bioquímica. Não satisfaz os requisitos para material fíbrico ou sáprico. O teor de fibras esfregadas varia de 17 a 40% por volume. O material hêmico é usualmente classificado na escala de decomposição de von Post na classe 5 ou 6;
- **material orgânico sáprico** encontra-se em estágio avançado de decomposição. Normalmente, contém menor teor de fibras, a mais alta densidade do solo e a mais baixa capacidade de retenção de água no estado de saturação. É muito estável física e quimicamente, alterando-se muito pouco no decorrer do tempo, a menos que drenado. O teor de fibras esfregadas é menor que 17% por volume e, o índice de pirofosfato é igual a 3 ou menor. O material sáprico é usualmente classificado na escala de decomposição de von Post na classe 7 ou mais alta. Apresenta cores pelo pirofosfato de sódio com valores menores que 7, exceto as cores 5/1, 6/1, 6/2, 7/1, 7/2, ou 7/3.

### 4.1.3 Atributos especiais

Os Organossolos apresentam atributos especiais que os diferenciam fortemente das demais classes de solos (ZON, 2008; EBELING, 2010). Dentre estes atributos citam-se: cor, estrutura, densidade, propriedades de coesão e de adesão, peso específico, capacidade de retenção de água, permeabilidade, capacidade calorífica, contração, coagulação por eletrólitos, capacidade de troca catiônica (CTC), poder de tamponamento e odor específico.

A coloração encontra-se, diretamente, associada ao estágio de decomposição da matéria orgânica (STANEK & SILC, 1977 apud EMBRAPA, 2006), podendo ser utilizada como indicativo de variação nas condições de degradação do material orgânico ou do material vegetal originário (CONCEIÇÃO et al., 1999). O encharcamento dificulta a difusão do O<sub>2</sub>, que acontece em meio aquoso em velocidade 10.000 vezes menor que no ar (PATRICK & REEDY, 1978). A deficiência de oxigênio promovida por estas condições proporciona uma decomposição lenta da matéria orgânica e provoca a formação de horizontes escurecidos ou com aspecto acinzentado, esverdeado ou azulado (gleizado). Estes últimos, devido à transformação do Fe<sup>3+</sup> e do Mn<sup>2+</sup> em formas reduzidas (ZON, 2008).

A densidade do solo (Ds) é muito influenciada pela matéria orgânica do solo (MOS) e pelo material mineral (MM), bem como pelo estágio de decomposição do material orgânico (CONCEIÇÃO et al., 1999). Em se tratando de solos orgânicos, os valores de Ds tendem a serem inferiores a uma unidade e, em alguns, podem ser inferiores a 0,15 mg m<sup>-3</sup> (ANDRIESSE, 1988; KÄMPF & SCHNEIDER, 1989). Estudando Organossolos em regiões do Brasil, Valladares et al. (2008), encontraram Ds de até 0,05 mg m<sup>-3</sup>. Porém, a Ds é uma característica facilmente alterável pela compactação, seja por máquinas, pisoteio animal ou pela transformação da matéria orgânica após a drenagem dos Organossolos (EBELING, 2010).

A alta condutividade hidráulica das turfeiras é condicionada pelos materiais fibricos, os quais tendem a apresentar predomínio de macroporos e, assim alta porosidade. Por outro lado, no processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica, os macroporos colapsam, diminuindo o tamanho dos poros e também a porosidade total (ANDRIESSE, 1988).

Depois da capacidade de reter água, as duas principais propriedades da turfa são: a CTC e o poder tampão (EBELING, 2010). A maioria das reações químicas ocorre associada às partículas menores do solo, a chamada fração coloidal. Os colóides do solo compreendem

as partículas com diâmetro entre um micron e um nanômetro. São compostos principalmente pelas argilas e pela fração mais reativa da matéria orgânica, formada pelos ácidos húmicos e fúlvicos (MCBRIDE, 1994). Essa reatividade da matéria orgânica confere aos Organossolos elevada CTC. Ainda, em relação à CTC, a fração húmica da matéria orgânica apresenta em torno de 400 a 800  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  devido à maior concentração de radicais carboxílicos nessa fração (SPOSITO, 1989; CANELLAS et al., 1999).

## 4.2 Turfeiras como reservatórios de carbono

De todo o carbono (C) presente no solo, parte considerável encontra-se na forma de matéria orgânica do solo. O C presente na MOS corresponde a cerca do triplo de todo o C acumulado na matéria orgânica viva da terra (EBELING, 2010). Portanto, o solo é um importante reservatório natural de C (SOARES, 2011).

Nos primeiros 100 cm de profundidade, em termos globais, estão armazenados 2.200 Pg de C (1 Pg =  $10^{15}$  g), correspondendo a aproximadamente 4 vezes o compartimento de C da vegetação (560 Pg) e 3 vezes o C da atmosfera (750 Pg). Porém, o C armazenado no solo é constituído pelo C orgânico (1.500 Pg de C) e mineral (700 Pg de C) (BATJES, 1996).

As áreas de Organossolos e turfas, apesar de cobrirem somente cerca de 3% da superfície da terra, contêm cerca de 450 Pg de C, o que representa aproximadamente 30% de todo o C contido na biomassa terrestre (GORHAM, 1991; HAYES & CLAPP, 2001). A maioria das áreas com solos de turfa, e de Organossolos, localiza-se no hemisfério norte do planeta (GARCIA, 1996).

Cerca de 1,6 trilhões de toneladas de carbono, distribuídos por cerca de 10 bilhões de hectares, encontram-se estocados nos solos do planeta Terra (MARTINELLE et al., 2009). As turfeiras ocupam uma área de, aproximadamente, 420 milhões de hectares no mundo e cerca 455 bilhões de toneladas de C (28,4 %) encontram-se estocados nesse recurso natural (GROHAM, 1991; CAMPOS et al., 2010).

Os 14.287,55 hectares de turfeiras da SdEM ocupam um volume de 170.021.845,00  $\text{m}^3$  e estocam 6.120.167 t de MO, o que representa 428,36 t de MO  $\text{ha}^{-1}$  (SILVA, 2012; SILVA et al., 2013a). Uma das turfeiras da SdEM, situada na Área de Proteção Ambiental Pau-de-Fruta, ocupa 81,7 hectares e armazena 45.148 t de MO, o que corresponde a 552 t de MO  $\text{ha}^{-1}$  (CAMPOS et al., 2012).

Deve-se ressaltar que a MOS de turfa é decomposta naturalmente, com taxas de decomposição anaeróbias muito baixas em ambientes saturados (EBELING, 2010). Porém, a drenagem de solos orgânicos pode acelerar o processo, pela decomposição aeróbia do material ali depositado (INUBUSHI & HADI, 2000). As taxas naturais estimadas de acúmulo de matéria orgânica em Organossolos estão na ordem de alguns centímetros por 100 anos, enquanto que as taxas de perda de carbono dos solos orgânicos drenados podem ser 100 vezes maiores, chegando a até alguns centímetros por ano, em casos extremos. Assim, os depósitos de material orgânico que levaram milhares de anos para se acumularem podem desaparecer na escala de tempo da atividade humana (STEPHENS et al., 1984). Portanto, estudos para estimar os estoques de carbono nas áreas de turfeiras, assim como para compreender a dinâmica do carbono nesses locais são muito importantes. Estes estudos podem orientar o manejo adequado desses ambientes, visando minimizar, principalmente, as emissões dos gases de efeito estufa (EBELING, 2010).

### **4.3 Turfeiras e dinâmica do carbono**

Na natureza, o solo comporta-se como um sistema aberto, trocando matéria e energia com o meio (ZON, 2008). O sistema atinge um estado estável quando as taxas de adição e perda se equivalem (ADDISCOT, 1992). Neste contexto, o equilíbrio global do carbono em Pg (1 Pg =  $10^{15}$  g) na biosfera depende de três reservatórios principais: os oceanos (38.000 Pg), a atmosfera (750 Pg) e o sistema terrestre (6.050 Pg) (EBELING, 2010). Porém, alguns fatores determinam a dinâmica do carbono no sistema solo – atmosfera, sendo os principais: a temperatura, a umidade, a estrutura do solo e os microorganismos.

Dependendo do tipo de prática de manejo adotada, o solo pode atuar como fonte de C, quando as emissões de CO<sub>2</sub> excedem a assimilação na forma de fotossíntese, ou como dreno, quando o acúmulo de C predomina sobre a liberação (SOARES, 2011). Assim, a quantidade adicionada de C, em determinadas condições edafoclimáticas, depende das espécies e dos sistemas de cultura utilizados (ZON, 2008). Porém, em ambiente de turfeira, a principal fonte de aporte de C é a fotossíntese realizada pela vegetação que coloniza a área (CAMPOS, 2009).

Em turfeiras, devido à permanência do lençol freático próximo da superfície durante a maior parte do ano, as condições anaeróbicas restringem os processos de mineralização da

matéria orgânica. Estas condições limitam também, o desenvolvimento pedogenético, conduzindo ao acúmulo expressivo de compostos complexos, ricos em C (SANTOS et al., 2006; SÁ, 2007). Entretanto, uma vez no ecossistema turfoso, o C pode seguir várias rotas. Dentre estas rotas, estão: ser emitido para a atmosfera, na forma de CO<sub>2</sub> e de CH<sub>4</sub>; ser levado para os afluentes, na forma de carbono orgânico dissolvido; ou permanecer fixado no ambiente, na forma de turfa ou na constituição de macro e microrganismos (FREEMAN et al., 2004).

A magnitude das perdas de MOS depende do reservatório de C (quantidade, qualidade, disponibilidade), da natureza do solo, dos fatores climáticos regionais e dos sistemas de manejo (OLDEMAN, 1994; LEEMANS, 1999; SOARES, 2011). Em períodos mais secos e quentes, grandes quantidades de C estocados nos solos podem ser emitidas para a atmosfera. Em períodos mais chuvosos é observado um considerável aumento nos teores de C orgânico dissolvido nos afluentes que recebem água de drenagem de um ambiente de turfeira (WADDINGTON & ROULET, 1997; FREEMAN et al., 2004; PEREIRA et al., 2005).

Numa escala global, a MOS perdida por oxidação e por combustão pode contribuir significativamente para o aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> na atmosfera (ARMENTANO, 1980; ROJSTACZER & DEVEREL, 1993; GRØNLUND et al., 2008). Ao considerar o efeito do aumento da temperatura do planeta causado pelos gases de efeito estufa, como CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O e NO<sub>x</sub>, não se pode esquecer da importância da preservação da matéria orgânica presente nas turfeiras. Estes ambientes hidromórficos podem emitir, principalmente, CO<sub>2</sub> e metano para o ambiente (PEREIRA et al., 2005; SOARES, 2011), caso sejam submetidas à pedoturbações, como drenagem ou queima.

O uso agrícola dos Organossolos promove grandes perdas de C do solo, devido à drenagem artificial e a práticas mais intensas de manejo (PEREIRA et al., 2005). Rosado (2004), em estudo de alterações ocorridas em Organossolos submetidos à drenagem intensiva, verificou que ocorreu, dentre outras modificações, a redução do carbono orgânico (Corg) quando comparado à condição natural do solo. O mesmo autor verificou que os valores iguais a 52 dag kg<sup>-1</sup> de Corg em ambiente preservado, foram reduzidos a 1,7 dag kg<sup>-1</sup> em ambiente degradado. Acredita-se que a perda de C do solo pela oxidação, somente pode ser impedida pela restauração completa do sistema às suas condições originais de anaerobiose, ou pelo término do consumo total de carbono (WÖSTEN et al., 1997; EBELING, 2010). Limin et al. (2000), recomenda que o uso das turfas para o cultivo agrícola deve ser interrompido devido à rápida degradação ambiental.

Verifica-se que a dinâmica do C das turfeiras encontra-se indissociavelmente relacionada à dinâmica hidrológica. Também, a compreensão da dinâmica destes depósitos turfáceos é necessária para prever efeitos de variações climáticas e de mudanças dos estoques de carbono. Esta compreensão é muito importante para o conhecimento dos efeitos das ações antrópicas, como a drenagem e a extração comercial de turfa, sobre esses reservatórios de C (HILBERT et al., 2000). Desse modo, alterações climáticas podem trazer graves problemas à dinâmica do C nas turfeiras, com consequências ainda desconhecidas. Este fato reforça a importância de se estimar os estoques e fluxos de C nas turfeiras, bem como de se conhecer a relação da dinâmica desse elemento com as variáveis hidrológicas locais e regionais a fim de orientar o melhor manejo dessas áreas.

#### **4.4 Turfeiras e dinâmica de elementos**

A matéria orgânica do solo apresenta potencial para ser utilizada como atributo-chave da qualidade do solo, pois além de satisfazer o requisito básico de ser sensível a modificações pelo manejo do solo, é, ainda, fonte primária de nutrientes às plantas (GREGORICH et al., 1994; DORAN & PARKIN, 1994; MIELNICZUK, 1999). Ela, também atua sobre outros importantes atributos, tais como: ciclagem de nutrientes, complexação de elementos tóxicos e estruturação do solo.

Em solos de climas tropicais e subtropicais, a CTC da matéria orgânica pode representar um grande percentual da CTC total do solo. Nesses solos, a manutenção ou o aumento dos teores de MO é fundamental na retenção dos nutrientes e na diminuição da sua lixiviação (BAYER & MIELNICZUK, 1999; ZON, 2008). Porém, a decomposição da MOS, resultado, principalmente, da despolimerização e oxidação de moléculas relativamente grandes, tais como as poli-aromáticas, carboidratos, lipídios e proteínas, em moléculas menores e mais simples, como os ácidos carboxílicos, aminoácidos e  $\text{CO}_2$  (SOLLINS et al., 1996; SILVA & PASQUAL, 1999), libera os elementos ligados quimicamente e na forma orgânica (C, N, S e P), os quais são convertidos para a forma mineral ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) (STEVENSON, 1986; ZECH et al., 1997).

As alterações no ambiente de formação dos Organossolos para uso agrícola produzem mudanças significativas nas suas características morfológicas, físicas, químicas e, conseqüentemente, no seu potencial (KAMPF & SCHNEIDER, 1989; EBELING, 2006). Em

trabalho realizado por Lani (1998), foi constatada, após queima de turfa, uma redução de 89% dos valores de CTC nos Organossolos. Os elementos Ca, K, Na, P, S, Cd, Co, Mn, Mo, Ni, Pb, Si, V, Zn e Hg, além do efeito de concentração, sofreram o efeito do aumento da disponibilidade. Por outro lado, Mg e Cu apresentaram uma redução nas suas disponibilidades.

Alguns autores citaram, para Organossolos, correlação positiva e significativa entre o teor de P,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , o teor de matéria orgânica e a adsorção destes elementos (SILVA et al., 2008; SOARES, 2011). Novais et al. (2007), apresentaram como razão principal, o caráter aniônico da MO. Através de pontes de cátions, como o Al, Fe e Ca adsorvidos na MOS, os solos orgânicos reteriam o P, formando compostos de composição definida e pouco solúvel, justificando os baixos valores de P disponível. De acordo com Lucas (1982), apesar dos elevados teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , esses nutrientes encontram-se fortemente adsorvidos às partículas orgânicas e podem não estar disponíveis para as plantas.

Os depósitos de turfa tendem a apresentar elevados teores de nitrogênio total, porém este elemento pode não estar biodisponível. Andriess (1988), cita como fatores que influenciam na disponibilidade de nitrogênio a temperatura, a alta umidade no solo, a baixa aeração, a elevada acidez e relações C/N superiores a 16. Mendonça (1999), em estudo na zona oeste do município do Rio de Janeiro, observou variação dos teores totais de nitrogênio com o teor de MO de Organossolos e, de maneira geral, os teores diminuíram em profundidade.

A decomposição da MO nos depósitos de turfa pode resultar em alterações na relação C/N nos seus diferentes estágios de transformação, ou seja, nos materiais sápricos, hêmicos e fibrícos, contribuindo para modificações nos atributos dos solos (EBELING, 2010).

#### **4.5 Turfeiras e dinâmica hidrológica**

Em turfeiras de altitude, a dinâmica da água é diretamente influenciada pelo equilíbrio existente entre as forças mátricas e de capilaridade que agem em sentido inverso à força da gravidade. Esse equilíbrio faz do ambiente de turfeira, um sistema altamente eficiente na manutenção da água em seus poros, o que permite que esse pedoambiente se forme mesmo em lugares com baixos índices pluviométricos (MOORE, 1997).

As turfeiras podem funcionar como reservatórios de água, retendo até vinte vezes ou mais a sua massa, graças às suas características químicas e seus componentes estruturais, além de minimizar os efeitos erosivos de chuvas de alta intensidade em áreas próximas e de menor altitude (LÉVESQUE & DÍNEL, 1982; GORHAM, 1991; EBELING, 2010). Silva (2012) e Silva et al. (2013a) mapearam 14.287,55 hectares de turfeiras, distribuídas ao longo de 1.180.109 hectares da SdEM, o que representa 1,2% da área total. Os 14.287,55 hectares de turfeiras ocupam um volume de solo igual a 170.021.845,00 m<sup>3</sup> e armazenam 142.138.262 m<sup>3</sup> de água. Esta água armazenada, daria para abastecer a população da cidade de São Paulo (consumo residencial, comercial, público, industrial e misto - consumo de 5,65 m<sup>3</sup> habitante<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup>) em 2009 (11.037.693 habitantes) por 2 meses e 10 dias (SILVA, 2012; SILVA et al., 2013a).

Uma das turfeiras da SdEM, situada na Área de Proteção Ambiental Pau-de-Fruta, ocupa 81,7 hectares e armazena 497.767 m<sup>3</sup> de água, que representa 83,7% do volume total da turfeira (CAMPOS et al., 2012). Esta turfeira é o manancial que abastece a cidade de Diamantina (CAMPOS, 2009; CAMPOS et al., 2012).

Quanto ao aspecto de retenção de água pelo solo turfoso, Andriesse (1984), aborda a importância de se fazer a distinção entre os componentes estruturais destes solos. Segundo o mesmo autor, o material fíbrico possui uma capacidade de reter mais de mil vezes seu volume em água, enquanto o hêmico cerca de trezentas vezes e, o sáprico, ao redor de duzentas vezes. Em uma turfeira no município de Diamantina, Campos et al. (2011), obtiveram capacidades de retenção de água superiores a 1.000% em camadas mais superficiais, as quais apresentavam em estágios menos decompostos (fíbricos) com elevados teores de humina (57,7 %).

Freire (2013) avaliou a retenção de água pelas substâncias húmicas puras extraídas de solos turfosos e de compostos orgânicos mostrando que os ácidos húmicos retêm mais água que a humina quando analisados separadamente, após terem sido submetidas a diferentes tensões. Soares (2012) também avaliou a retenção de água de duas turfeiras na SdEM submetidas a diferentes tensões e observou uma relação diretamente proporcional entre o teor de humina e a retenção de água. Desta forma, observa-se que a matéria orgânica do solo possui um papel de grande importância na retenção de água.

Turfeiras em condições naturais apresentam um comportamento tipo esponja, que lhes confere a propriedade de se expandirem e se encolherem, dependendo das condições climáticas (INGRAM, 1983). Isso permite que esses Organossolos mantenham o lençol

freático relativamente próximo à superfície durante vários meses do ano, evitando maiores oscilações dele e controlando o fluxo de água para os afluentes.

Campos et al. (2012), estudando o hidrologia de uma turfeira da SdEM, obteve que a turfeira armazena 77,6% do excedente hídrico anual e que regula a vazão do Córrego das Pedras, manancial que abastece a cidade de Diamantina, evitando que o mesmo seque no período de escassez de precipitação pluviométrica. Mesmo em períodos mais secos, quando o nível do lençol freático pode sofrer maiores variações, geralmente, as camadas mais superficiais não ficam completamente secas, devido ao movimento ascendente de água por capilaridade (PRICE, 1997). Nesses períodos, é comum a ocorrência de uma redução do volume ocupado pela turfeira, denominado de subsidência (PRICE & SCHLOTZHAUER, 1999). Este fenômeno ocorre devido à redução do volume de água mantido nos poros, perdido por evapotranspiração e pela oxidação de compostos orgânicos. Em seguida, os poros que anteriormente eram preenchidos com água sofrem compactação causada pelo peso da camada de turfa subjacente (MCLAY et al., 1992), alterando também, outros parâmetros hidropedológicos como a condutividade hidráulica, densidade e conteúdo de umidade (AMBAK & MELLING, 2000).

Conceição (1989), Hilbert et al. (2000), Mitchell et al. (2002), Valladares (2003), Pereira et al. (2005) e Ebeling (2010), alertam para a importância da altura do lençol freático na regulação das taxas de subsidência e de acumulação de matéria orgânica nos Organossolos. A extração da água e a oxidação da turfa causam a destruição da matéria orgânica e a subsidência da superfície. A intensidade destes processos depende da natureza do material orgânico, da sua capacidade de adsorção de água, da proporção de material mineral no solo e da profundidade de drenagem (ANDRIESSE, 1984; CONCEIÇÃO, 1989).

A redução de porosidade relacionada com a hidrologia do solo é maior quanto mais acelerada a mineralização da matéria orgânica, principalmente em materiais fibrosos (DRADJAD et al., 2003; KENNEDY & PRICE, 2005).

#### **4.6 Turfeiras e qualidade das águas**

A expressão corrente “qualidade da água” não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim a um padrão tão próximo quanto possível do “natural”. Este padrão é considerado como a água que se encontra nos rios e nascentes, antes

do contato com o homem (SARDINHA, 2008). De acordo com Rebouças (2002), a qualidade das águas é dependente das características dos ambientes naturais e antrópicos onde se originam, circulam, percolam ou ficam estocadas. A qualidade da água, segundo Lima (2001), não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o recurso hídrico que envolve a saúde e o funcionamento equilibrado do ecossistema, incluindo aí as plantas, a comunidade aquática e seus habitantes.

A qualidade da água em determinado ponto de um rio é produto da qualidade da água em um ponto anterior, modificada por diversos fatores atuantes no trecho que separa os pontos. Entre estes fatores estão as características geomorfológicas da região, a mistura de água com qualidades diferentes, a presença de vegetação ciliar, o regime climático, a presença de comunidades e as interferências antrópicas (PAOLESCI, 2010). Além disto, a composição das águas superficiais sofre grande influência das chuvas, pois estas podem dissolver e arrastar materiais existentes na superfície do solo (ZON, 2008).

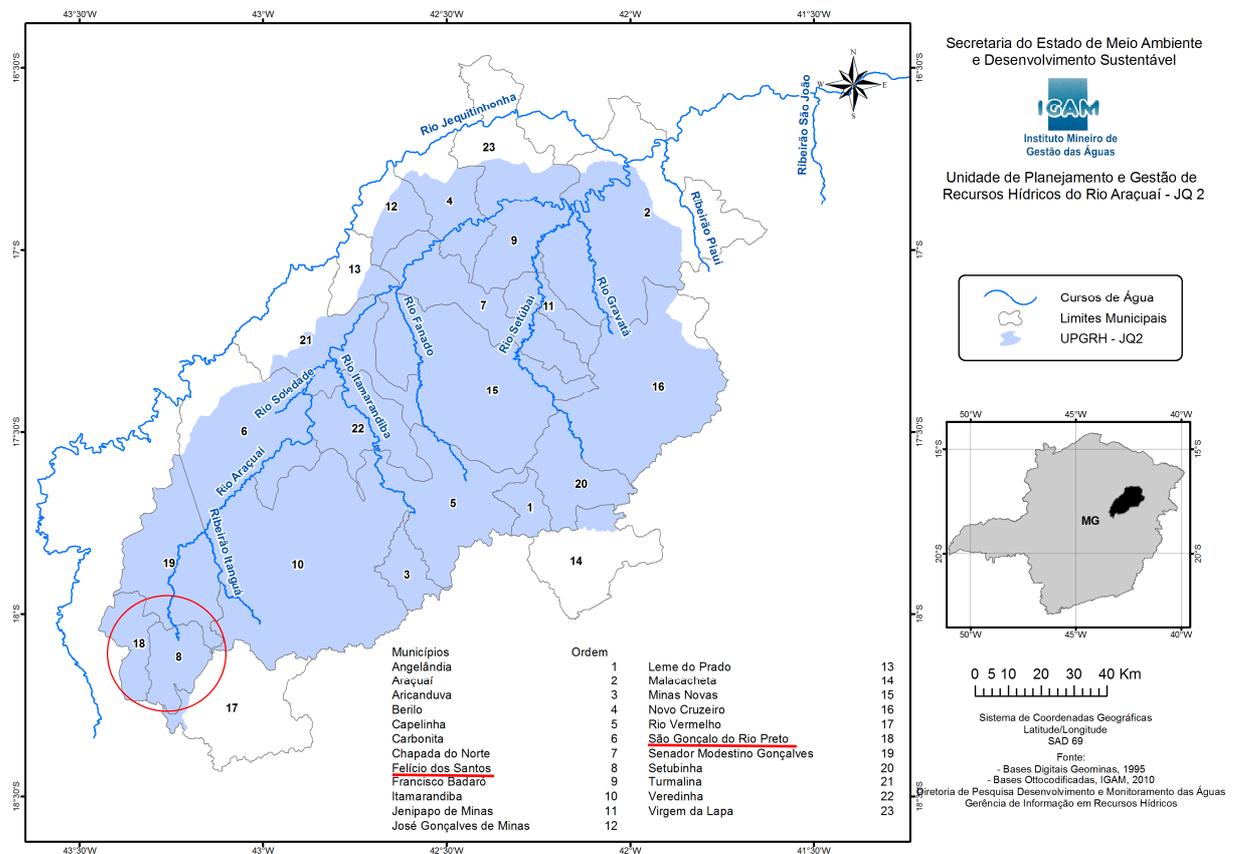
São consideradas como fontes naturais de elementos para os cursos d' água: desgaste químico da superfície de rochas; precipitação vulcânica; reciclagem de aerossóis oceânicos; erosão eólica continental; degradação da vegetação; lixiviação de solos orgânicos; e entradas atmosféricas (ZON, 2008).

Em relação aos solos orgânicos, as turfeiras, além de participarem como fontes de elementos, também participam diretamente na composição química da água e protegem os afluentes de água doce ao prevenir processos de eutrofização (MALTBY & DUGAN, 1994). Águas, ao passarem por estes solos, sofrem mudanças físico-químicas devidas às próprias características do solo que, quando em processo de mineralização, liberam substâncias ricas em ácidos orgânicos de coloração escura, classificados como substâncias húmicas, conferindo acidez e cor à água. Assim, nota-se que fatores como teores de matéria orgânica e mineral, acidez e coloração do solo influenciam diversos parâmetros de qualidade da água, tais como potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) e cor, dentre outros (ZON, 2008).

## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Localização e caracterização da área de estudo

A bacia do Rio Araçuaí situa-se entre os paralelos 16°40'S e 18°20'S e meridianos 41°50'W e 43° 25'W, na região nordeste do Estado de Minas Gerais (Figura 1). Esta bacia hidrográfica drena 16.273 km<sup>2</sup> (1.627.300 hectares) de 25 municípios (Angelândia, Araçuaí, Aricanduva, Berilo, Capelinha, Carbonita, Chapada do Norte, Coluna, Felício dos Santos, Francisco Badaró, Itamarandiba, Jenipapo de Minas, José Gonçalves de Minas, Ladainha, Leme do Prado, Malacacheta, Minas Novas, Novo Cruzeiro, Rio Vermelho, São Gonçalo do Rio Preto, Senador Modestino Gonçalves, Setubinha, Turmalina, Veredinha, Virgem da Lapa), com população estimada de 311.00 habitantes (PORTAL DOS COMITÊS DE BACIA – MG, 2013). Dez destes municípios utilizam as águas deste rio para abastecer suas sedes.



**Figura 1.** Localização e distribuição dos cursos d'água e municípios da bacia do Rio Araçuaí (PORTAL DOS COMITÊS DE BACIA – MG, 2013).

As cabeceiras do Rio Araçuaí situam-se no município de Felício dos Santos e as de seus principais afluentes na região mais alta de seu curso, o Córrego Cachoeira dos Borges e o Rio Preto, situam-se, respectivamente, nos municípios de Felício dos Santos e São Gonçalo do Rio Preto, ambas em turfeiras (Figura 1).

O Córrego Cachoeira dos Borges, que possui extensão aproximada de 75 km, encontra-se localizado nos limites geográficos do município de Felício dos Santos e desempenha o papel de drenagem de suas terras. O Rio Preto, declarado rio de preservação permanente, possui extensão aproximada de 70,22 km e situa-se, assim como o Córrego Cachoeira dos Borges, no alto curso do Rio Araçuaí. A sua área abrange aproximadamente 397 km<sup>2</sup>, que representam cerca de 2,5% da área englobada pela bacia do Rio Araçuaí (LANNA et al., 2010). Ainda com relação ao Rio Preto, foi criado, recentemente, o Parque Estadual do Rio Preto (PERP) com o objetivo de preservar as riquezas naturais de suas nascentes. O PERP possui uma área de 10.750 ha e abrange, em seus domínios, diversas nascentes em altitudes de 1400 a 1600 metros (SILVA, 2004b).

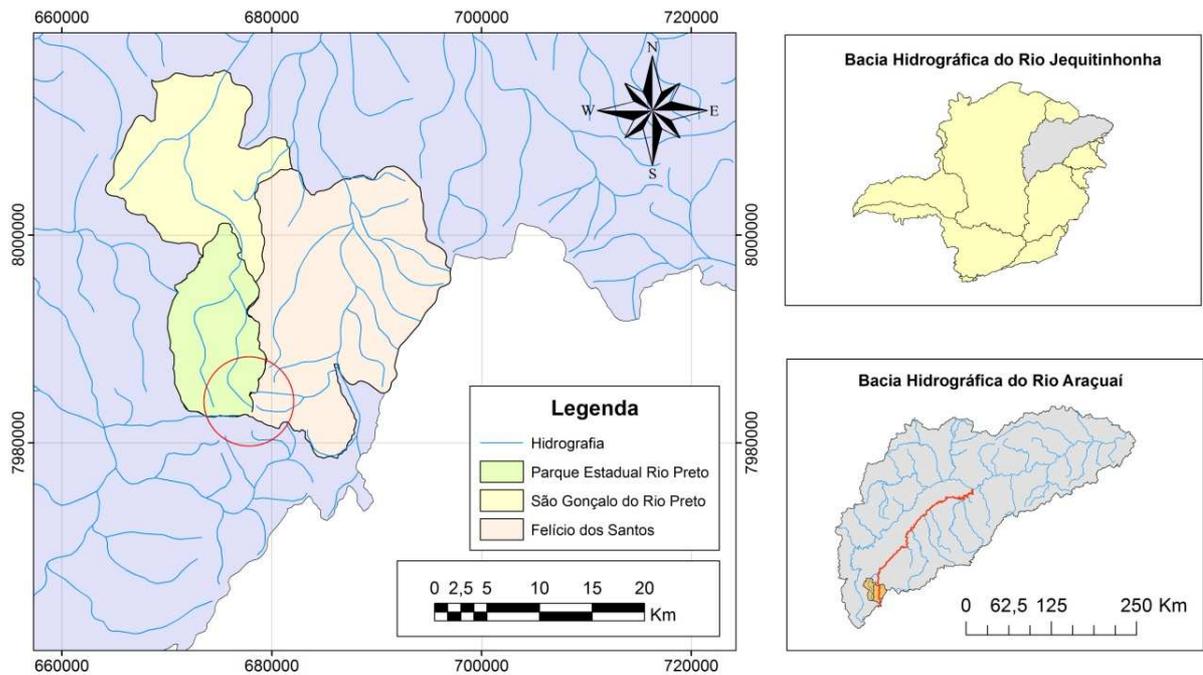
A região é representada por tipos vegetacionais característicos do bioma Cerrado. As formações vegetais predominantes são as campestres, denominadas de Campo Limpo Úmido (CLU) e Campo Rupestre, e as savânicas. Também, são encontradas áreas com Floresta Estacional Semidecidual (FES), principalmente, ao longo das vertentes de córregos e rios. Nas porções mais elevadas é observada a ocorrência de “capões de mata”, tipo de vegetação denominado por “florestas em manchas” (RIZZINI, 1979). Segundo Campos (2009), esta vegetação ocorre em “ilhas” em meio às formações campestres, onde há acúmulo de água e normalmente são encontrados solos hidromórficos (turfeiras).

O clima é Cwb (mesotérmico) de acordo com a classificação de Köppen, ocorrendo uma estação chuvosa (novembro a março) com uma média de 223,19 mm e outra seca (junho a agosto) com uma média de 8,25 mm, bem definidas. As superfícies mais elevadas da Serra do Espinhaço, como neste caso, caracterizam-se pelo predomínio de temperaturas amenas durante todo ano, com média anual em torno de 17 a 19 °C (SILVA, 2004b).

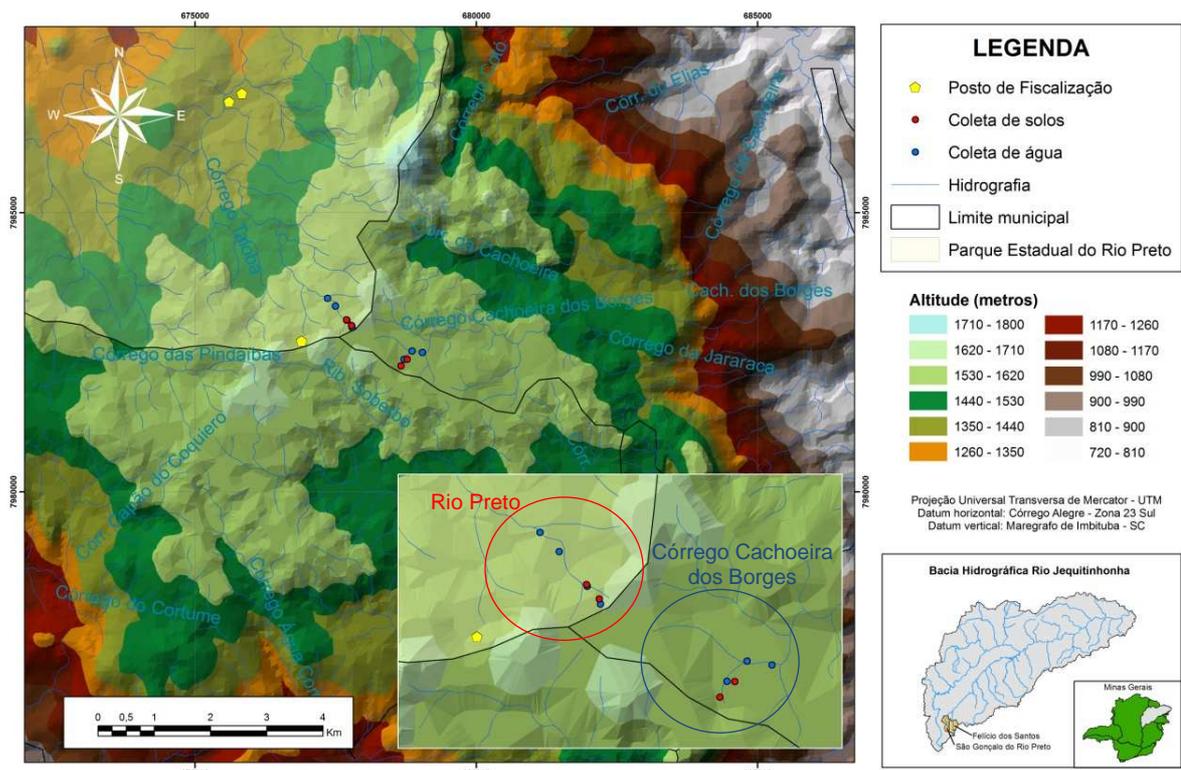
Apresenta uma litologia predominantemente quartzítica com alguns afloramentos de filitos. Neste ambiente, a natureza predominantemente quartzítica das rochas, caracterizada pela sua elevada resistência ao intemperismo, é responsável pela formação de solos arenosos e, ou rasos, classificados como Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2006). Esses solos apresentam muito baixa capacidade de retenção de água. Entretanto, nesses locais, em superfícies de aplainamento escalonadas por altitudes e separadas por áreas

dissecadas, onde predominam afloramento de rochas e Neossolos Litólicos, ocorre a formação de turfeiras (SILVA, 2005a).

O estudo foi desenvolvido a partir de amostras de Organossolos (testemunhos) sob duas áreas colonizadas por CLU e por FES de cada uma das turfeiras das cabeceiras do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges (Figuras 2 e 3).



**Figura 2.** Localização da bacia do Rio Araçuaí.



**Figura 3.** Localização dos pontos de amostragem de água e de solo nas turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí.

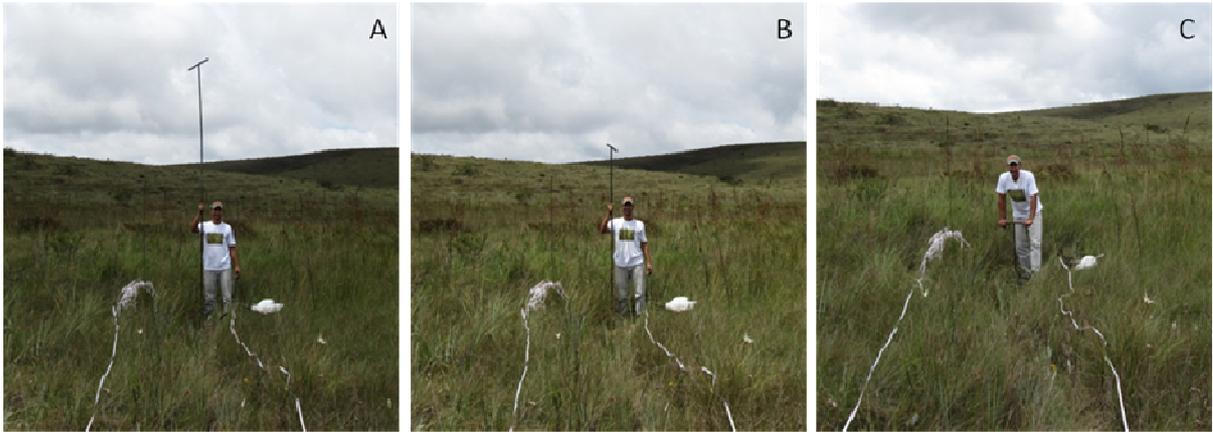
Vale ressaltar que a turfeira das cabeceiras do Córrego Cachoeira dos Borges encontram-se fora dos limites do Parque Estadual do Rio Preto. Neste local, foi observada a presença de intenso tráfego e pastoreio de bovinos e equinos. Estes animais possuem acesso livre a área a qual transitam em busca de água e de alimento, uma vez que estes recursos são encontrados em abundância neste local em qualquer época do ano.

## **5.2 Amostragem, preparo e análise dos solos**

Os critérios para escolha dos pontos e processos de coleta de solo seguiram metodologia preconizada por Horák (2010) e foram: fitofisionomia (CLU e FES); espessura (solos espessos podem ser mais evoluídos) verificada pela introdução de uma baliza de metal no perfil do solo (Figura 4A, 4B e 4C); local na paisagem (depressões podem apresentar maior concentração de organismos fósseis) e; a maior estabilidade de apoio ao equipamento de amostragem (vibrotestemunhador).

Em perfis representativos sob duas fitofisionomias (Campo Limpo Úmido e Floresta Estacional Semidecidual) das cabeceiras do Córrego Cachoeira dos Borges e do Rio Preto, foram coletados testemunhos de turfeira (Figura 5A, 5B, 5C e 5D), dois por fitofisionomia da cabeceira de cada afluente.

Após a montagem do equipamento (Figura 5A), procedeu-se a coleta dos testemunhos, a qual consistiu na inserção de um tubo de alumínio de 6 m de comprimento, 3” de diâmetro e 1/8” de espessura verticalmente no solo, com auxílio de um vibrotestemunhador (Figura 5B e 5C). Ao atingir o substrato basal, vedou-se a extremidade superior do tubo com uma tampa de PVC para a formação de vácuo e procedeu-se a sua retirada com ajuda de uma talha. O tubo foi então vedado em sua extremidade inferior com outra tampa de PVC, colocado em posição semi-vertical para evitar contaminação das camadas superiores por translocação de material de camadas inferiores, identificado e transportado (Figura 5D) para o Laboratório de Matéria Orgânica do Solo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM para abertura, descrição e amostragem das camadas.

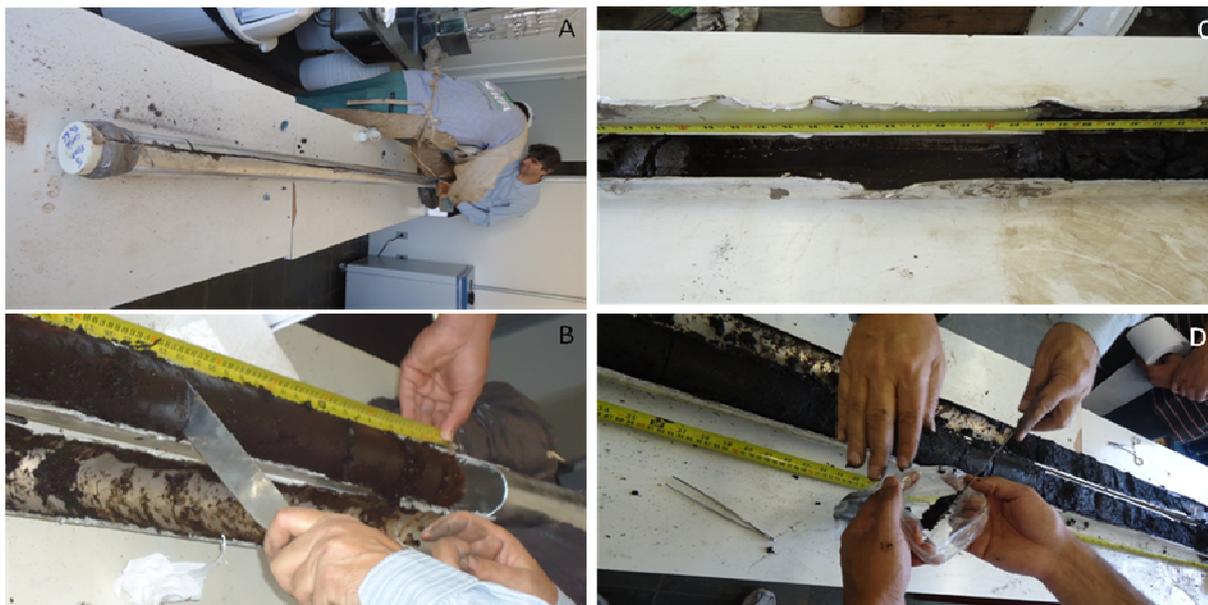


**Figura 4.** A, B e C: Sondagem para escolha do ponto de amostragem dos testemunhos.



**Figura 5.** A, B, C e D: Amostragem do testemunho com o uso do vibrotestemunhador.

A abertura dos tubos de coleta foi realizada com auxílio de uma serra elétrica circular (Figura 6A). Todos os testemunhos foram amostrados em camadas de 15 cm (Figura 6B) e descritos conforme Santos et al. (2005) e o Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2005), observando aspectos como a presença de raízes e de fragmentos vegetais, deposições de areia, consistência e cor do material (Figura 6C). Estas amostras foram colocadas dentro de sacos plásticos, devidamente identificados (Figura 6D) e, acondicionadas em geladeira, a fim de preservar, ao máximo, seus atributos naturais para posteriores análises.



**Figura 6.** A: abertura dos tubos de coleta de solo; B: amostragem; C: descrição dos testemunhos (detalhe da presença de um bolsão d'água); D: condicionamento das amostras em sacos plásticos.

Para as análises químicas de rotina, as amostras foram secas ao ar, destorroadas e peneiradas (malha de 2,0 mm) enquanto que, para a análise da composição elementar do solo, além de secas ao ar e destorroadas, foram maceradas em almofariz e passadas em peneira de malha 0,053 mm.

Todas as análises dos solos foram conduzidas nos Laboratórios de Matéria Orgânica do Solo e de Fertilidade do Solo, pertencentes à UFVJM.

### 5.2.1 Caracterização física, química e morfológica

As análises físicas e morfológicas, realizadas pelos métodos compilados pelo Manual de Métodos de Análises de Solos e pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (EMBRAPA, 1997; EMBRAPA, 2006), foram: estágio de decomposição do material orgânico; fibras não esfregadas (FNE); fibras esfregadas (FE); solubilidade em pirofosfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{P}_2\text{O}_7$ ); pH em  $\text{CaCl}_2$ ; teores de matéria orgânica (MO) e de material mineral (MM); densidade do solo ( $D_s$ ); densidade da matéria orgânica ( $D_{mo}$ ); densidade de partículas ( $D_p$ ); volume total de poros (VTP); umidade gravimétrica ( $U_g$ ) e; resíduo mínimo (RM).

O volume total de poros (VTP) foi calculado a partir dos valores de  $D_s$  e  $D_p$ , pela seguinte expressão:  $\text{VTP} = (1 - D_s / D_p) \times 100$ .

O estágio de decomposição do material orgânico foi determinado segundo a escala de von Post (STANEK & SILC, 1977) e pelo método volumétrico (EMBRAPA, 2006). Este método separa o material fíbriico do não fíbriico por peneiramento, onde os teores de FE e FNE são expressos em percentagem em relação ao material total (fibras e solo). As amostras com teores de FE menores que 17% foram identificadas como sápricas, teores entre 17 e 40 % como hêmicas e, teores superiores a 40% como fibricas.

Na secagem das amostras para as determinações de Ds, Dmo, Dp, VTP, Ug e RM utilizou-se estufa a 60 °C para prevenir perdas excessivas de material orgânico por combustão. Para determinar os teores de MO e MM, o mesmo material sofreu a queima da matéria orgânica em forno do tipo mufla a 600 °C durante 6 horas.

Todas as análises citadas neste item foram realizadas em laboratório, imediatamente após a abertura dos testemunhos.

### **5.2.2 Análises de pH e elementos do complexo sortivo**

As análises químicas de rotina foram feitas de acordo com métodos descritos por Embrapa (1999) e incluíram: pH em água; teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , extraídos por KCl  $1\text{ mol L}^{-1}$  e determinados por espectrofotometria de absorção atômica; teores de  $\text{K}^{+}$ , fósforo disponível (P), Zn, Cu, Fe e Mn, extraídos por Mehlich-1, sendo a quantificação de  $\text{K}^{+}$  feita em espectrofotômetro de chama, o teor de P em colorímetro e os teores de Zn, Cu, Fe e Mn em espectrofotômetro de absorção atômica; acidez potencial ( $\text{H}^{+} + \text{Al}^{3+}$ ), extraída com acetato de cálcio  $0,5\text{ mol L}^{-1}$  a pH 7 e determinada por titulação com NaOH  $0,005\text{ mol L}^{-1}$ . A partir destes resultados, foram calculados a Soma de Bases (SB), a Capacidade de Troca de Cátions a pH 7 (T), a Capacidade Efetiva de Troca de Cátions (t), a Saturação por Bases (V) e a Saturação por Alumínio (m).

### 5.2.3 Análises da composição elementar

Para as análises da composição elementar, foram pesadas amostras de 2 a 5 mg em balança analítica Sartorius (precisão de 0,001 mg) e acomodadas em cápsulas de estanho. Os teores de C, H, N e O totais do solo foram determinados por combustão seca, em analisador elementar LECO CHNS/O, modelo TruSpec Micro, onde os gases gerados foram quantificados em detector de infravermelho.

Para os teores de C, H e N as amostras foram incineradas por cinco minutos a 1075 °C em tubo de quartzo. Para os teores de oxigênio, foi usado módulo independente com o tempo de análise de dois minutos e uma temperatura de 1300 °C, em forno de pirólise.

A Cistina (C% = 29,99; H% = 5,03; N% = 11,66 e O% = 26,63) foi usada como referência para a calibração do equipamento de análise. A partir dos resultados obtidos pelas análises elementares, foram calculadas as razões molares atômicas:  $H/C = \{(\%H/1) / (\%C/12)\}$ ;  $C/N = \{(\%C/12) / (\%N/14)\}$ ;  $O/C = \{(\%O/16) / (\%C/12)\}$  e  $O/H = \{(\%O/16) / (\%H/1)\}$ .

### 5.3 Mapeamento e cálculo do volume de água e de carbono armazenados nas turfeiras

Através da integração dos dados obtidos por análises de imagens de satélite e de trabalhos de campo, as superfícies de aplainamento tiveram suas áreas e volumes determinados em cada nível topográfico. O mapeamento das turfeiras dos afluentes do Rio Araçuaí foi realizado por meio da divisão das áreas em transectos em que foram feitas medições das profundidades dos pontos de transectagem com o auxílio de uma baliza de ferro e registradas as coordenadas geográficas referentes a cada ponto.

As profundidades médias das turfeiras, juntamente com os percentuais médios de carbono dos solos e, considerando que cerca de 83,7% do volume total da turfeira encontra-se ocupado por água (CAMPOS, 2009; CAMPOS et al., 2012), permitiram estimar o estoque de carbono e de água armazenados nas turfeiras estudadas.

#### 5.4 Amostragem, preparo e análise das águas

Os pontos amostrais das águas (Figura 3) foram selecionados, tendo em vista a representatividade da área (posições à montante, média e à jusante dos cursos d'água dentro da turfeira de cada afluente), a facilidade de acesso ao local e a presença visual de fluxo de água.

Foram coletados volumes necessários para os diferentes tipos de análises e em duas datas diferentes, que corresponderam ao período das águas (25 de novembro de 2012) e ao período de estiagem (13 de junho de 2013), pois o regime pluviométrico pode influenciar definitivamente na variabilidade da composição das águas. As amostragens foram do tipo simples, ou seja, ocorreram em um único período do dia. As amostras foram acondicionadas em garrafas de polietileno pré-identificadas e transportadas em caixas de isopor com gelo de forma a conservar suas propriedades físico-químicas naturais até chegarem ao Laboratório Integrado de Pesquisa Multiusuário dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – LIPEMVALE/UFVJM para serem processadas.

Os parâmetros físico-químicos analisados para as águas foram: temperatura; pH; oxigênio dissolvido (OD); condutividade elétrica (CE); demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>); demanda química de oxigênio (DQO); carbono (C) e nitrogênio (N) elementar; dureza total; nitrogênio total; fósforo total; ortofosfato total; potássio; ferro total; alumínio; zinco; manganês; cobre; sulfeto; sulfato e; vazão. As metodologias de análises da água seguiram as recomendações dos fabricantes dos aparelhos e dos kits de análises utilizados, por sua vez baseadas no “Standard Methods for Examination of Water and Wastewater” (APHA, 1995).

Os volumes de reagentes e os tempos de reação para as análises de DBO<sub>5</sub>, DQO, dureza total, fósforo total, ortofosfato total, potássio, ferro total, alumínio, zinco, manganês, cobre, sulfeto e sulfato seguiram a recomendação do fabricante dos kits de análise utilizados (ALFAKIT, 2012). Para a DBO<sub>5</sub> as amostras não sofreram diluições por representarem corpos d'água localizados em posições superiores dos cursos do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges.

A temperatura da água, o pH, o OD e a CE foram medidos “*in loco*” com uma sonda multiparâmetro de qualidade da água da marca Horiba, modelo U-51, e na mesma ocasião de coleta das amostras para os outros parâmetros avaliados. Os teores totais de C e N das águas foram determinados utilizando mesmas técnicas e aparelhos empregados para as análises de

solo, porém com as amostras de água. A partir dos resultados obtidos pelas análises elementares foi calculada a razão molar atômica  $C/N = \{(\%C/12) / (\%N/14)\}$ .

### **5.5 Caracterização dos fluxos de saída de água e de carbono das turfeiras**

Os fluxos de saída de água por escoamento (vazões) foram mensurados a partir do produto entre a velocidade do fluxo, quantificada por micro molinete fluviométrico, e área de secção transversal do canal de saída.

Os teores de carbono das águas, obtidos pelo analisador elementar (item 5.4.), juntamente com as vazões dos pontos mais a jusante dos cursos d'água analisados, permitiram inferir sobre a carga anual deste elemento lançada pelas turfeiras nas águas do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges. A associação entre estas informações e o volume de água armazenado nestas turfeiras permitiu estimar a influência destes solos na perenização do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges, assim como caracterizar os fluxos de água e de C e, conseqüentemente, o balanço de C destes ambientes.

### **5.6 Comparação dos resultados e análises estatísticas**

Com relação aos solos, procedeu-se à análise de variância (delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial) para cada local (Rio Preto e Córrego Cachoeira dos Borges) para verificar os efeitos das fitofisionomias (Floresta Estacional Semidecidual – FES e Campo Limpo Úmido – CLU), profundidades de amostragem (oito, de 15 em 15 cm até 120 cm) e das interações entre estes fatores sobre as variáveis avaliadas. Para as variáveis onde não foi possível a obtenção de repetições, as análises de variância seguiram modelo de classificação cruzada, onde os efeitos das fitofisionomias e profundidades de amostragem foram testados com suas respectivas interações. Também foi feita uma análise conjunta para se testar os efeitos dos locais.

Foram realizadas análises de correlações Pearson entre os valores de Ds testados com o MM. Os coeficientes de correlação (r) foram testados através do teste T de Student. Para

estes mesmos atributos dos solos, também foram feitas análises de regressão, onde o coeficiente  $R^2$  foi testado mediante estatística F.

Para as águas, a análise de variância foi realizada em delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial para verificar os efeitos dos locais, épocas de amostragem e das interações entre estes fatores sobre os atributos avaliados.

Todas as análises estatísticas foram testadas considerando um nível de significância de 5%.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Solo**

#### **6.1.1 Descrição dos testemunhos**

Devido aos Organossolos serem pouco estudados nas regiões tropicais, a taxonomia ainda é incipiente nesta ordem (HORÁK, 2009). O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006) não contém definições para os horizontes hísticos, apenas uma escala em que se verifica o grau de decomposição do material orgânico, denominada de Escala de von Post (STANEK & SILK, 1977). Assim, as descrições dos testemunhos de Organossolos amostrados neste trabalho, bem como a distribuição e caracterização de seus horizontes (Tabela 1 a Tabela 8), foram realizadas com o auxílio da carta de cores de Munsell (MUNSELL, 1954), do Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2005) e o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (SANTOS et al., 2005). De acordo com estes manuais, os horizontes hísticos podem ser: Ho - quando os materiais orgânicos são mal ou não decompostos; Hd - quando os materiais orgânicos são acentuadamente decompostos e; Hod ou Hdo - quando se encontram em estágio intermediário de decomposição.

**Tabela 1.** Descrição do Testemunho 1 do solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Campo Limpo Úmido.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23k 0677 667 S, 7 983 072 W	1 595	3,44	0-15	Hod	5Y 2,5/1	-Serrapilheira de 0 - 7 cm e presença de raízes médias e material vegetal visível
			15-30	Hd	5Y 2,5/1	-Presença de raízes médias
			30-45	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias
			45-60	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias
			60-75	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			75-90	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias
			90-105	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias
			105-118	Hdo	GLEY 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico associado a presença de material mineral e presença de raízes médias
			118-155	Bolsão d'água	NA	-Camada de água e material pastoso e presença de deposição mineral entre 152 - 155 cm.
			155-170	Hd	GLEY 1 5/N	-Presença de raízes médias
			170-185	Hd	GLEY 1 5/N	-Material predominantemente siltoso associado a presença de material orgânico
			185-200	Hd	GLEY 1 5/N	-Material predominantemente siltoso associado a presença de material orgânico
			200-215	Hd	GLEY 1 5/N	-Material predominantemente orgânico
			215-230	Hd	GLEY 1 5/N	-Material predominantemente orgânico associado a pouco material mineral
230-243	Hd	GLEY 1 5/N	-Material predominantemente orgânico associado a pouco material mineral			

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos e Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

**Tabela 2.** Descrição do Testemunho 2 do solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Campo Limpo Úmido.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23k 0677 667 S, 7 983 072 W	1 595	3,49	0-15	Hod	GLE Y 1 2,5/N	-Serrapilheira de 0 - 9 cm
			15-30	Hod	GLE Y 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			30-45	Hdo	GLE Y 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			45-60	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			60-75	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			75-90	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			90-105	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			105-120	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Muitas raízes médias
			120-125	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico com material mineral associado
			125-170	Bolsão d'água	NA	-Camada de água e material orgânico pastoso
			170-185	Hd	GLE Y 1 3/10Y	-Material predominantemente mineral com material orgânico associado
			185-200	Hd	GLE Y 1 3/10Y	-Material mineral e orgânico, sem predominância entre eles
200-215	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Material mineral e orgânico, sem predominância entre eles			
215-220	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico			

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos e Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

**Tabela 3.** Descrição do Testemunho 3 do solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Floresta Estacional Semidecidual.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23k 0677 760 S, 7982 967 W	1 600	2,52	0-15	Hod	5Y 2,5/1	-Serrapilheira de 0 - 8 cm
			15-30	Hd	5Y 2,5/1	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			30-45	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			45-60	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			60-75	Hdo	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			75-90	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			90-105	Hdo	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			105-120	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			120-135	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			135-150	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de muitas raízes grossas
			150-165	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de muitas raízes grossas
			165-180	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de muitas raízes grossas
			180-195	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material pastoso
			195-210	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			210-225	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			225-240	C	5Y 2,5/1	-Predominância areia e de material siltoso
240-249	C	5Y 7/2	-Predominância areia e de material siltoso			

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos, Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição e C - camada mineral de material inconsolidado (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

**Tabela 4.** Descrição do Testemunho 4 do solo de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto sob Floresta Estacional Semidecidual.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23k 0677 760 S, 7982 967 W	1 600	2,52	0-15	Hod	2,5Y 2,5/1	-Serrapilheira de 0 - 7 cm
			15-30	Hod	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			30-45	Hdo	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			45-60	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Muitas raízes grossas entre 50 - 60 cm
			60-75	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			75-90	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			90-105	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			105-120	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			120-135	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			135-150	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material pastoso
			150-165	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			165-180	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			180-195	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			195-210	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material pastoso
			210-225	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			225-240	Hd	GLEY 1 3/N	-Camada de 6 cm de material mineral
240-246	C	10YR 9/2	-Camada predominantemente mineral			

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos, Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição e C - camada mineral de material inconsolidado (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

**Tabela 5.** Descrição do Testemunho 5 do solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Floresta Estacional Semidecidual.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23K 0678 681 S, 7982 963 W	1 598	2,31	0-15	Hod	5Y 2,5/1	-Presença de serrapilheira de 0-7 cm e raízes médias pouco abundantes
			15-30	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			30-45	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			45-60	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			60-75	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			75-90	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			90-105	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			105-120	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			120-135	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes médias pouco abundantes
			135-150	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico com material mineral associado entre 135 - 140 cm
			150-165	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico
			165-180	Hd	2,5Y 5/3	-Camada de areia com deposição de silte entre 165 - 173 cm
			180-195	C	2,5Y 6/4	-Camada de areia com deposição de silte entre 165 - 173 cm 180 - 183 cm
195-210	C	2,5Y 6/4	-Camada de areia			
210-215	C	2,5Y 6/4	-Camada de areia			

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos, Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição e C - camada mineral de material inconsolidado (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

**Tabela 6.** Descrição do Testemunho 6 do solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Floresta Estacional Semidecidual.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23K 0678 681 S, 7982 963 W	1 598	2,31	0-15	Ho	GLE Y 1 2,5/N	-Serrapilheira de 0 - 5 cm
			15-30	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			30-45	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			45-60	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			60-75	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			75-90	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			90-105	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			105-120	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			120-135	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			135-150	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico com material mineral associado entre 135 - 144 cm
150-165	Hd	GLE Y 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico com material siltoso associado entre 158 - 165 cm -Camada predominantemente mineral com presença da plintita entre 173 -180 cm e de material siltoso entre 165 - 173 cm			
165-180	C	GLE Y 1 2,5/N				
180-195	C	GLE Y 1 2,5/N	-Camada predominantemente mineral			

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos, Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição e C - camada mineral de material inconsolidado (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

**Tabela 7.** Descrição do Testemunho 7 do solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Campo Limpo Úmido.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23k 0678 789 S, 7982 408 W	1587	3,20	0-15	Hod	GLEY 1 2,5/N	-Presença de serrapilheira entre 0 - 15 cm e de muitas raízes finas e médias
			15-30	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de muitas raízes finas e médias
			30-45	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de muitas raízes finas e médias
			45-60	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de muitas raízes finas e médias
			60-75	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Muitas raízes médias facilmente identificáveis entre 60 - 75 cm
			75-90	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico com baixa proporção de material mineral associado
			90-105	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico com baixa proporção de material mineral associado
105-117	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Material predominantemente orgânico			

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos e Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

**Tabela 8.** Descrição do Testemunho 8 do solo de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges sob Campo Limpo Úmido.

Local	Alt m	Prof m	Esp cm	Classif.	Cor	Observações
23k 0678 789 S, 7982 408 W	1 587	3,20	0-15	Hod	GLEY 1 2,5/N	-Serrapilheira de 0 - 8 cm
			15-30	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			30-45	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Camada densa de raízes finas entre 40 - 45 cm
			45-60	Hdo	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			60-75	Hod	GLEY 1 2,5/N	-Camada muito densa formada por raízes finas e médias entre 66 - 75 cm
			75-90	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			90-105	Hod	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			105-120	Hod	GLEY 1 2,5/N	-Camada muito densa formada por raízes finas e médias entre 109 - 120 cm
			120-135	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material pastoso
			135-150	Hd	GLEY 1 2,5/N	-Presença de raízes e material orgânico pastoso
			150-166	Ho	GLEY 1 4/N	-Muitas raízes médias e restos vegetais visíveis entre 150 - 155 cm e material predominantemente mineral entre 155 - 166 cm

Local: coordenadas UTM do local de coleta; Alt: altitude; Prof: profundidade do testemunho; Esp: espessura da camada de solo; Classif.: classificação dos materiais orgânicos do solo em Ho - materiais mal ou não decompostos, Hd - materiais acentuadamente decompostos e Hod ou Hdo - materiais em estágio intermediário de decomposição (IBGE, 2005; SANTOS et al., 2005); Cor: cor do solo (MUNSELL, 1954).

Os testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e sob Floresta Estacional Semidecidual (FES) representantes da turfeira da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges apresentaram, respectivamente, profundidades de 320 cm e de 231 cm (Tabela 5 a Tabela 8). A cor predominante foi GLEY 1 2,5/N e as raízes predominaram nas camadas mais superficiais, apesar de que, no Testemunho 8 (Tabela 8), observou-se grande quantidade de raízes em uma camada mais profunda (150 a 160 cm).

Nos testemunhos da turfeira do Rio Preto sob CLU foi observado a presença de bolsão d'água nas camadas entre 118 e 155 cm para o Testemunho 1 e entre 125 e 170 cm para o Testemunho 2. Horák et al. (2011) também encontrou bolsão d'água em um testemunho de uma turfeira na Serra do Espinhaço Meridional na camada entre 60 a 137 cm. Estes autores hipotetizaram que o bolsão pode ser uma camada colapsada conforme modelo estrutural de

turfeiras proposto por Clymo (1992). Boatman & Tomlinson (1973), Barber (1981) e Foster & Fritz (1987) descreveram que a formação de bolsões d'água em turfeiras encontram-se relacionadas às mudanças de uma condição mais seca para uma mais úmida e à redução da taxa de acumulação de turfa em consequência da mudança da vegetação.

Foi encontrada prevalência de camadas orgânicas para todos os testemunhos estudados, sendo detectadas também, deposições de materiais minerais nas camadas de: 105 - 118 cm, 170 - 200 cm e 215 - 243 cm para o Testemunho 1; 120 - 125 cm e 170 - 215 cm para o Testemunho 2; 225 - 249 cm para o Testemunho 3; de 225 - 246 cm para o Testemunho 4; 135 - 150 cm e 165 - 215 cm para o Testemunho 5; 135 - 195 cm para o Testemunho 6; 75 - 117 cm para o Testemunho 7 e; 150 - 166 cm para o Testemunho 8 (Tabela 1 a Tabela 8).

As deposições de areia, observadas em algumas camadas, devem ser tomadas com cautela quanto à sua gênese, devendo-se contextualizar a posição da turfeira na paisagem. Também, essas deposições podem estar relacionadas ao desprendimento de material arenoso dos meandros pelas mudanças dos cursos da água em climas secos (HORÁK et. al., 2011).

## **6.1.2 Caracterização física e morfológica da matéria orgânica dos solos**

### **6.1.2.1 Estágios de decomposição da matéria orgânica dos solos**

A coloração analisada pela solubilidade em pirofosfato de sódio encontra-se associada ao estágio de decomposição da matéria orgânica (PEREIRA et al., 2005). Por meio desta análise, foram obtidas colorações predominantemente PRETA (10YR 2/1), refletida pelos valores e cromas muito baixos encontrados para a maioria das camadas (Tabela 9).

Quanto mais escura a cor, mais acentuada é a decomposição da matéria orgânica (VALLADARES, 2003), podendo ser classificada, segundo a escala de von Post (EMBRAPA, 2006), como fíbrica, hêmica e sáprica. Para ambas as turfeiras estudadas, a presença de cores mais claras em horizontes mais superficiais, devido, principalmente, ao estágio inicial de decomposição da matéria orgânica, e mais escuras em profundidades maiores, para a maioria das amostras (Tabela 9), corrobora Campos et al. (2010) e Horák et al. (2011), em trabalhos realizados em turfeiras da SdEM e confirmam a estreita relação entre o grau de decomposição do material orgânico e a cor do solo.

**Tabela 9.** Médias dos atributos físicos, químicos e morfológicos do solo de turfeiras sob duas fitofisionomias de cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

Test	Esp cm	Cor	Von Post	Classificação do Material	FNE	FE	Ug	VTP	Ds	Dmo	Dp	MO	MM	RM	
					-----%-----			----g cm <sup>-3</sup> ----			----dag kg <sup>-1</sup> ----			m m <sup>-1</sup>	
1	0-15	10YR 6/3	H5	hêmico	40	21	776	92	0,12	0,09	1,40	77	23	0,02	
	15-30	10YR 5/3	H10	sáprico	28	15	1.058	94	0,09	0,07	1,41	77	23	0,01	
	30-45	10YR 4/3	H10	sáprico	25	14	1.347	95	0,07	0,05	1,39	78	22	0,01	
	45-60	10YR 3/2	H10	sáprico	17	3	681	92	0,13	0,08	1,49	61	39	0,04	
	60-75	10YR 2/1	H8	sáprico	35	19	328	88	0,28	0,12	1,60	46	54	0,11	
	75-90	10YR 2/1	H8	sáprico	38	19	279	84	0,30	0,12	1,92	41	59	0,12	
	90-105	10YR 2/1	H8	sáprico	37	14	277	83	0,30	0,12	2,10	42	58	0,12	
	105-120	10YR 2/1	H7	hêmico	36	22	220	75	0,43	0,11	2,32	32	68	0,21	
	120-170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	170-185	10YR 3/2	H10	sáprico	22	5	62	65	1,01	0,08	2,66	8	92	0,62	
	185-200	10YR 2/1	H10	sáprico	27	10	99	79	0,84	0,08	2,41	12	88	0,50	
	200-215	10YR 3/2	H10	sáprico	21	6	79	72	0,92	0,08	2,45	9	91	0,56	
	215-230	10YR 2/2	H9	sáprico	20	8	53	63	1,09	0,06	2,58	6	94	0,68	
230-245	10YR 2/1	H10	sáprico	20	1	60	63	0,94	0,07	2,52	7	93	0,58		
2	0-15	10 YR 5/4	H5	hêmico	52	31	579	89	0,15	0,13	1,29	85	15	0,01	
	15-30	10 YR 4/3	H8	sáprico	43	15	614	93	0,14	0,10	2,17	74	26	0,03	
	30-45	10 YR 3/3	H8	sáprico	23	6	571	93	0,15	0,10	1,57	68	32	0,03	
	45-60	10 YR 3/4	H9	sáprico	30	10	649	91	0,13	0,10	1,43	73	27	0,02	
	60-75	10 YR 3/3	H7	hêmico	18	9	539	90	0,16	0,11	1,46	70	30	0,03	
	75-90	10 YR 3/3	H8	sáprico	25	11	460	89	0,18	0,12	1,59	66	34	0,04	
	90-105	10 YR 4/4	H7	hêmico	27	10	572	89	0,15	0,11	1,51	73	27	0,03	

Tabela 9. Continuação...

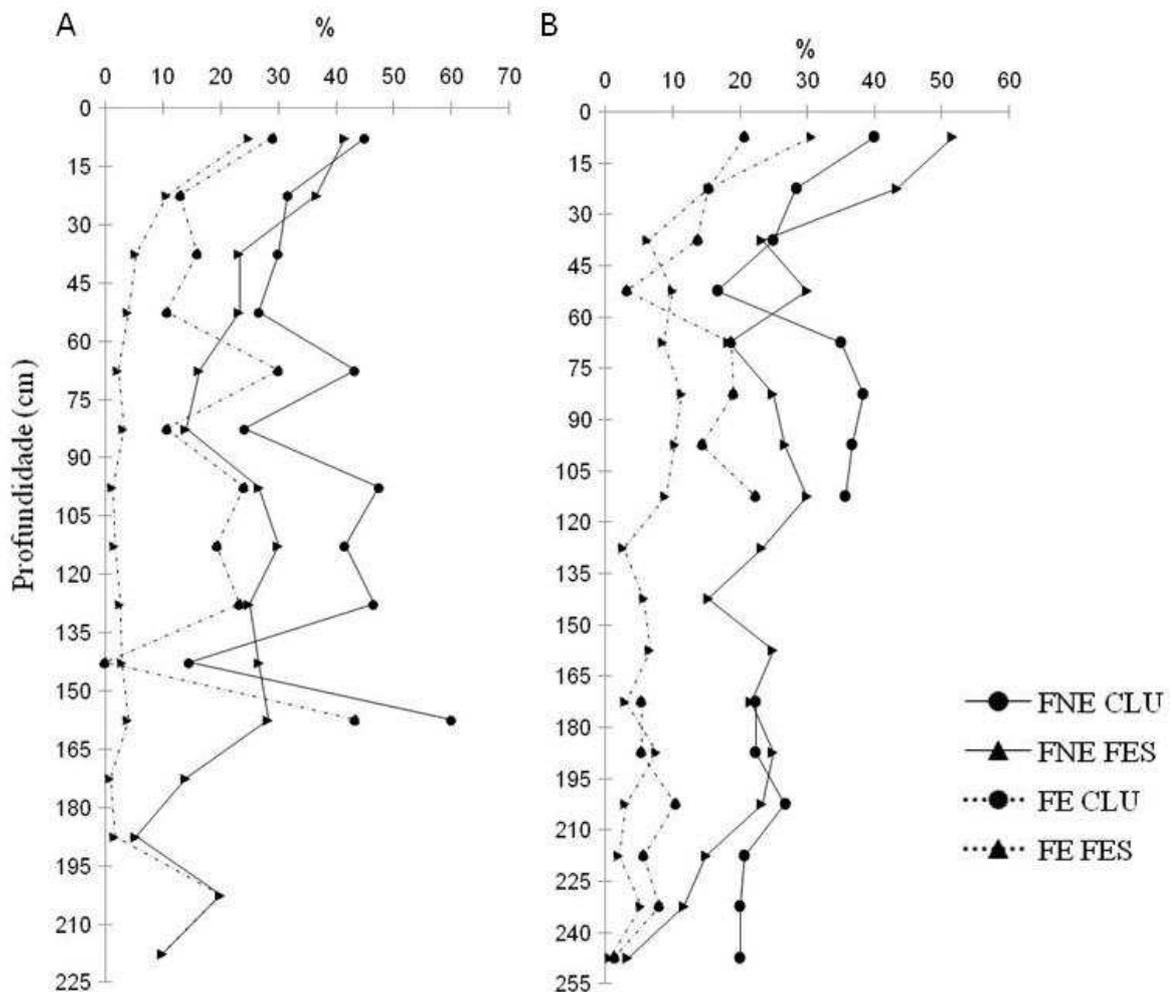
Test	Esp cm	Cor	Von Post	Classificação do Material	FNE	FE	Ug	VTP	Ds	Dmo	Dp	MO	MM	RM
					-----%-----			----g cm <sup>-3</sup> ----			----dag kg <sup>-1</sup> ----		m m <sup>-1</sup>	
2	105-120	10 YR 3/3	H8	sáprico	30	9	578	91	0,15	0,10	1,46	70	30	0,03
	120-135	10 YR 3/4	H9	sáprico	23	3	438	88	0,19	0,11	1,80	56	44	0,06
	135-150	10 YR 3/3	H10	sáprico	15	6	385	88	0,21	0,10	1,92	50	50	0,07
	150-165	10 YR 3/3	H10	sáprico	25	7	366	88	0,23	0,09	1,94	42	58	0,09
	165-180	10 YR 3/3	H10	sáprico	22	3	344	87	0,25	0,11	2,35	46	54	0,10
	180-195	10 YR 3/3	H10	sáprico	25	8	384	86	0,22	0,13	1,79	58	42	0,06
	195-210	10 YR 2/2	H10	sáprico	23	3	372	90	0,25	0,14	1,78	57	43	0,08
	210-225	10 YR 2/2	H10	sáprico	15	2	148	70	0,56	0,13	2,50	27	73	0,29
	225-240	10 YR 2/2	AREIA	não se aplica	12	5	52	47	1,17	0,09	2,92	10	90	0,72
240-255	10 YR 7/2	AREIA	não se aplica	3	1	36	49	1,34	0,08	2,59	6	94	0,84	
3	0-15	10 YR 6/3	H5	hêmico	45	29	883	94	0,10	0,07	1,64	71	29	0,02
	15-30	10 YR 4/3	H9	sáprico	32	13	829	93	0,11	0,07	1,76	65	35	0,03
	30-45	10 YR 4/4	H9	sáprico	30	16	678	93	0,12	0,07	1,73	59	41	0,03
	45-60	10 YR 3/4	H8	sáprico	27	11	548	91	0,16	0,08	1,59	54	46	0,05
	60-75	10 YR 4/3	H5	hêmico	43	30	327	87	0,26	0,09	2,26	35	65	0,11
	75-90	10 YR 4/3	H9	sáprico	24	11	378	89	0,26	0,10	1,58	48	52	0,10
	90-105	10 YR 6/3	H5	hêmico	48	24	514	91	0,18	0,10	1,43	60	40	0,06
	105-120	10 YR 6/3	H6	hêmico	42	19	712	91	0,13	0,12	1,43	90	10	0,01
	120-135	10 YR 5/3	H9	sáprico	47	23	366	88	0,19	0,16	1,55	84	16	0,02
135-150	10 YR 2/1	H10	sáprico	15	0	148	77	0,49	0,27	2,12	55	45	0,14	
150-165	10 YR 2/1	H2	fíbrico	60	43	54	60	1,03	0,25	2,58	24	76	0,52	

Tabela 9. Continuação...

Test	Esp cm	Cor	Von Post	Classificação do Material	FNE	FE	Ug	VTP	Ds	Dmo	Dp	MO	MM	RM
					-----%-----			----g cm <sup>-3</sup> ----			----dag kg <sup>-1</sup> ----		m m <sup>-1</sup>	
4	0-15	10 YR 3/4	H2	fíbrico	42	25	148	77	0,49	0,20	1,93	41	59	0,19
	15-30	10 YR 2/1	H9	sáprico	37	11	198	79	0,38	0,23	1,79	61	39	0,10
	30-45	10 YR 2/1	H10	sáprico	23	5	205	80	0,36	0,21	1,78	59	41	0,10
	45-60	10 YR 2/1	H10	sáprico	23	4	206	80	0,35	0,19	1,77	56	44	0,10
	60-75	10 YR 2/1	H9	sáprico	16	2	192	80	0,40	0,19	2,03	47	53	0,14
	75-90	10 YR 2/1	H10	sáprico	14	3	160	78	0,46	0,15	2,20	32	68	0,21
	90-105	10 YR 2/1	H10	sáprico	27	1	157	81	0,44	0,15	2,28	33	67	0,20
	105-120	10 YR 2/1	H10	sáprico	30	2	131	77	0,53	0,15	2,30	28	72	0,26
	120-135	10 YR 2/1	H10	sáprico	25	3	124	75	0,59	0,14	2,38	25	75	0,30
	135-150	10 YR 2/1	H10	sáprico	27	3	88	65	0,75	0,13	2,31	19	81	0,41
	150-165	10 YR 2/1	H10	sáprico	28	4	128	77	0,55	0,15	2,34	28	72	0,26
	165-180	10 YR 2/1	AREIA	não se aplica	14	1	66	65	0,96	0,10	2,71	10	90	0,57
	180-195	10 YR 7/4	AREIA	não se aplica	5	2	24	44	1,50	0,03	2,69	2	98	0,98
	195-210	10 YR 7/3	AREIA	não se aplica	20	20	24	43	1,59	0,03	2,81	2	98	1,04
210-225	10 YR 7/4	AREIA	não se aplica	10	10	27	46	1,50	0,02	2,76	2	98	0,98	

Test: testemunho de solo sob 1: Campo limpo Úmido e 2: Floresta Estacional Semidecidual da cabeceira do Rio Preto e sob 3: Campo limpo Úmido e 4: Floresta Estacional Semidecidual da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges; Esp: espessura da camada de solo; Cor: cor pelo pirofosfato de sódio; Von Post: estágio de decomposição do material orgânico do solo; Classificação do Material: classificação do material orgânico do solo quanto ao estágio de decomposição; FNE: fibras não esfregadas; FE: fibras esfregadas; Ug: umidade gravimétrica; VTP: volume total de poros; Ds: densidade do solo; Dmo: densidade da matéria orgânica; Dp: densidade de partículas; MO: teor de matéria orgânica; MM: teor de material mineral; RM: resíduo mínimo.

Os teores de fibras esfregadas (FE) e de fibras não esfregadas (FNE) não variaram significativamente entre as turfeiras (Anexo C), porém os teores de FNE foram superiores aos teores de FE em todas as profundidades e em todos os testemunhos (Anexo A, Figura 7A e Figura 7B). Isto ocorreu devido ao método de análise. Quando se determina a FNE, fibras frescas e grãos de areia, geralmente, ficam retidos nos grumos (matéria orgânica pouco decomposta), não saindo da peneira sem que o solo seja esfregado entre os dedos sob o jato de água intermitente (HORÁK, 2009).



**Figura 7.** Teores médios de fibras não esfregadas (FNE) e de fibras esfregadas (FE) em profundidade de testemunhos de turfeiras das cabeceiras do A: Córrego Cachoeira dos Borges e B: Rio Preto, coletados sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES).

Não houve diferenças estatisticamente significativas entre as profundidades dos testemunhos da turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges para FE e FNE (Anexo A). Porém, os testemunhos sob CLU apresentaram os maiores teores de fibras, não esfregadas e esfregadas, quando comparado aos testemunhos sob FES (Anexos A, Tabela 9 e Figura 7A). Isto talvez tenha ocorrido porque a maioria das plantas colonizadoras do CLU apresenta raízes fasciculadas. Contrariamente aos resultados desta pesquisa, Silva (2011) e Silva et al. (2013),

observaram, em trabalhos realizados em turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional, maiores teores de FE e FNE nos Organossolos sob FES em relação aos Organossolos colonizados por CLU.

As camadas da turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges sob FES, principalmente as mais superficiais, apresentavam algum tipo de perturbação por tráfego intenso de animais, que possuem trânsito facilitado pela vegetação menos densa, em busca de água e/ou drenagem artificial. Isto pode ter favorecido o incremento de material mais nitrogenado (advindos das fezes e urina dos animais), a aeração das camadas superficiais e a redução dos teores de fibras.

Não foram observadas diferenças significativas entre as fitofisionomias para as médias de FE e FNE da turfeira do Rio Preto (Anexo A), mas nota-se uma diminuição destes atributos em profundidade sob a FES (Tabela 9 e Figura 7B). A diminuição nos teores de fibras em profundidade também foram encontradas por Valladares et al. (2003), Pontevedra-Pombal e Martinez Cortizas (2004), Valladares et al. (2008) e Campos et al. (2010) e, este comportamento foi atribuído ao estágio decomposição da matéria orgânica, mais avançado em profundidade.

Com relação ao testemunho sob CLU da turfeira do Rio Preto, observa-se a mudança brusca dos teores FE e FNE entre as camadas ligeiramente acima (camada de 105 - 120 cm) e abaixo (camada de 170 - 185 cm) do bolsão d'água (Figura 7B), evidenciando uma não continuidade da fonte de matéria orgânica e, corroborando resultados obtidos por Horák (2009). Este fato encontra-se, possivelmente, relacionado com as mudanças climáticas pretéritas (HORÁK et al., 2011), mas, ainda, devem-se buscar respostas para esta explicação, através da integração destes resultados a outras análises específicas, como análises isotópicas, análises polínicas e datações radiocarbônicas.

A predominância de baixos teores de FE indicou estágio avançado de decomposição para a maioria das camadas estudadas (Tabela 9). Ebeling (2010), em estudos de características estruturais da matéria orgânica de Organossolos de diversas regiões do Brasil, observou predomínio de materiais com baixos teores de FE. Ele atribuiu estes resultados a fatores como o clima, o uso da terra e o tipo de vegetação que deu origem aos materiais orgânicos.

Todos os testemunhos estudados tiveram similar distribuição em relação ao estágio de decomposição da matéria orgânica, segundo von Post (EMBRAPA, 2006), com predominância de material em estágio avançado de decomposição, nas camadas mais profundas (Tabela 9).

O avanço do estágio de decomposição da MOS em profundidade, de acordo com Horák et al. (2011), segue o Princípio de Superposição de Camadas, em que o material basal, mais antigo, e exposto a decomposição por mais tempo, encontra-se mais decomposto. Porém, a alternância maior dos estágios hêmico e sáprico entre as camadas dos testemunhos sob CLU da turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges, em relação aos outros testemunhos (Tabela 9), ocorreu possivelmente pelo material orgânico depositado originar-se de uma composição mais lenhosa como, por exemplo, campo sujo ou cerradão (HORÁK et al., 2011). Este fato pode ser evidenciado pelos teores de FE, presença de fragmentos de vegetação mais lenhosa e, ou devido à existência de uma linha de areia nestas camadas, que fica retida na peneira e acaba provocando uma superestimação do teor de fibras (Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9). Tanto a possível existência de uma vegetação mais lenhosa como a camada de areia poderiam indicar interrupção na acumulação de matéria orgânica e mudanças climáticas pretéritas (TURCQ et al., 2002; HORÁK et al., 2011).

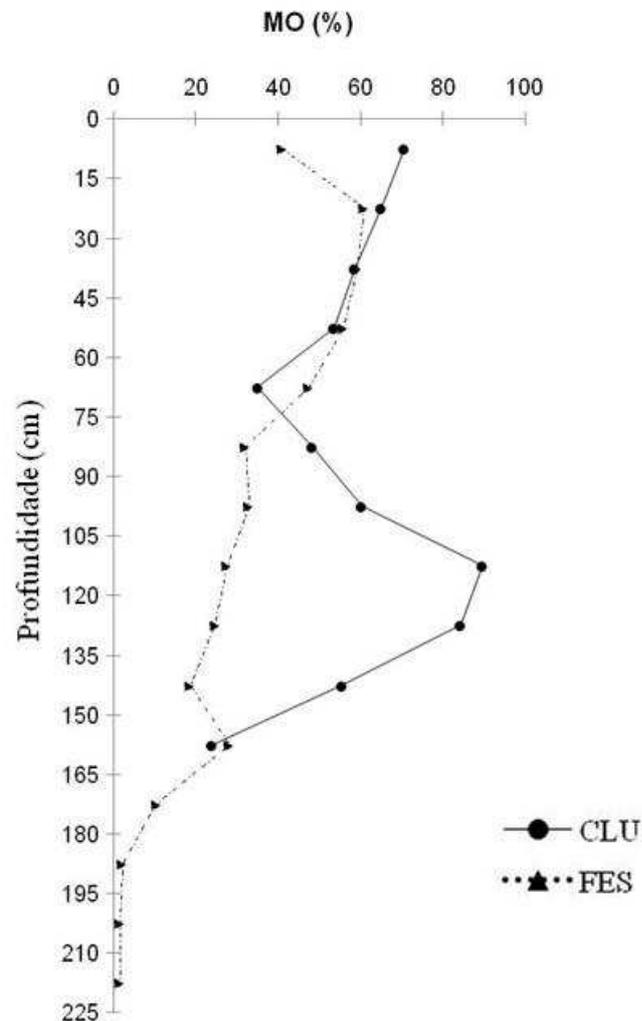
#### **6.1.2.2 Teores de matéria orgânica (MO) e material mineral (MM)**

Os teores de MO e MM seguem comportamento inverso entre si (Tabela 9), pois o método utilizado para a determinação do teor de um (método da combustão em mufla - EMBRAPA, 2006) leva em consideração o teor do outro. Os teores de MO foram maiores e os de MM foram menores nos testemunhos da turfeira do Rio Preto em relação aos do Córrego Cachoeira dos Borges (Anexo A e Tabela 9).

Para o Córrego Cachoeira dos Borges, os testemunhos de solo sob o CLU apresentaram maiores teores médios de MO em relação aos testemunhos sob a FES (Anexo A e Tabela 9). A produção de biomassa de raízes das espécies que colonizam o CLU influencia o acúmulo de carbono na turfeira e esta influência pode ser comparativamente maior. Também, a maior frequência de MOS sáprica na FES, é considerada como um indicativo de maior degradação dos resíduos orgânicos, o que ocasiona uma menor concentração de MO (SILVA, 2011).

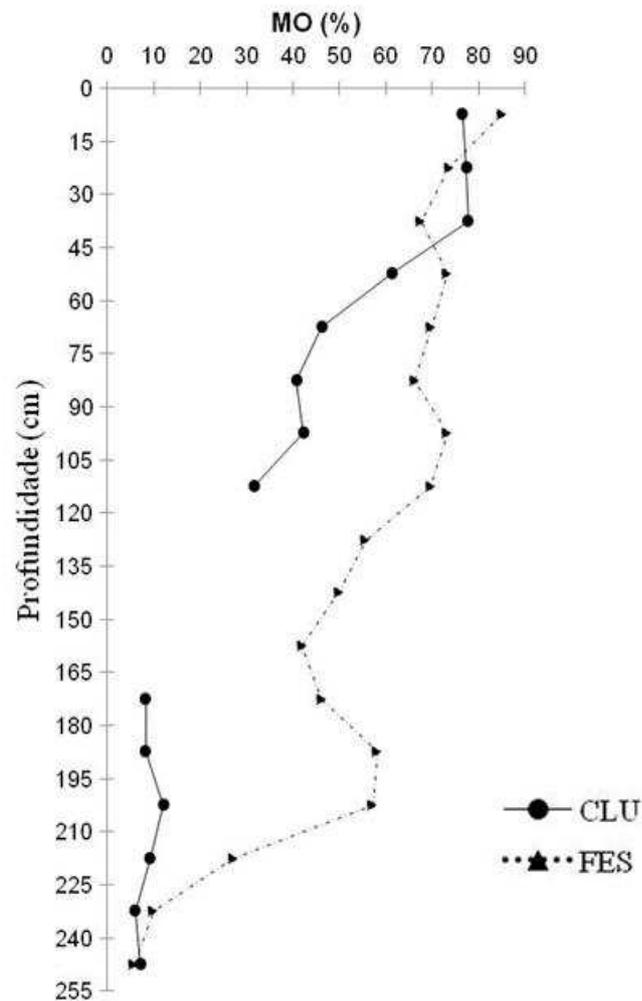
Apesar de não ser observado diferenças em profundidade (Anexo A), houve uma tendência de diminuição do teor de MO em profundidade para a FES (Figura 8) do Córrego Cachoeira dos Borges. Porém, observa-se um pico de MO na camada de 105 a 120 cm no CLU, o que pode ser explicado pela predominância de material orgânico encontrado no

Testemunho 7 e, pela presença de material muito denso, composto por raízes finas e médias, em camada similar do Testemunho 8 (Tabela 7 e Tabela 8).



**Figura 8.** Teores médios de matéria orgânica (MO) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

Na turfeira do Rio Preto foram observadas maiores médias dos teores de MO nos testemunhos sob FES (composta predominantemente por espécies arbóreas) em relação às médias dos teores de MO do CLU (Anexo A e Tabela 9). O teor de lignina das espécies arbóreas é mais elevado, comparativamente às espécies herbáceas (MOREIRA et al., 2006). Isto ocasiona uma maior resistência a decomposição da matéria orgânica do solo (POTES et al., 2010), e consequencialmente o seu acúmulo. Observa-se ainda, um efeito da fitofisionomia na diminuição de MO em profundidade (Anexo A e Figura 9).



**Figura 9.** Teores médios de matéria orgânica (MO) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.

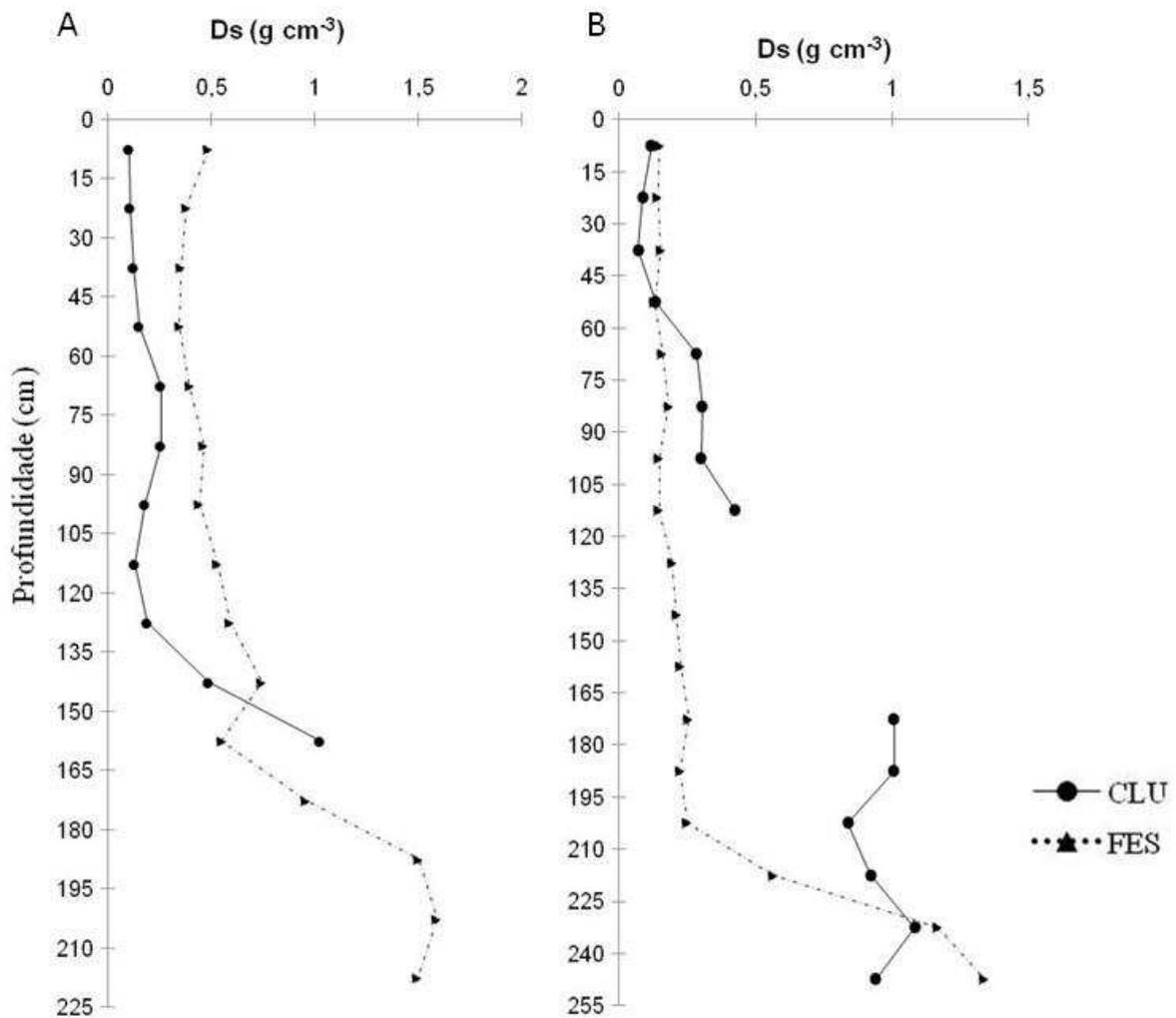
### 6.1.2.3 Densidade do solo (Ds)

Nos testemunhos do Rio Preto, as médias de Ds variaram de 0,07 a 1,09 g cm<sup>-3</sup> para o CLU e de 0,13 a 1,34 g cm<sup>-3</sup> para a FES enquanto que, nos testemunhos do Córrego Cachoeira dos Borges, as variações médias foram de 0,10 a 1,03 g cm<sup>-3</sup> para o CLU e de 0,35 a 1,59 g cm<sup>-3</sup> para a FES (Tabela 9). Estes valores corroboram os valores de Ds encontrados por Kämpf & Schneider (1989), Conceição et al. (1999), Valadares (2003), Valladares et al. (2008), Campos et al. (2010), Horák et al. (2011) e Silva (2011), em estudos de caracterização de Organossolos em diversas regiões do Brasil. Segundo Incora (1974), na Colômbia, são mais comuns os valores inferiores a 0,5 mg m<sup>-3</sup>. Isto pode ser explicado pelo efeito da altitude

na qualidade da matéria orgânica (espécies vegetais que colonizam a turfeira), da natureza dos componentes da fração mineral e do clima.

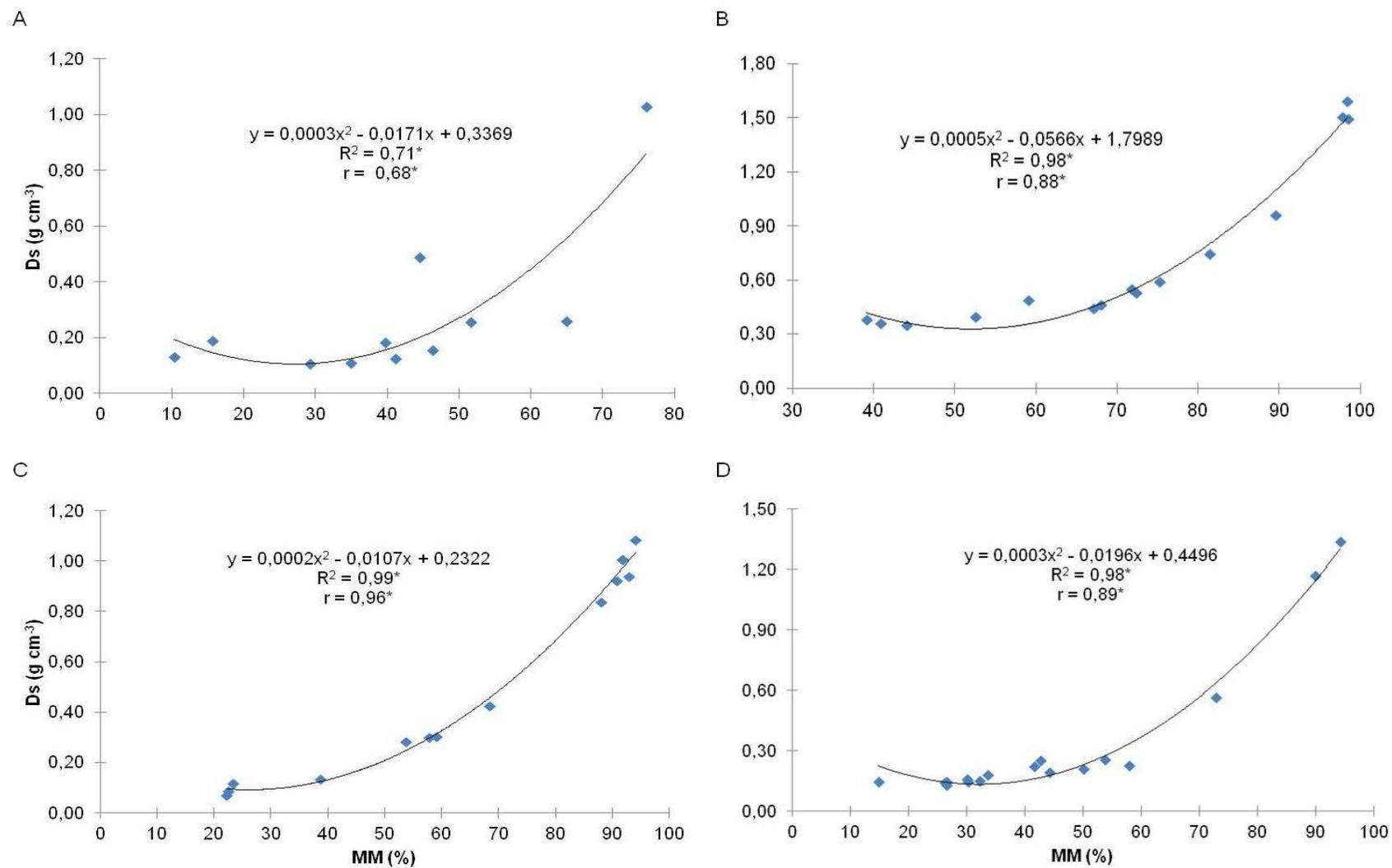
A Ds variou entre as turfeiras e foi mais elevada para a do Córrego Cachoeira dos Borges (Anexo A). Através do Anexo A, pode ser observado um efeito significativo das fitofisionomias nas diferenças de médias da Ds em profundidade para os testemunhos em todas as turfeiras. A Ds aumentou em profundidade, principalmente, para os testemunhos sob CLU nas duas turfeiras (Figura 10 e Figura 10B).

A matéria orgânica confere, ao solo, um volume maior em relação a um mesmo peso, se comparado aos componentes minerais do solo (SOARES, 2011). Dessa forma, as amostras que possuem maiores teores de matéria orgânica (amostras de camadas mais superficiais) possuem também, menores Ds (Tabela 9). Valladares et al. (2008) encontraram, analisando Organossolos da Bahia, correlação negativa entre a Ds e a MO, o que pode ser explicado pela baixa densidade da matéria orgânica em relação à fração mineral do solo. O aumento da Ds em profundidade pode estar relacionado ainda, ao efeito da consolidação da matéria orgânica sobre seu próprio peso, devido à pressão exercida pelo peso hidráulico dos níveis superiores (ARMENTANO & MENGES, 1986; CLYMO, 1992), alterando, também, outros parâmetros como a condutividade hidráulica, densidade, volume de poros e conteúdo de umidade (AMBAK & MELLING, 2000).



**Figura 10.** Médias de densidade do solo ( $D_s$ ) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e B: Rio Preto.

O MM e a  $D_s$  correlacionaram significativamente para todas as turfeiras e fitofisionomias e o coeficiente de correlação mais elevado foi observado para o CLU do Rio Preto (Figura 11). A  $D_s$  também variou com a proporção de MM e pode ser explicada pelo modelo de regressão polinomial quadrático, em que o aumento da  $D_s$  encontrou-se associado com maior proporção de MM nas camadas mais profundas (Figura 11). Mendonça (1999) discute que o material mineral é mais pesado que a matéria orgânica, podendo influenciar no aumento da densidade nas camadas mais profundas.



**Figura 11.** Densidade do solo ( $D_s$ ) em função do teor de material mineral (MM) de testemunhos de solo de turfeiras do Córrego Cachoeira dos Borges sob A: Campo Limpo Úmido (CLU) e sob B: Floresta Estacional Semidecidual (FES) e do Rio Preto sob C: Campo Limpo Úmido (CLU) e sob D: Floresta Estacional Semidecidual (FES); \*significância a 5% de probabilidade.

Com relação ao testemunho sob CLU da turfeira do Rio Preto, a mudança brusca da Ds entre as camadas ligeiramente acima (camada de 105 - 120 cm) e abaixo (camada de 170 - 185 cm) do bolsão d'água (Figura 10B) reforça as evidências de mudanças climáticas pretéritas neste local, devido à deposição de linhas de material mineral. Horák et al. (2011) em estudos de uma turfeira na Serra do Espinhaço Meridional detectou a existência de uma relação entre Ds e a maior contribuição das fontes de material mineral. Estes autores verificaram que maiores valores de Ds encontram-se relacionados às condições de impedimento ao acúmulo de matéria orgânica, possivelmente advindos de climas mais secos ou mudanças de fluxos hídricos.

Como exposto por Valladares (2003), a Ds é facilmente alterada pela subsidência causada por fatores como contração pela secagem, compactação física, combustão natural ou induzida oxidação e mineralização da matéria orgânica. Segundo o autor a Ds é um atributo muito importante que pode indicar modificações antrópicas.

Em geral, os Organossolos apresentam valores de Ds maiores quando drenados e cultivados, como observado por Couto (1984), que encontrou Ds de  $0,44 \text{ mg m}^{-3}$ . Estes aspectos despertam para a importância da manutenção das condições naturais dos ambientes para a conservação de suas propriedades físicas.

#### **6.1.2.4 Densidade da matéria orgânica (Dmo)**

Os valores de Dmo, em todos os testemunhos, variaram de  $0,02$  a  $0,27 \text{ g cm}^{-3}$  (Tabela 10), com média de  $0,12 \text{ g cm}^{-3}$  (Anexo C). Valladares (2003) encontrou, em Organossolos não tiomórficos no Brasil, valores de Dmo que variaram de  $0,04$  a  $0,30 \text{ g cm}^{-3}$ , com média de  $0,15 \text{ g cm}^{-3}$ . Valores nessa faixa, também foram encontrados por Conceição et al. (1989), Horák et al. (2011) e Campos et al. (2010).

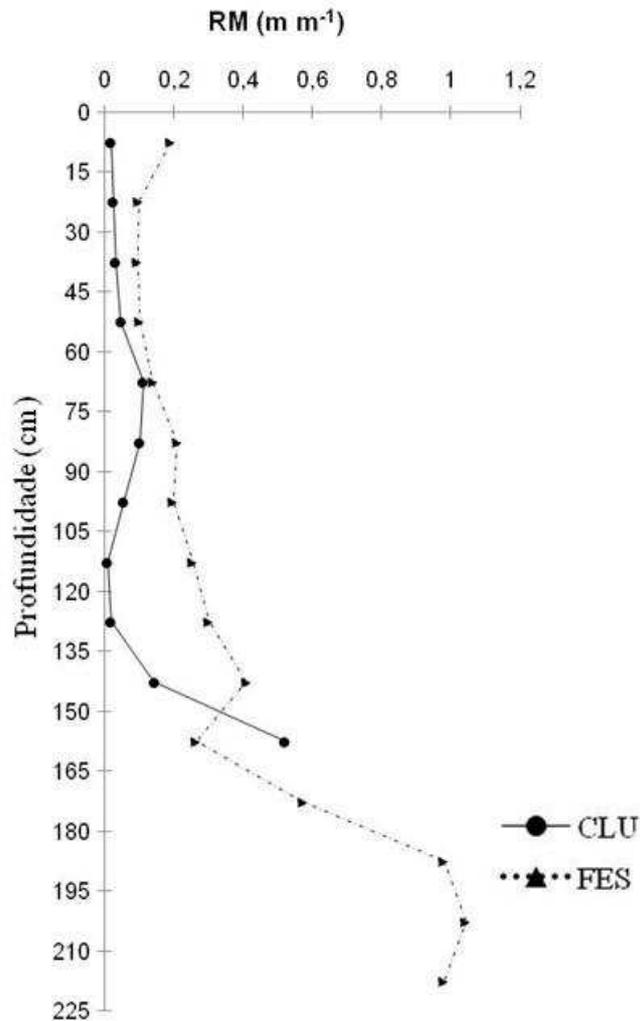
A diferença significativa entre as médias de Dmo das turfeiras (Córrego Cachoeira dos Borges > Rio Preto) foi atribuída ao efeito do local e, os maiores valores deste atributo foram observados para a FES em relação ao CLU, tanto no Córrego Cachoeira dos Borges como no Rio Preto (Anexo A e Tabela 9). Observa-se ainda (Anexo A e Tabela 9), que as camadas mais superficiais dos testemunhos do Rio Preto apresentaram Dmo menores que as camadas mais profundas, sendo estas diferenças atribuídas ao estágio de decomposição da MO mais

avanzado em profundidade, como observado por Silva et al. (2009), Campos et al. (2010) e Horák et al. (2011).

Os conteúdos de MM e a Ds tendem a aumentar com a profundidade. Isto se deve ao maior contato com materiais inorgânicos do substrato basal e ao maior avanço do estágio de decomposição de camadas mais profundas, as quais são encontradas mais consolidadas que as camadas mais superiores do perfil (GORHAM & JANSSENS, 1992; CAMPOS et al., 2010; HORÁK et al., 2011), corroborando com o aumento da Dmo em profundidade (Tabela 9).

#### **6.1.2.5 Resíduo mínimo (RM)**

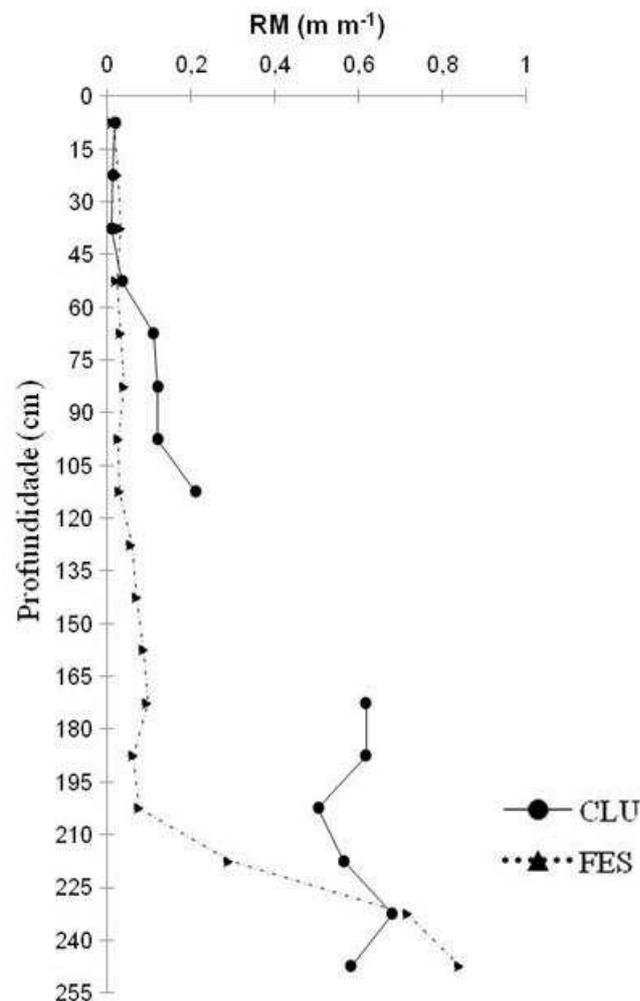
A estimativa da proporção entre a espessura residual e a original do horizonte hístico, face às perdas do material orgânico caso o solo fosse submetido a intenso processo de subsidência, é chamada de resíduo mínimo (VALLADARES, 2003). O RM representa a constituição mineral do material original (LYN et al., 1974). Os horizontes que apresentaram elevadas proporções de RM nos testemunhos estudados encontravam-se relacionados à presença de deposições de areia (Tabela 1 a Tabela 9), o que corrobora resultados encontrados por Valladares et al. (2008), Conceição et al. (1999), Soares (2011), Horák et al. (2011) e Silva et al. (2013a). Portanto, foram encontradas maiores médias para os solos sob CLU do Córrego Cachoeira dos Borges e sob FES do Rio Preto (Anexo A, Tabela 9 e Figura 12).



**Figura 12.** Médias de resíduo mínimo (RM) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

Como o RM é derivado da densidade do solo e do teor de material mineral no solo (EMBRAPA, 2006), também possui relação com o grau de decomposição e teor de matéria orgânica (CONCEIÇÃO et al., 1999). Neste sentido, os maiores valores de RM encontrados para os testemunhos do Córrego Cachoeira dos Borges, em relação aos testemunhos do Rio Preto (Anexo A, Tabela 9 e Figura 12), possivelmente possam ser explicados pelo ambiente que favoreceu a oxidação da MO a partir de incremento de fezes de animais, acentuando o grau de mineralização da MO. Também, esses altos valores talvez podem estar relacionados à interferência devido ao pisoteio dos animais que possuem livre acesso a área em busca de água, causando um aumento da densidade do solo em camadas mais superficiais. Outro ponto importante pode ser a localização dos perfis, com adição de material de áreas adjacentes mais altas da paisagem, o que explica os maiores RM para os testemunhos sob FES do Rio Preto, os quais localizam-se mais próximo das bordas da turfeira.

Os testemunhos da turfeira do Rio Preto não apresentaram diferenças significativas entre as médias de RM em profundidade (Anexo A). Porém, a amplitude deste atributo foi muito grande, variando de 0,01 a 0,68  $\text{m m}^{-1}$  para o CLU e de 0,01 a 0,84  $\text{m m}^{-1}$  para a FES (Tabela 9). Observa-se ainda que, da mesma forma que para a Ds, houve uma mudança brusca do RM entre as camadas ligeiramente acima e abaixo do bolsão d'água no CLU (Figura 13), concordando também, com o aumento da proporção de material mineral depositado na referida camada abaixo do bolsão (Tabela 9).



**Figura 13.** Médias de resíduo mínimo (RM) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.

Conceição et al. (1999) relacionaram o RM e a Ds com o teor e grau de decomposição da matéria orgânica, em que os valores baixos de Ds são associados a uma melhor agregação e elevada macroporosidade ocasionada pela MO. Valladares (2003) encontrou valores de resíduo mínimo de 0,003 a 0,580  $\text{m m}^{-1}$  e observou que amostras com RM inferior a 0,01  $\text{m m}^{-1}$  apresentaram teores muito elevados de MO e baixa Ds. Portanto, solos com baixos valores de RM carecem de cuidados especiais e, essa propriedade pode ser usada para

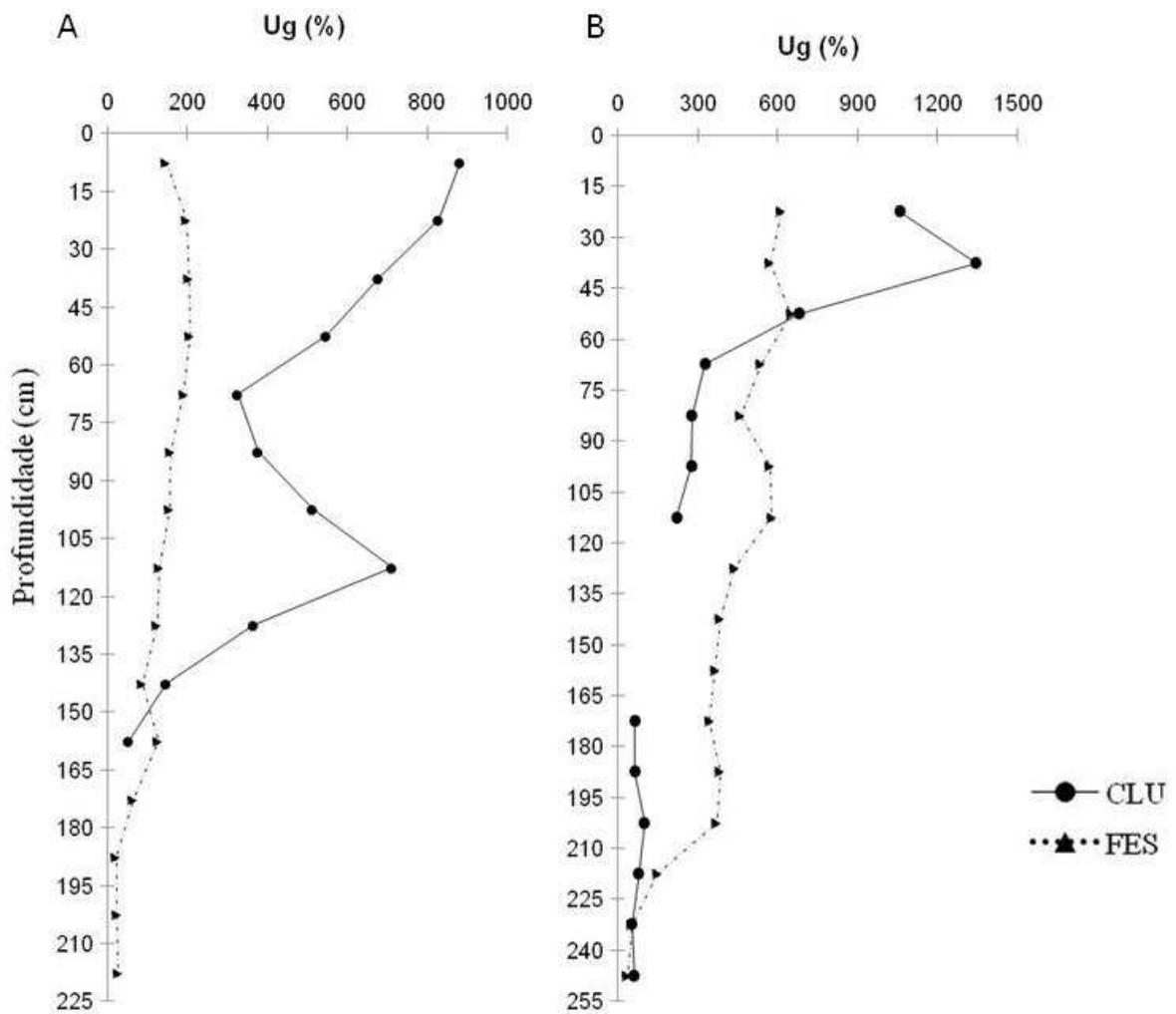
definição de áreas de Organossolos destinadas a preservação ambiental em função de sua maior suscetibilidade à degradação pela subsidência. Ainda, áreas de Organossolos podem ser consideradas como grandes reservatórios de filtragem e armazenamento de água (EBELING, 2010).

#### **6.1.2.6 Umidade gravimétrica ( $U_g$ ), densidade de partículas ( $D_p$ ) e volume total de poros (VTP)**

A  $U_g$  representa o teor de água do solo no momento da coleta, podendo fazer parte desta, a água retida nos microporos (poros com diâmetro menor que 30  $\mu\text{m}$ ), em que a matéria orgânica possui a capacidade de reter até 20 vezes sua massa em água (STEVENSON, 1994), e a água que flui no interior dos mesoporos (poros com diâmetro entre 30 e 100  $\mu\text{m}$ ) e macroporos (poros com diâmetro maior que 100  $\mu\text{m}$ ) da estrutura do solo (HORÁK, 2009). A  $U_g$  variou numa amplitude de 23,66 a 1346,60%, com média de 352,72% (Tabela 9), condicionada pelo teor de MO e, conseqüentemente, relacionada com a  $D_s$ .

Pode-se observar, pela Tabela 9, uma tendência de aumento da  $U_g$  com o aumento do VTP em todos os testemunhos analisados. Como a estimativa do VTP foi obtida através da  $D_p$ , esta, apresenta variação similar a aquela e a variação da  $U_g$  (Tabela 9).

Foi observado que as médias de  $U_g$  do testemunho do Córrego Cachoeira dos Borges sob CLU foram maiores que sob FES, não havendo detecção diferença deste atributo para os testemunhos sob as diferentes fitofisionomias do Rio Preto (Anexo A e Figura 14A). Tendência de diminuição da  $U_g$  com a profundidade foi observada tanto nos testemunhos da turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges, como nos testemunhos do Rio Preto (Anexo A, Figura 14A e Figura 14B). Além da fração mineral do solo atuando na diminuição da capacidade do solo em reter água, as amostras mais profundas, por serem mais antigas em relação a aquelas dos horizontes mais superficiais (HORÁK et al., 2011), possuem MO mais polimerizada, dificultando a entrada de água. Materiais fibricos tendem a apresentar predomínio de macroporos, o que leva a sua alta condutividade hidráulica. No processo de decomposição e mineralização da matéria orgânica os macroporos colapsam, diminuindo o tamanho dos poros e também a porosidade total (ANDRIESSE, 1988; SOARES, 2011).



**Figura 14.** Umidade gravimétrica (Ug) em profundidade de testemunhos o sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e do B: Rio Preto.

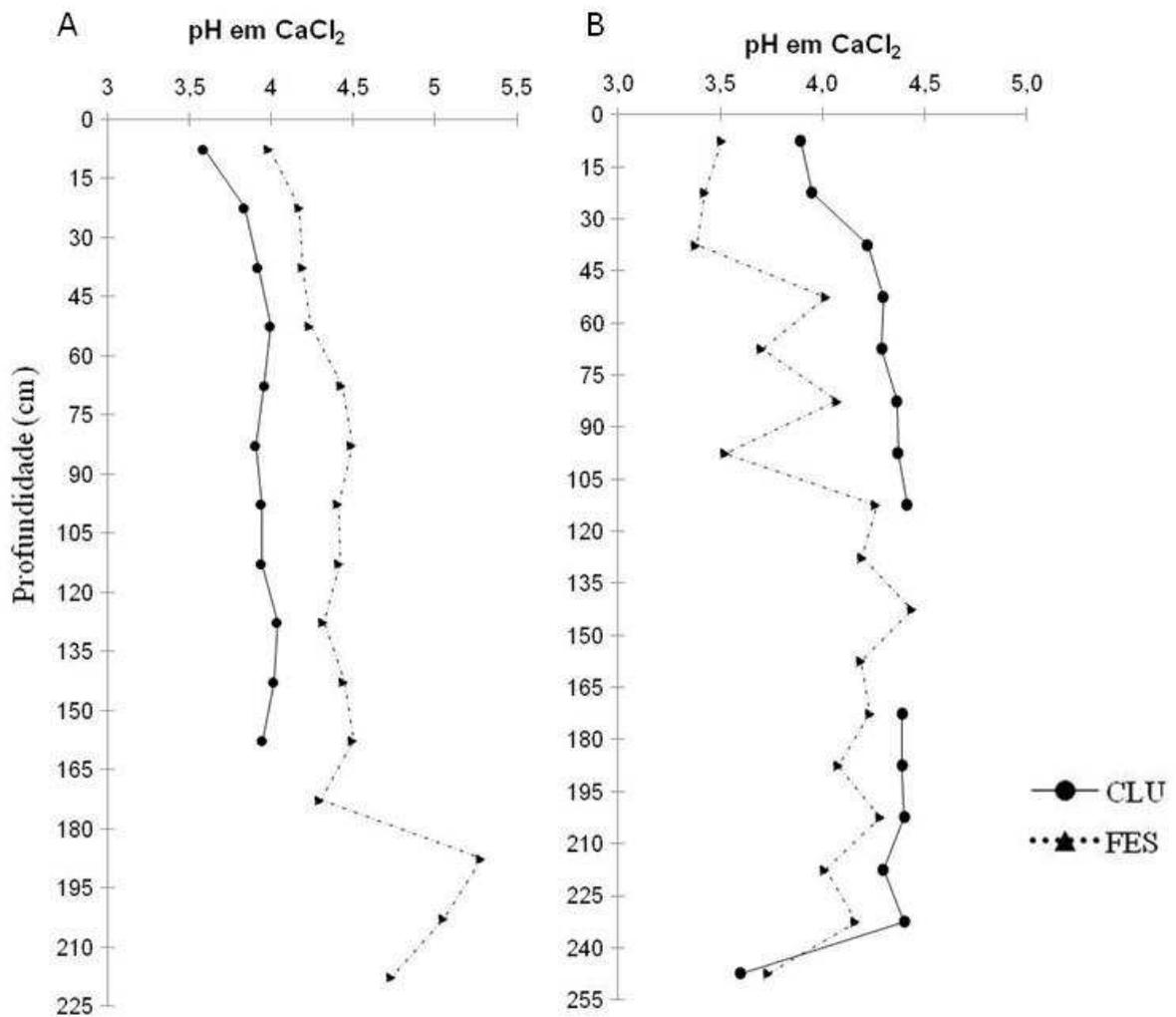
Os picos de Ug (Figura 14A e Figura 14B) nas camadas de 105 a 120 cm e de 30 a 45 cm dos testemunhos sob CLU das turfeiras do Córrego Cachoeira dos Borges e do Rio Preto, respectivamente, possivelmente encontram-se relacionados à constituição do material orgânico uma vez que estas camadas também apresentaram grande quantidade de raízes visivelmente identificáveis (Tabela 1, Tabela 2, Tabela 7 e Tabela 8). Nos solos orgânicos, os principais componentes que controlam a hidrologia são o conteúdo de matéria orgânica e o teor de fibras. Estes componentes exercem importante papel de estruturação, formando agregados que contribuem na distribuição e no tamanho dos poros. Eles são responsáveis por abrigar em seu interior, quantidades variáveis de uma solução de vários eletrólitos e outros componentes (água ou solução do solo), além de uma solução gasosa (ar no solo) (LIBARDI, 2005).

### 6.1.3 Atributos químicos

#### 6.1.3.1 Potencial hidrogeniônico (pH)

As amostras coletadas apresentaram pH em  $\text{CaCl}_2$  variando de 3,39 a 5,29 e corroboram valores encontrados por Horák et al. (2007b), Silva et al. (2008), Valladares et al. (2008), Campos et al. (2010), Horák et al. (2011) e Ebeling et al. (2011), para Organossolos da Serra do Espinhaço Meridional. Em virtude da constante percolação por fluxos hídricos, os Organossolos de altitude, como os deste trabalho, apresentam, predominantemente, baixos valores de pH, que variam de 3,0 a 5,5 (PEREIRA et al., 2005). As condições em que estes solos encontram-se sujeitos são propícias ao acúmulo da matéria orgânica, por restringir sua mineralização (SANTOS et al., 2006).

Os valores de pH em  $\text{CaCl}_2$  variaram significativamente entre os solos das fitofisionomias das duas turfeiras estudadas e foram maiores para a FES do Córrego Cachoeira dos Borges e para o CLU do Rio Preto (Anexo A, Figura 15A e Figura 15B). No CLU do Rio Preto houve uma tendência de aumento do pH em profundidade (Anexo A e Figura 15B). Este comportamento, talvez tenha ocorrido devido às camadas mais superficiais apresentarem estágio menos avançado de decomposição, aumentando, consideravelmente, o estágio de decomposição em profundidade, diminuindo o teor de matéria orgânica e, conseqüentemente, aumentando a proporção de material mineral nestas camadas mais próximas do bolsão d'água (Tabela 9).



**Figura 15.** Médias de pH em  $\text{CaCl}_2$  em profundidade de testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e do B: Rio Preto.

O pH em água variou de 4,19 a 6,14, sendo predominantemente maior que o pH em  $\text{CaCl}_2$  (Tabela 10), e encontra-se de acordo com Embrapa (2006). Soares (2011) encontrou valores para o pH em água dentro da mesma faixa encontrada nesta pesquisa, porém variando de 4,5 a 5,0, enquanto que Ebeling et al. (2008) constatou valores entre 3,5 a 4,5.

**Tabela 10.** Médias dos atributos pH e elementos do complexo sortivo do solo de turfeiras sob duas fitofisionomias de cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

Test	Esp cm	pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O	P ---mg dm <sup>-3</sup> ---	K	Ca	Mg	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	SB	t	T	m -----%-----	V	Fe -----mg dm <sup>-3</sup> -----	Zn	Cu	Mn	
1	0-15	3,90	4,76	3,34	116,18	0,60	0,30	2,66	22,10	1,20	3,86	23,30	69	5	215,55	1,54	1,06	4,94	
	15-30	3,95	4,83	6,07	34,54	0,40	0,10	3,00	30,90	0,59	3,59	31,49	84	2	131,11	0,77	1,06	2,82	
	30-45	4,22	4,71	5,35	28,26	0,20	0,10	3,90	30,90	0,37	4,27	31,27	91	1	57,77	0,77	1,06	2,11	
	45-60	4,30	4,93	6,34	3,14	0,20	0,10	3,26	24,70	0,31	3,57	35,01	91	1	44,44	1,02	1,06	1,41	
	60-75	4,29	4,80	5,20	3,14	0,10	0,10	3,20	22,10	0,21	3,41	22,31	94	1	31,11	0,25	1,06	1,41	
	75-90	4,37	4,80	5,08	3,14	0,20	0,10	2,92	17,70	0,31	3,23	18,01	90	2	24,44	0,25	1,06	0,70	
	90-105	4,37	4,71	5,43	3,14	0,20	0,10	2,28	19,80	0,31	2,59	20,11	88	2	22,22	0,25	1,06	0,70	
	105-120	4,42	4,91	6,94	3,14	0,10	0,10	2,04	22,10	0,21	2,25	22,31	91	1	22,22	1,02	2,13	0,70	
	120-170	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	170-185	4,39	4,81	10,55	3,14	0,30	0,10	1,22	11,40	0,41	1,63	11,81	75	3	35,55	1,28	3,20	0,70	
	185-200	4,40	4,82	13,66	3,14	0,20	0,10	1,44	17,70	0,31	1,75	18,01	82	2	37,77	0,77	3,20	0,70	
	200-215	4,30	4,79	14,46	3,14	0,10	0,10	1,70	17,70	0,21	1,91	17,91	89	1	24,44	1,02	2,13	0,70	
	215-230	4,40	4,89	15,56	3,14	0,20	0,10	1,36	12,70	0,31	1,67	13,01	82	2	35,55	1,54	2,13	0,70	
	230-245	3,60	4,96	16,32	3,14	0,10	0,10	1,10	8,10	0,21	1,31	8,31	84	3	22,22	1,02	2,13	0,70	
2	0-15	3,51	4,52	11,46	263,76	0,40	0,20	3,12	43,10	1,28	4,40	44,38	71	3	266,66	1,79	1,06	9,18	
	15-30	3,43	4,28	6,34	91,10	0,50	0,20	5,32	43,10	0,93	6,25	44,03	85	2	266,66	1,02	1,06	4,94	
	30-45	3,39	4,39	6,53	21,98	0,20	0,10	5,80	43,10	0,36	6,16	43,46	94	1	31,11	0,51	1,06	2,82	
	45-60	4,02	4,42	8,88	6,28	0,20	0,10	4,04	24,70	0,32	4,36	25,02	93	1	11,11	0,25	1,06	0,70	
	60-75	3,71	4,42	7,36	3,14	0,10	0,10	4,30	30,90	0,21	4,51	31,11	95	1	8,88	0,25	1,06	0,70	
	75-90	4,08	4,19	7,36	3,14	0,10	0,10	3,76	24,70	0,21	3,97	24,91	95	1	6,66	0,25	1,06	0,70	
	90-105	3,53	4,29	8,58	3,14	0,10	0,10	3,16	22,10	0,21	3,37	22,31	94	1	2,22	0,25	1,06	0,70	

Tabela 10. Continuação...

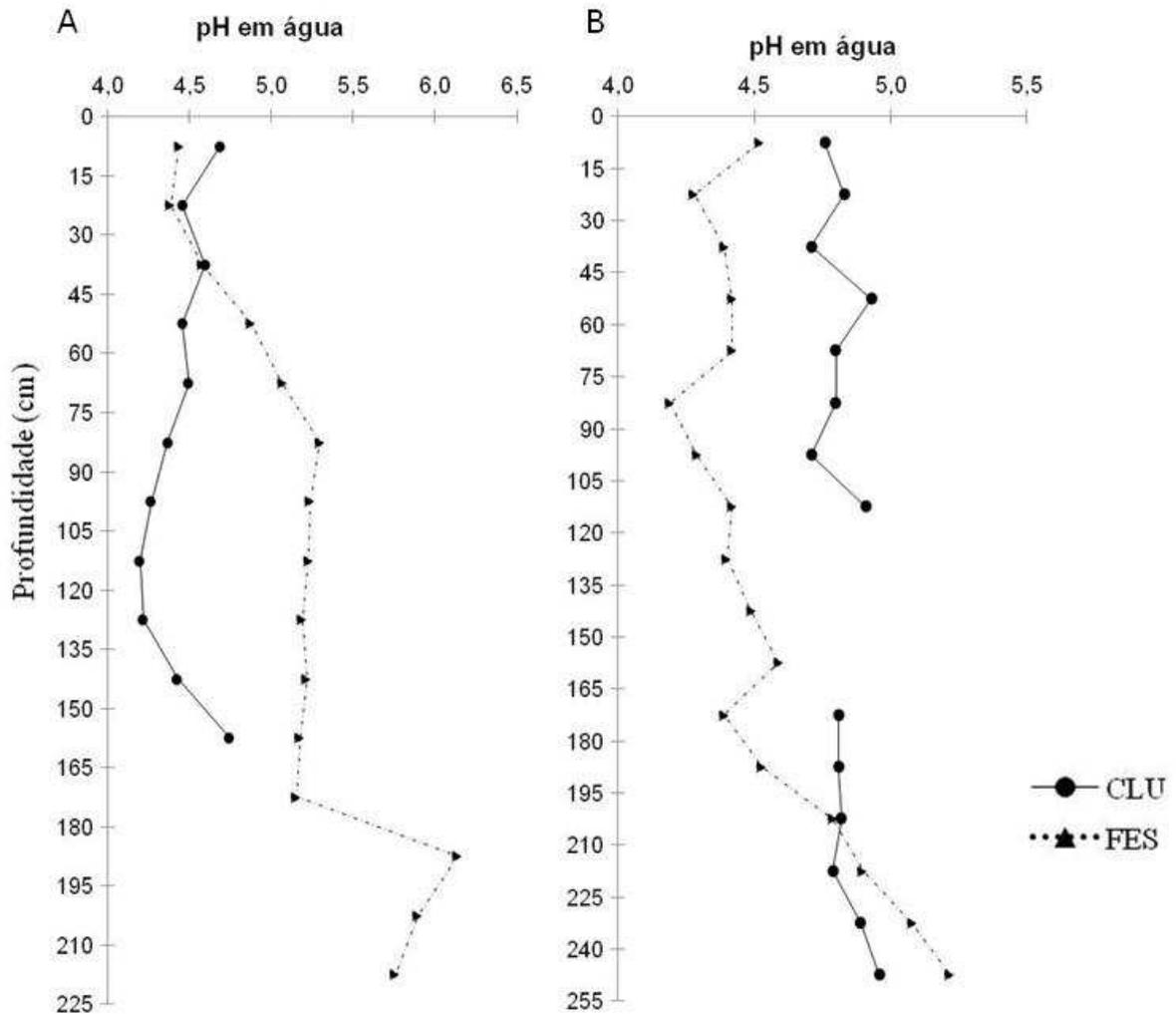
Test	Esp cm	pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O	P ---mg dm <sup>-3</sup> ---	K	Ca	Mg	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> -----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	SB	t	T	m -----%-----	V	Fe -----mg dm <sup>-3</sup> -----	Zn	Cu	Mn
2	105-120	4,27	4,42	11,60	3,20	0,10	0,10	2,96	17,70	0,21	3,17	17,91	93	1	22,22	0,77	1,06	0,70
	120-135	4,20	4,40	13,52	3,20	0,10	0,10	2,96	17,70	0,21	3,17	17,91	93	1	2,22	0,51	1,06	0,70
	135-150	4,44	4,49	13,37	3,20	0,10	0,10	3,34	19,80	0,21	3,55	20,01	94	1	2,22	0,51	1,06	0,70
	150-165	4,19	4,59	14,91	3,20	0,20	0,10	2,98	19,80	0,31	3,29	20,11	91	2	2,22	0,51	1,06	0,70
	165-180	4,24	4,39	16,49	3,20	0,20	0,10	3,10	22,10	0,31	3,41	22,41	91	1	2,22	0,51	1,06	0,70
	180-195	4,08	4,53	13,29	3,20	0,10	0,10	3,72	24,70	0,21	3,93	24,91	95	1	2,22	0,25	1,06	0,70
	195-210	4,29	4,79	8,36	3,20	0,10	0,10	4,28	27,70	0,21	4,49	27,91	95	1	2,22	0,25	1,06	0,70
	210-225	4,02	4,90	4,39	6,40	0,10	0,10	4,90	24,70	0,22	5,12	24,92	96	1	6,66	0,25	1,06	0,70
	225-240	4,17	5,08	2,58	9,60	0,10	0,10	2,66	9,10	0,22	2,88	9,32	92	2	4,44	0,51	1,06	0,70
	240-255	3,74	5,22	0,46	3,20	0,10	0,10	0,24	1,40	0,21	0,45	1,61	54	13	4,44	0,51	1,06	0,70
3	0-15	3,59	4,69	5,16	57,38	0,50	0,10	1,50	14,20	0,75	2,25	14,95	67	5	66,66	0,77	1,06	1,41
	15-30	3,84	4,46	4,81	51,34	0,30	0,10	5,42	43,10	0,53	5,95	43,63	91	1	113,33	0,77	1,06	0,70
	30-45	3,92	4,60	3,57	15,10	0,20	0,10	4,92	38,60	0,34	5,26	28,94	94	1	33,33	0,51	1,06	0,70
	45-60	4,00	4,46	1,43	6,04	0,10	0,10	3,54	34,50	0,22	3,76	34,72	94	1	19,99	1,02	1,06	0,70
	60-75	3,96	4,50	2,21	15,10	0,10	0,10	3,32	27,70	0,24	3,56	27,94	93	1	53,33	0,51	1,06	0,70
	75-90	3,91	4,37	2,40	3,02	0,10	0,10	3,78	30,90	0,21	3,99	31,11	95	1	8,88	0,51	1,06	0,70
	90-105	3,95	4,27	2,07	3,02	0,10	0,10	4,20	34,50	0,21	4,41	34,71	95	1	6,66	0,25	1,06	0,70
	105-120	3,95	4,20	1,62	3,02	0,20	0,20	3,94	43,10	0,41	4,35	43,51	91	1	6,66	0,51	1,06	0,70
	120-135	4,04	4,22	2,44	3,02	0,10	0,10	4,20	30,90	0,21	4,41	31,11	95	1	2,22	0,25	1,06	0,70
	135-150	4,02	4,43	1,98	3,02	0,10	0,10	5,66	34,50	0,21	5,87	34,71	96	1	22,22	1,28	2,13	0,70
150-165	3,95	4,75	1,40	6,04	0,10	0,10	3,38	19,80	0,22	3,60	20,02	94	1	66,66	0,77	6,40	0,70	

Tabela 10. Continuação...

Test	Esp cm	pH CaCl <sub>2</sub>	pH H <sub>2</sub> O	P ---mg dm <sup>-3</sup> ---	K	Ca	Mg	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup> -cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -	SB	t	T	m -----%-----	V	Fe -----mg dm <sup>-3</sup> -----	Zn	Cu	Mn
4	0-15	3,99	4,44	4,04	131,20	0,20	0,10	4,26	24,70	0,64	4,90	25,34	87	3	95,55	1,79	1,06	2,47
	15-30	4,18	4,39	5,93	64,00	0,30	0,10	4,18	27,70	0,56	4,74	28,26	88	2	11,11	0,51	1,06	1,41
	30-45	4,20	4,58	2,62	12,80	0,20	0,10	3,94	24,70	0,33	4,27	25,03	92	1	4,44	0,25	1,06	0,70
	45-60	4,24	4,88	2,93	6,40	0,20	0,10	3,18	22,10	0,32	3,50	22,42	91	1	6,66	0,25	1,06	0,70
	60-75	4,44	5,07	2,73	6,40	0,20	0,10	2,60	19,80	0,32	2,92	10,12	89	2	6,66	0,25	1,06	0,70
	75-90	4,50	5,30	2,62	3,20	0,10	0,10	1,98	17,70	0,21	2,19	17,91	90	1	6,66	0,25	1,06	0,70
	90-105	4,42	5,24	2,04	6,40	0,20	0,10	2,06	15,90	0,32	2,38	16,22	87	2	6,66	0,25	1,06	0,70
	105-120	4,42	5,23	2,23	3,20	0,10	0,10	2,20	15,90	0,21	2,41	16,11	91	1	13,33	0,25	1,06	0,70
	120-135	4,33	5,19	2,20	3,20	0,10	0,10	1,94	15,90	0,21	2,15	16,11	90	1	19,99	0,25	1,06	0,70
	135-150	4,45	5,22	2,43	3,20	0,10	0,10	1,74	17,70	0,21	1,95	17,91	89	1	17,77	0,25	1,06	0,70
	150-165	4,51	5,18	1,54	3,20	0,10	0,10	2,00	15,90	0,21	2,21	16,11	91	1	17,77	0,25	1,06	0,70
	165-180	4,31	5,16	1,73	3,20	0,10	0,10	0,70	8,10	0,21	0,91	8,31	77	3	37,77	0,25	1,06	0,70
	180-195	5,29	6,14	1,05	3,02	0,10	0,10	0,14	1,50	0,21	0,35	1,71	40	12	128,88	0,25	1,06	0,70
	195-210	5,06	5,90	1,09	3,02	0,10	0,10	0,14	1,70	0,21	0,35	1,91	40	11	131,11	1,02	1,06	0,70
	210-225	4,74	5,76	1,51	3,02	0,10	0,10	0,18	1,70	0,21	0,39	1,91	46	11	91,11	0,25	1,06	0,70

Test: Testemunho de solo sob 1: Campo limpo Úmido e 2: Floresta Estacional Semidecidual da cabeceira do Rio Preto e sob 3: Campo limpo Úmido e 4: Floresta Estacional Semidecidual da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges; Esp: espessura da camada de solo; pH CaCl<sub>2</sub>: determinado de acordo com Embrapa (2006); pH em água, P, K, Ca, Mg, Al<sup>+3</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup>, Fe, Zn, Cu e Mn: determinados de acordo com Embrapa (1999); SB: soma de bases; t: capacidade efetiva de troca de cátions; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; m: saturação por alumínio; V: saturação por bases.

Os valores de pH em água, assim como os valores de pH em  $\text{CaCl}_2$ , foram maiores para a FES do Córrego Cachoeira dos Borges e para o CLU do Rio Preto (Anexo B, Figura 16A e Figura 16B). Porém, não foram detectadas diferenças significativas entre as médias do pH em água em profundidade para as duas turfeiras analisadas (Anexo B), apesar de se notar, visualmente, uma tendência de aumento deste atributo em profundidade para o solo sob FES do Córrego Cachoeira dos Borges (Figura 16A).



**Figura 16.** Médias de pH em água em profundidade de testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do A: Córrego Cachoeira dos Borges e do B: Rio Preto.

Em Organossolos o pH baixo está mais relacionado aos teores de ácidos orgânicos, que são saturados por  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$ , e a outros compostos do complexo coloidal como sulfetos de ferro e compostos de enxofre oxidáveis, do que aos teores de alumínio em solução (EBELING, 2008; MENDONÇA, 1999; MESQUITA et al., 2009; ANDRIESSE, 1984; LEPSCH et al., 1990; SILVA et al., 2008), ao contrário do que ocorre em solos minerais.

Assim, os valores de pH em solos orgânicos dependem de fatores tais como: Al hidrolisável, drenagem, ácidos orgânicos livres e método de determinação (EBELING et al., 2008).

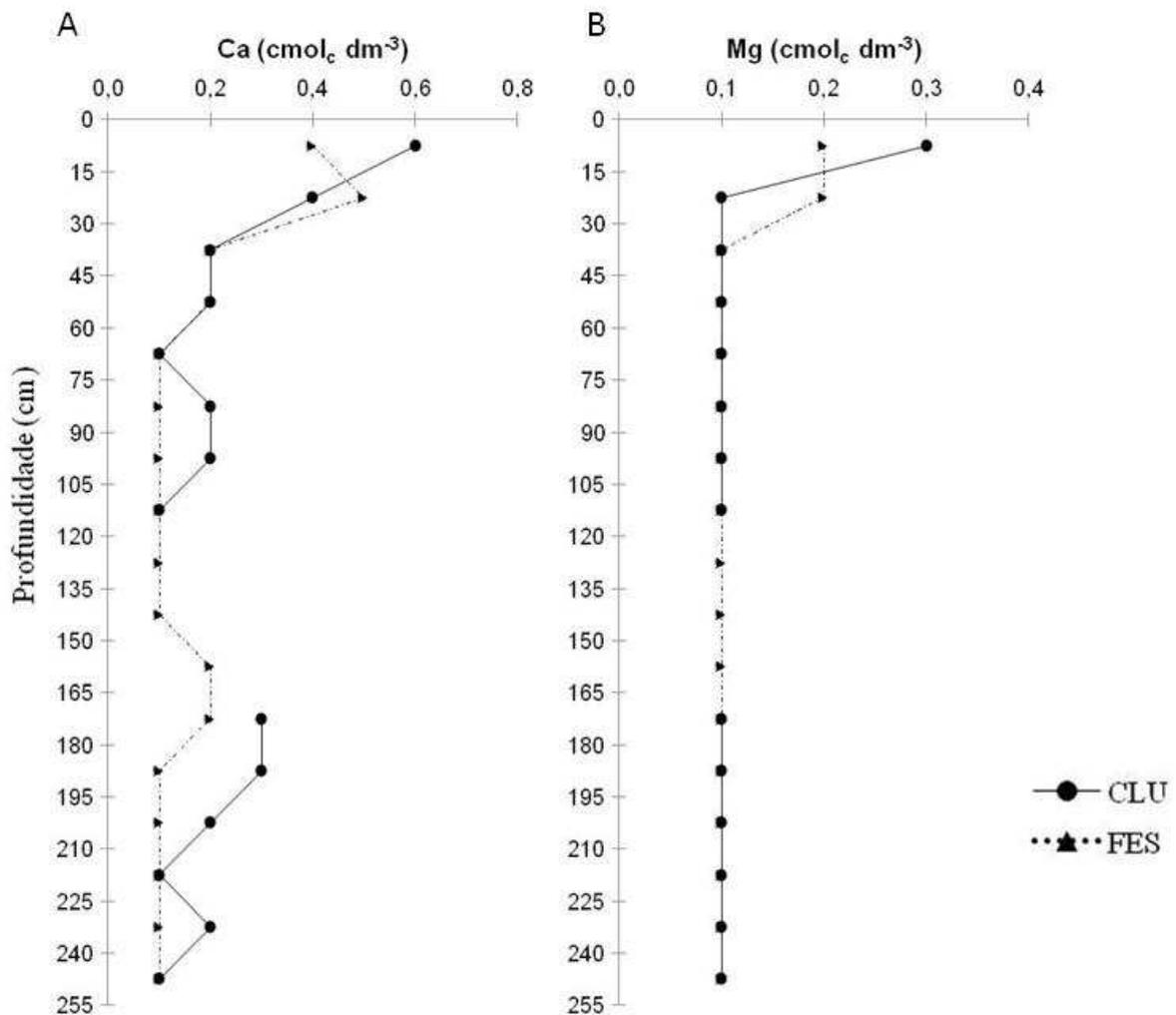
SILVA et al. (2008) detectou, em Organossolos da Serra do Espinhaço Meridional, elevada acidez e poder tampão condicionadas pelo alto teor de C orgânico presente nesses solos, sendo este aspecto observado também nos testemunhos deste trabalho. A matéria orgânica confere ao solo maior poder tampão, logo impede variações bruscas de pH (KIEHL, 1985).

### **6.1.3.2 Elementos extraíveis e trocáveis**

A composição química dos Organossolos é influenciada diretamente pela natureza do material orgânico, pelo grau de decomposição da matéria orgânica, pela porção mineral e pela composição química da água de formação. Estes aspectos contribuem para que ocorra ampla variação na composição do complexo de troca desses solos entre si e entre os horizontes de um mesmo testemunho (ANDRIESSE, 1988; GALVÃO & VAHL, 1996; EBELING, 2010).

#### **6.1.3.2.1 Cálcio (Ca) e magnésio (Mg)**

Os teores de Ca variaram de 0,10 a 0,60  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  enquanto que os de Mg variaram de 0,10 a 0,30  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (Tabela 10). Não apresentaram diferenças significativas entre as turfeiras e nem entre as fitofisionomias de cada turfeira (Anexo B) e são considerados muito baixos, de acordo com Alvarez et al., (1999). Entretanto, os teores destes elementos nos solos do Rio Preto, apresentaram diferenças significativas em profundidade (Anexo B). Os teores de Ca foram maiores nas camadas superiores e houve um decréscimo até a camada de 60 a 75 cm, os teores de Mg seguiram mesma tendência (Figura 17A e 18B).



**Figura 17.** Média do teor de A: cálcio (Ca) e de B: magnésio (Mg) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.

A natureza quartzítica das rochas, devido à sua elevada resistência ao intemperismo e aos baixos teores de nutrientes, possui forte influência sobre as características químicas dos solos formados na região (SAADI, 1995). Além da natureza das rochas, os elevados teores de  $\text{Al}^{3+}$  podem influenciar na dinâmica do  $\text{Ca}^{2+}$  nesse ambiente. O cátion  $\text{Al}^{3+}$  pode competir com o  $\text{Ca}^{2+}$  pelos complexos de troca, liberando o  $\text{Ca}^{2+}$  para a solução do solo, que poderá ser removido do sistema por lixiviação (LAWRENCE et al. 1995).

Valores de Ca e Mg semelhantes, foram encontrados por Horák et al. (2007a) e por Campos et al. (2010), em turfeiras da SdEM. Benites et al. (2001), caracterizando a matéria orgânica em solos de altitude, encontraram teores de  $\text{Ca}^{2+}$  variando de 0,0 a 4,5  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  e de  $\text{Mg}^{2+}$  variando de 0,0 a 0,7  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ .

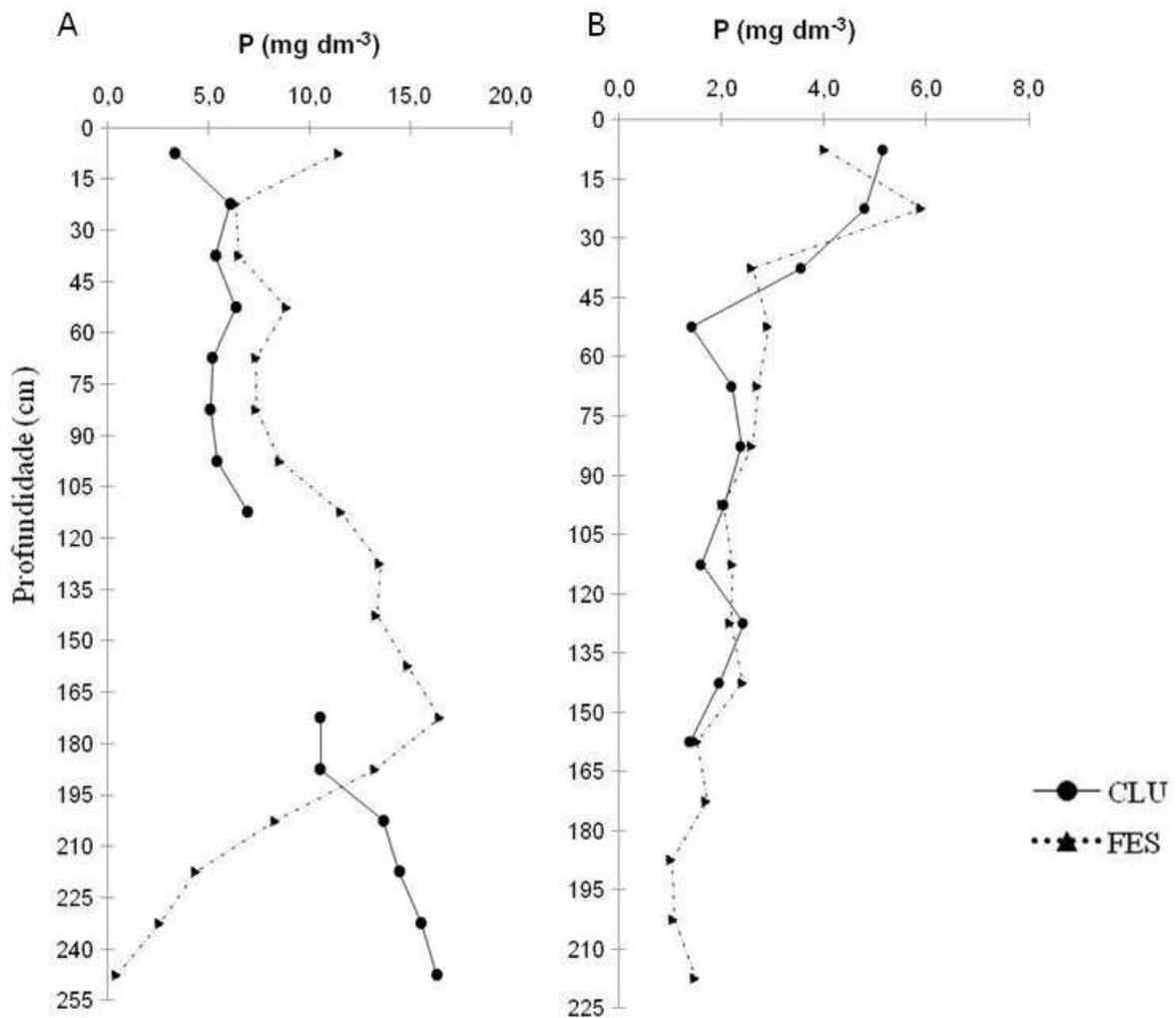
### 6.1.3.2.2 Fósforo (P) e potássio (K)

Os teores de P variaram de 0,46 a 16,49 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 10), sendo as médias dos testemunhos do Rio Preto superiores às do Córrego Cachoeira dos Borges (Anexo B) e estão em concordância com os valores observados por Valladares (2003), que encontrou teor médio de P igual a 7 mg kg<sup>-1</sup> de solo. Teores nessa faixa, também foram encontrados por Horák et al. (2007a), Silva et al. (2007), Campos et al. (2010) e Soares (2011).

Alguns autores têm citado para Organossolos, correlação positiva e significativa entre o teor de P, o teor de matéria orgânica e a adsorção deste elemento. Novais et al. (2007), apresentam como razão principal o caráter aniônico da matéria orgânica. Através de pontes de cátions, como o Al, Fe e Ca a ela adsorvidos, reteriam o P, formando compostos de composição definida e pouco solúvel, justificando os teores de P disponível encontrados neste trabalho (Tabela 10).

A distribuição dos teores de P não seguiu um padrão bem definido nos testemunhos do Rio Preto, sendo que a FES apresentou médias superiores ao CLU (Anexo B, Tabela 10 e Figura 19A). O teor de P mais elevado em superfície para o testemunho da FES do Rio Preto pode estar relacionado à riqueza da MO proporcionada pela vegetação arbustiva em relação ao CLU, assim como a presença de um pico de P na camada de 165 a 180 cm da FES (Figura 18A), uma vez que foram observados, para esta camada, grande proporção de raízes e raízes grossas (Tabela 3 e Tabela 4).

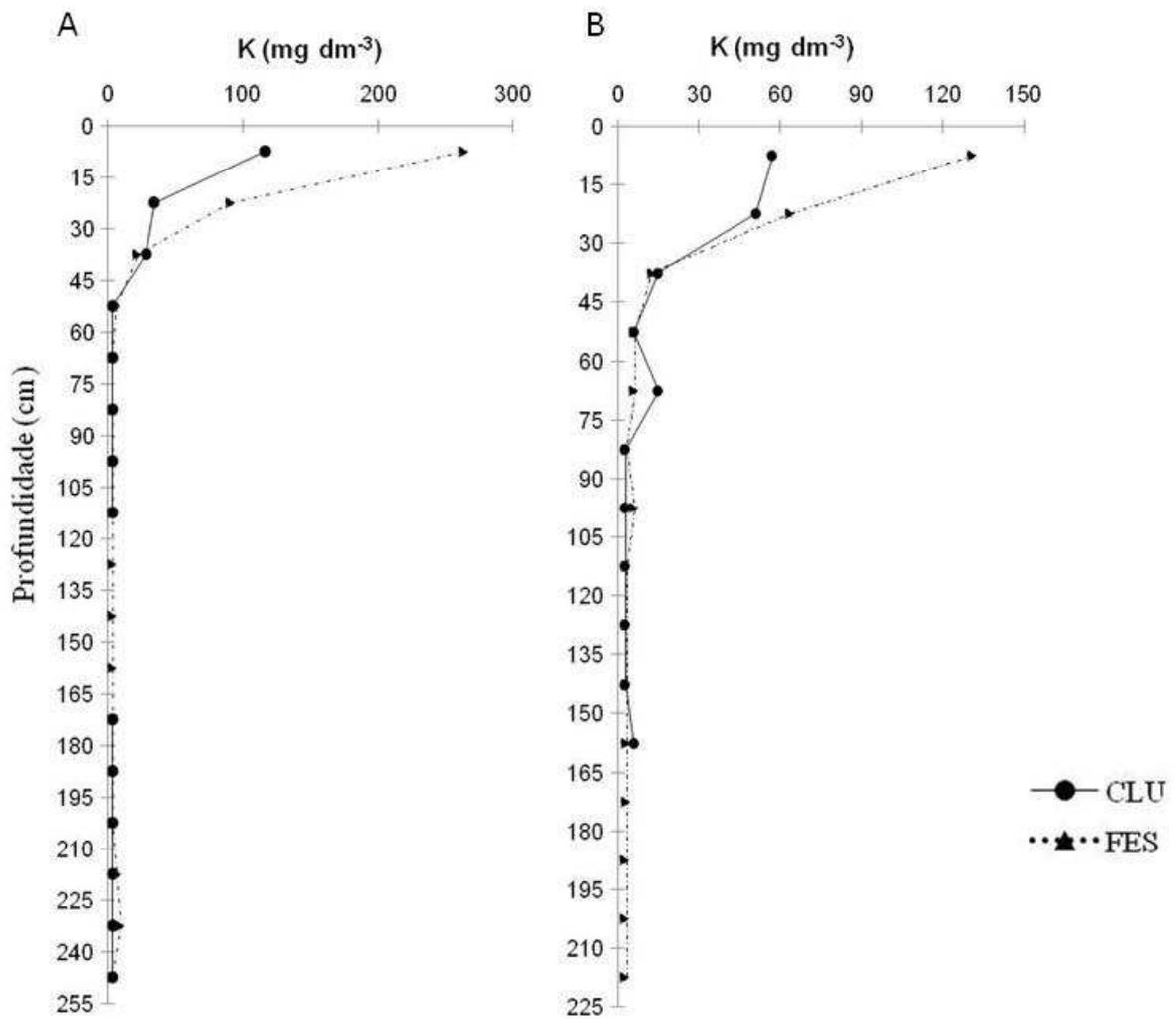
Na turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges, apesar de não ter sido detectado diferenças significativas dos teores de P entre as fitofisionomias, houve um decréscimo significativo deste nutriente em profundidade em ambas (Anexo B e Figura 18B). Isto pode ter ocorrido pela adição deste elemento em superfície - através de fertilizantes, biomassa, resíduos animais ou mesmo ossos de animais - uma vez que foram encontrados ossos de animais próximos aos testemunhos amostrados.



**Figura 18.** Teores médios de fósforo (P) em profundidade de testemunhos de turfeiras sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) na cabeceira do A: Rio Preto e do B: Córrego Cachoeira dos Borges.

Os teores de  $K^+$  alcançaram valores de até  $263,76 \text{ mg dm}^{-3}$  (Tabela 10), sendo que a maioria das amostras apresentou teores que corroboram os resultados encontrados por Horák et al. (2007a), Conceição (1989), Couto (1984) e Campos et al. (2010).

Apesar de não ter sido detectado diferenças significativas dos teores de  $K^+$  entre as turfeiras e nem entre as fitofisionomias de cada turfeira (Anexo B), os teores mais elevados de  $K^+$  nas camadas superiores, para todos os testemunhos (Figura 19A e Figura 19B), podem ser devido à adição deste elemento em superfície, através de fertilizantes ou biomassa e resíduos animais. Estes fatores podem estar influenciando, também, na decomposição da MOS e liberação rápida deste nutriente após a senescência dos vegetais. Além disso, é possível que o  $K^+$  esteja diretamente relacionado com a MOS, uma vez que as camadas superficiais apresentam altas proporções de material orgânico (Figura 8 e Figura 9).

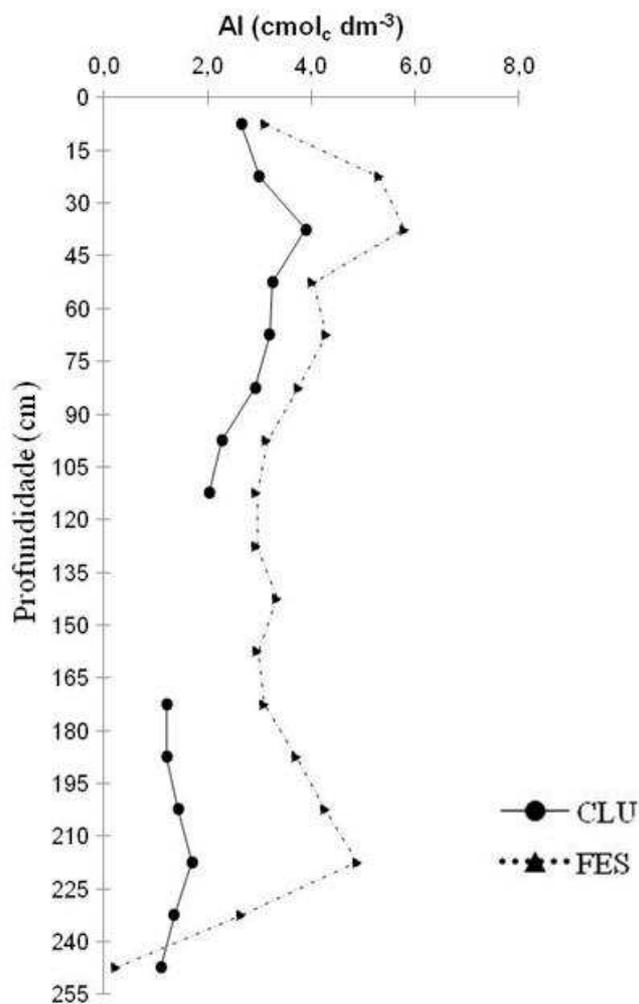


**Figura 19.** Teores médios de potássio (K) em profundidade em testemunhos de uma turfeira sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) na cabeceira do A: Rio Preto e do B: Córrego Cachoeira dos Borges.

Os teores de  $K^+$  são geralmente baixos em Organossolos, como também verificado nos trabalhos de Galvão & Vahl (1996), Couto (1984), Conceição (1989) e Sakai & Lepsch (1984 e 1987). Zon (2008) e Mesquita et al. (2009), afirmam que os teores de  $K^+$  nos Organossolos geralmente são baixos devido à baixa capacidade retenção de potássio, mesmo com a elevada CTC do solo, pois os colóides orgânicos retêm fracamente os cátions monovalentes como o  $K^+$  e  $Na^+$ . O conteúdo de  $K^+$  na MOS é muito pequeno, uma vez que o  $K^+$  na fração orgânica viva não faz parte de nenhum composto orgânico, sendo facilmente lixiviado na transformação da matéria orgânica (SOARES, 2011).

### 6.1.3.2.3 Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ )

Os valores de  $\text{Al}^{3+}$  variaram de 0,14 a 5,80  $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  (Tabela 10) e foram muito altos quando comparados a solos minerais, porém não apresentaram diferenças significativas entre as áreas enquanto que, diferenças foram detectadas entre as fitofisionomias e entre as profundidades do solo do Rio Preto (Anexo B). Neste, verifica-se médias de  $\text{Al}^{3+}$  maiores para a FES em relação ao CLU (Figura 20). Também, houve um aumento deste elemento até a camada de 30 a 45 cm e diminuição dos seus teores em camadas inferiores a esta (Figura 20). Os teores mais elevados de  $\text{Al}^{3+}$  nos solos sobre FES do Rio Preto podem estar relacionados à sua maior proximidade da borda da turfeira, na qual aflora um *bolder* de quartzito (CAMPOS et al., 2010; HORÁK et al., 2011).



**Figura 20.** Teores médios de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) em profundidade de testemunhos de solo sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.

Teores semelhantes de  $Al^{3+}$  foram encontrados por Silva et al. (2008), Horák et al. (2007a) e Ebeling et al. (2011), em turfeiras da SdEM. Em Organossolos não tiomórficos, Valladares (2003), encontrou teores de  $Al^{3+}$  variando de 0,0 a 9,4  $cmol_c\ kg^{-1}$ . Um importante fator responsável pela manutenção dos elevados teores de  $Al^{3+}$  no solo é a forte afinidade desse elemento por compostos orgânicos (SILVA & MENDONÇA, 2007). Vários autores citam que, nos solos orgânicos, os níveis altos de  $Al^{3+}$  são devido à capacidade da matéria orgânica de formar complexos com o  $Al^{3+}$ , reduzindo assim, sua toxicidade na solução do solo (LEPSCH, 1990; MESQUITA et al., 2009; ZON, 2008; EBELING, 2006; SILVA et al., 2008; CAMPOS et al., 2011).

Como as diferentes formas químicas do alumínio estão relacionadas ao pH e a composição mineral do sistema (SPOSITO, 1995; TAN, 1992), a acidificação do solo tem, como consequência, o aumento da solubilidade dos compostos de alumínio, o que ocasiona o aumento da concentração de alumínio livre na solução do solo (EBELING, 2010). Esse fato pode ser observado em solos onde o pH encontra-se abaixo de 5,0 (MCLEAN, 1976; SANTOS, 1991; COSCIONE et al., 1998; MENZIES, 2003; RENGEL, 2003; MANAHAN, 2001), característica observada também para os solos deste estudo, sendo que raramente ocorrem em pH maior que 5,0 (LINDSAY & WALTHALL, 1996).

Ebeling et al. (2009), afirmam que o método para quantificar o  $Al^{3+}$  por titulação (EMBRAPA, 1997), como foi desenvolvido para solos minerais, pode não ser adequado para medir o  $Al^{3+}$  em solos com elevado teor de MO. Os elevados teores de hidrogênio presentes nestes solos, provenientes dos ácidos orgânicos, interferem na sua quantificação do  $Al^{3+}$ . Além disso, a elevada acidez na maioria dos horizontes hísticos, devido aos elevados teores de ácidos orgânicos pode superestimar os teores de  $Al^{3+}$  trocável, como observado por Ebeling (2006). Organossolos são geralmente ácidos e possuem elevados teores de  $Al^{3+}$  trocável. Estas características são indesejáveis em solos minerais, mas com menor impacto negativo para o crescimento e desenvolvimento das plantas nos solos orgânicos, devido à complexação do  $Al^{3+}$  pela matéria orgânica (EBELING, 2006; SOARES, 2011).

#### **6.1.3.2.4 Ferro (Fe), zinco (Zn), cobre (Cu) e manganês (Mn)**

Sob o ponto de vista físico-químico, o material turfoso é um material poroso, altamente polar, com elevada capacidade de adsorção para metais de transição e moléculas

orgânicas (CRESCÊNCIO JÚNIOR, 2008). Coupal & Lalancette (1976), afirmam que as substâncias húmicas presentes na turfa são responsáveis pela elevada capacidade de adsorção para metais de transição e moléculas orgânicas polares.

A Tabela 10 mostra quantidades consideráveis de Fe, Zn, Cu e Mn ocupando o complexo sortivo das camadas de solo das duas turfeiras estudadas. Os teores médios de Fe e Mn foram os únicos que diferenciaram significativamente entre as turfeiras estudadas e, as maiores médias destes atributos foram para a turfeira do Rio Preto. Estes elementos, assim como o Zn, apresentaram padrão de diminuição em profundidade nos testemunhos sob as duas fitofisionomias do Rio Preto, enquanto que as médias do Cu apresentaram padrão similar apenas para o CLU deste local (Anexo B e Tabela 10). Para o Córrego Cachoeira dos Borges, observa-se que as médias de Mn foram maiores nas camadas superficiais para as duas fitofisionomias avaliadas (Anexo B e Tabela 10).

A turfa tem sido largamente pesquisada para aplicação no tratamento de efluentes (DISSANAYAKE & WEERASOORIYA, 1981; PATTERSON et al., 2001; SANTOS et al., 2001; CLAUDINO, 2003; ALMEIDA et al., 2004) devido à sua alta capacidade de adsorção de metais. A capacidade natural de adsorção de cátions metálicos pela turfa encontra-se diretamente relacionada com o pH da solução (CRESCÊNCIO JÚNIOR, 2008). Segundo Coupal & Lalancette (1976), entre pH 3,0 e 8,5, a turfa adsorve, de forma bastante eficiente, a maioria dos metais de transição em proporções superiores a 4% da sua massa seca, mas perde sensivelmente seu poder sorvente para a maioria dos metais em pH inferior a 3,0. Neste sentido, os dados da Tabela 10 atestam que os solos turfosos estudados funcionam como excelentes adsorvedores dos metais em solução.

#### **6.1.3.2.5 Soma de bases (SB) e saturação por bases (V)**

As médias de SB e V foram muito baixas (ALVAREZ et al., 1999) e apresentaram diferenças significativas entre as profundidades, sendo que as maiores médias para os dois atributos foram encontradas em camadas mais superficiais em todos os testemunhos (Anexo B e Tabela 10). Entre as turfeiras, as diferenças não foram significativas para as médias de V, não ocorrendo o mesmo para a SB, onde os solos do Rio Preto tiveram médias de SB superiores às do Córrego Cachoeira dos Borges (Anexo B).

A SB foi baixa, devido, principalmente, aos baixos teores de  $\text{Ca}^{+2}$  e  $\text{Mg}^{+2}$  que, associada à elevada acidez potencial, pela contribuição do alto teor de MOS, fornecendo grande quantidade do íon  $\text{H}^+$ , refletiram em baixas V, mostrando ainda que alguns Organossolos apresentam baixa fertilidade natural. Os baixos valores de SB e V também estão relacionados com a natureza quartzítica das rochas da região, que são pobres em nutrientes (SAADI, 1995).

#### **6.1.3.2.6 Acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ) e saturação por alumínio (m)**

As médias de  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$  foram diferentes entre as fitofisionomias das duas turfeiras analisadas, sendo maiores para o CLU do Córrego Cachoeira dos Borges e para a FES do Rio Preto (Anexo B e Tabela 10). Silva et al. (2008), em estudos comparativo de métodos para estimar a  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ , detectou que o atributo do solo que mais influenciou neste parâmetro, dos 22 Organossolos da Serra do Espinhaço Meridional estudados, foi o teor de carbono orgânico seguido pelo teor  $\text{Al}^{3+}$  trocável. Constatação esta, também encontrada por Ebeling (2006).

A acidez potencial e a saturação por alumínio não apresentaram diferenças significativas entre as turfeiras e nem em profundidade nos testemunhos da turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges (Anexo B). Os testemunhos analisados sob as turfeiras do Rio Preto tiveram significativas diferenças entre as fitofisionomias e entre as profundidades para m e as menores médias foram detectadas no CLU e nas camadas mais superiores dos testemunhos sob as duas fitofisionomias (Anexo B e Tabela 10).

#### **6.1.3.2.7 CTC efetiva (t) e CTC a pH 7 (T)**

Os valores de t e de T não apresentaram diferenças significativas entre as áreas estudadas (Anexo B). Entretanto, as médias de t apresentaram diferenças entre as fitofisionomias e entre as profundidades dos testemunhos de solo do Rio Preto, sendo maiores para a FES e mais elevadas nas camadas entre 15 e 45 cm para as duas fitofisionomias, quando os teores de  $\text{Al}^{3+}$  também são mais elevados (Anexo B e Tabela 10).

A T não variou em profundidade para todos os locais, mas entre as fitofisionomias do Córrego Cachoeira dos Borges foi observada maior média para o CLU em relação à FES (Anexo B e Tabela 10).

A elevada CTC nos Organossolos deve-se, principalmente, a presença dos colóides orgânicos, que possuem grande superfície específica (BRADY, 1989; BRADY & WEIL, 1999). Os colóides orgânicos possuem áreas de exposição duas a dez vezes maiores do que os colóides de solos minerais (EBELING, 2010). Portanto, pode-se afirmar que, depois da capacidade de reter água, as duas principais propriedades da turfa são a capacidade de troca catiônica (CTC) e o poder tampão (EBELING, 2010).

Dados apresentados por Conceição (1989), Couto (1984) e Valladares (2003), mostram elevados valores de T para Organossolos, assim como aqueles encontrados por Campos et al. (2010) que foram superiores a  $30 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ . Souza Júnior et al. (2001), encontraram valores de T variando de 22,9 a  $110,2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , enquanto que Ebeling et al. (2011), encontraram variação de 13,8 a  $67,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , com média de  $38,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Segundo Silva & Mendonça (2007), a quase totalidade dos valores de T em Organossolos estaria relacionada aos elevados teores de carbono orgânico, de forma que este seria 121 vezes mais importante para a geração de cargas no solo do que a fração argila em solos minerais. Ainda, segundo esses autores, a habilidade do solo em formar cargas elétricas, se correlaciona fortemente com os teores de ácidos húmicos e ácidos fúlvicos, principalmente.

#### **6.1.4 Classificação dos testemunhos de solo**

Com base nas análises químicas, físicas e morfológicas (Tabelas 1 a 10), os testemunhos dos Organossolos descritos e caracterizados neste estudo demonstraram se tratar de solos orgânicos em estágios avançados de decomposição da matéria orgânica, podendo-se afirmar que a área estudada é representada por ORGANOSSOLOS HÁPLICOS Sápricos típicos (EMBRAPA, 2006).

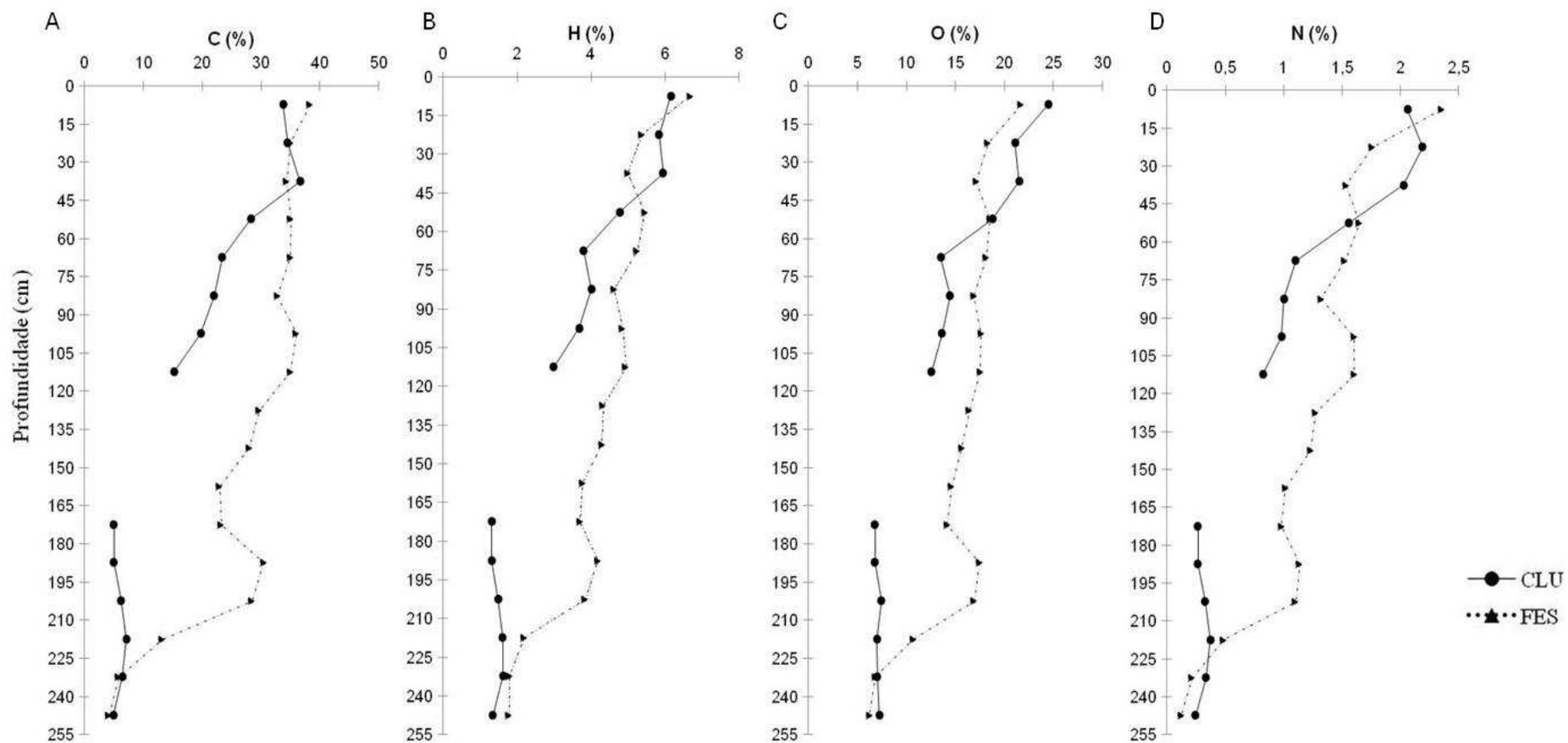
Do ponto de vista químico, os Organossolos apresentaram CTC elevada, em virtude da grande quantidade de matéria orgânica, entretanto, baixa porcentagem de saturação por bases (Tabela 10), o que os caracteriza como distróficos (EMBRAPA, 2006). De acordo com Pereira et al. (2005), que avaliou 254 horizontes hísticos no Brasil, os resultados obtidos são comuns à grande maioria dos Organossolos amostrados.

Em virtude da constante percolação por fluxos hídricos, os Organossolos de altitude, como estes em estudo, apresentam, predominantemente, baixa saturação por bases e baixo pH (PEREIRA et al., 2005). Estas condições são propícias ao acúmulo da matéria orgânica por restringir sua mineralização (SANTOS et al., 2006). Além disso, a ocorrência de elevados valores de alumínio trocável evidenciou o caráter álico ( $m > 50\%$ ) em todos os testemunhos amostrados. Entretanto, de acordo com Pavan (1983), estes valores fizeram referência a apenas uma pequena porção daquela que compõe o Al total do solo.

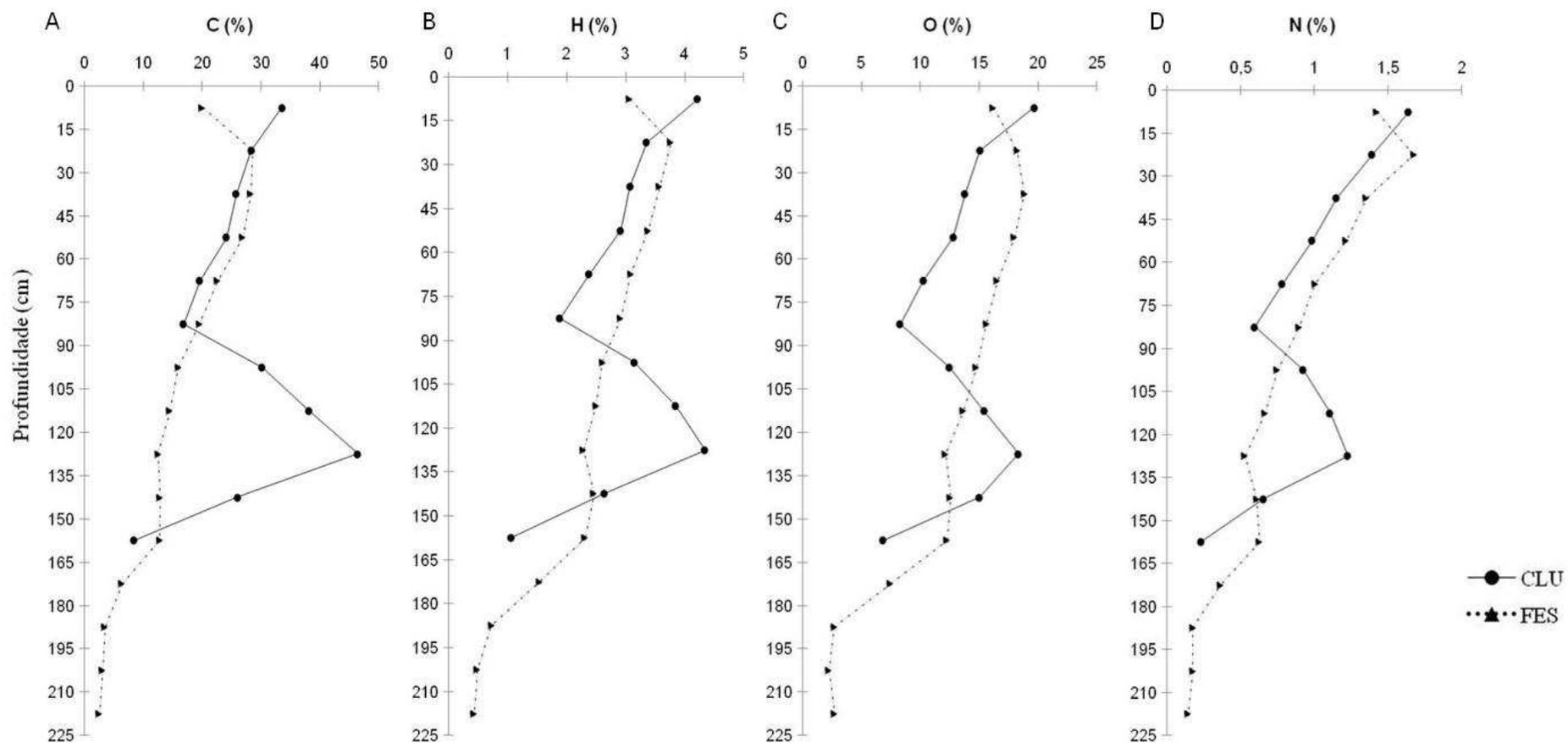
### **6.1.5 Análise da composição elementar e de razões molares atômicas dos solos**

A composição elementar do solo, expressa em %C, %H, %N, %O, e suas relações, indicaram grande amplitude de variação entre as amostras, sendo possível observar diferenças significativas entre os Organossolos das diferentes áreas (Anexo C, Figura 21 e Figura 22). Os testemunhos de solo do Rio Preto tiveram médias destes elementos mais elevadas que os do Córrego Cachoeira dos Borges (Anexo C).

Os teores médios de C variaram de 2,62 a 46,46%, os de H de 0,44 a 6,69%, os de O variaram de 2,27 a 24,48% e os de N de 0,12 a 2,36% para os testemunhos avaliados (Figura 21 e Figura 22). Esta variação encontra-se relacionada com o MM das camadas, quanto maior os teores de MM, menores são os teores de C, N, O e H (Tabela 9, Figura 21 e Figura 22). Volk & Schnitzer (1973), analisando Histosols na Florida - USA, encontraram valores de C de 53,1 a 59,4%, H de 5,1 a 6,6%, N de 3,2 a 5,1%, e O de 29,8 a 37,2%. Baes & Bloom (1989), encontraram, em Histosols da região de Denver (Colorado), 53,2% de C, 5,3% de H, 2,7% de N e 38,3% de O. González-Perez et al. (2008), encontraram, em solos do litoral de São Paulo, %C de 48,9 a 54,6, %H de 4,1 a 4,3, %N de 2,3 a 3,8 e %O de 33,2 a 37,9. Fontana (2009), estudando horizontes diagnósticos de diferentes classes de solos do Brasil, encontrou %C de 52,9 a 57,4, %H de 3,8 a 5,5, %N de 2,3 a 3,7 e %O de 35,7 a 41,2.



**Figura 21.** Teores médios de A: carbono (%C), de B: hidrogênio (%H), de C: oxigênio (%O) e de D: nitrogênio (%N) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.

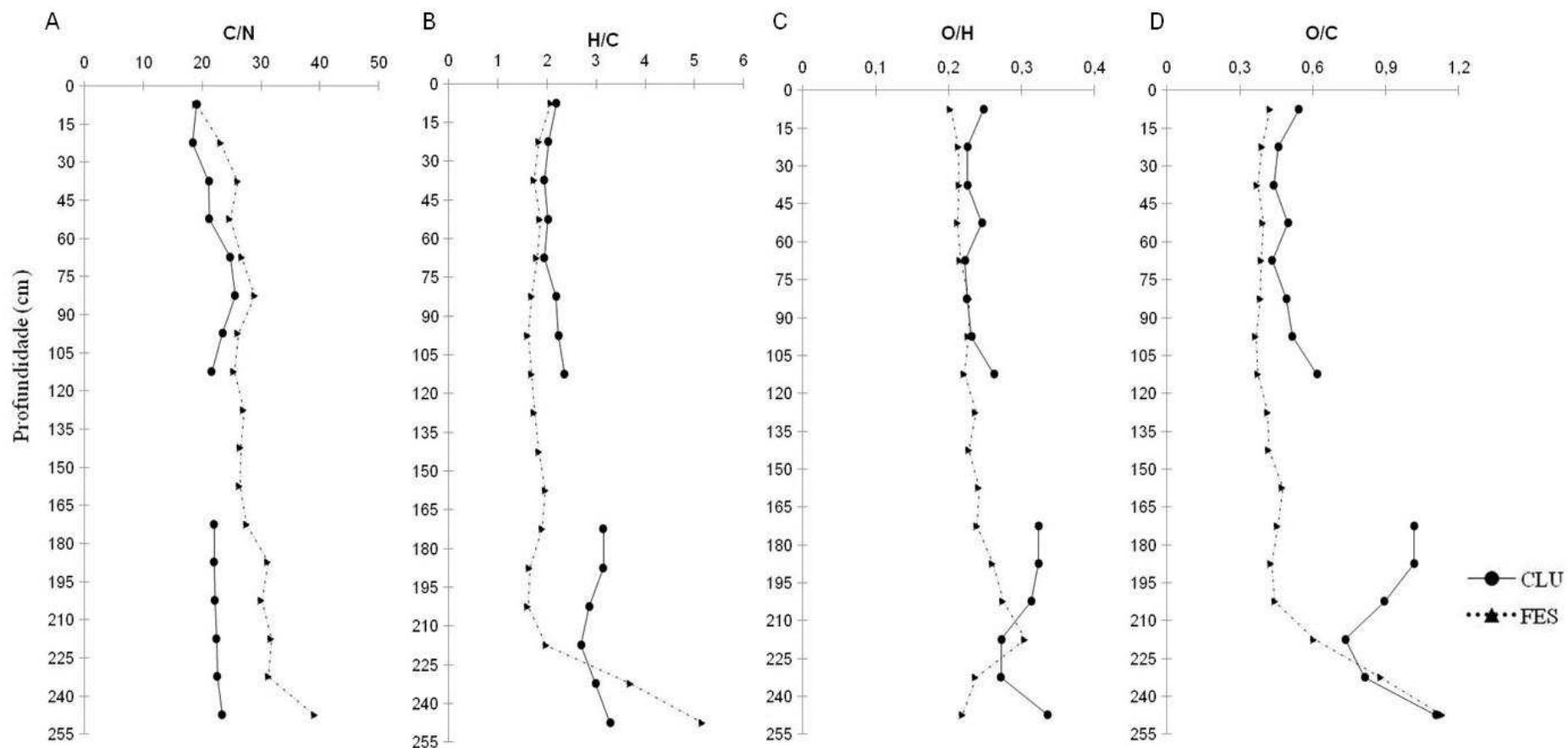


**Figura 22.** Teores médios de A: carbono (%C), de B: hidrogênio (%H), de C: oxigênio (%O) e de D: nitrogênio (%N) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

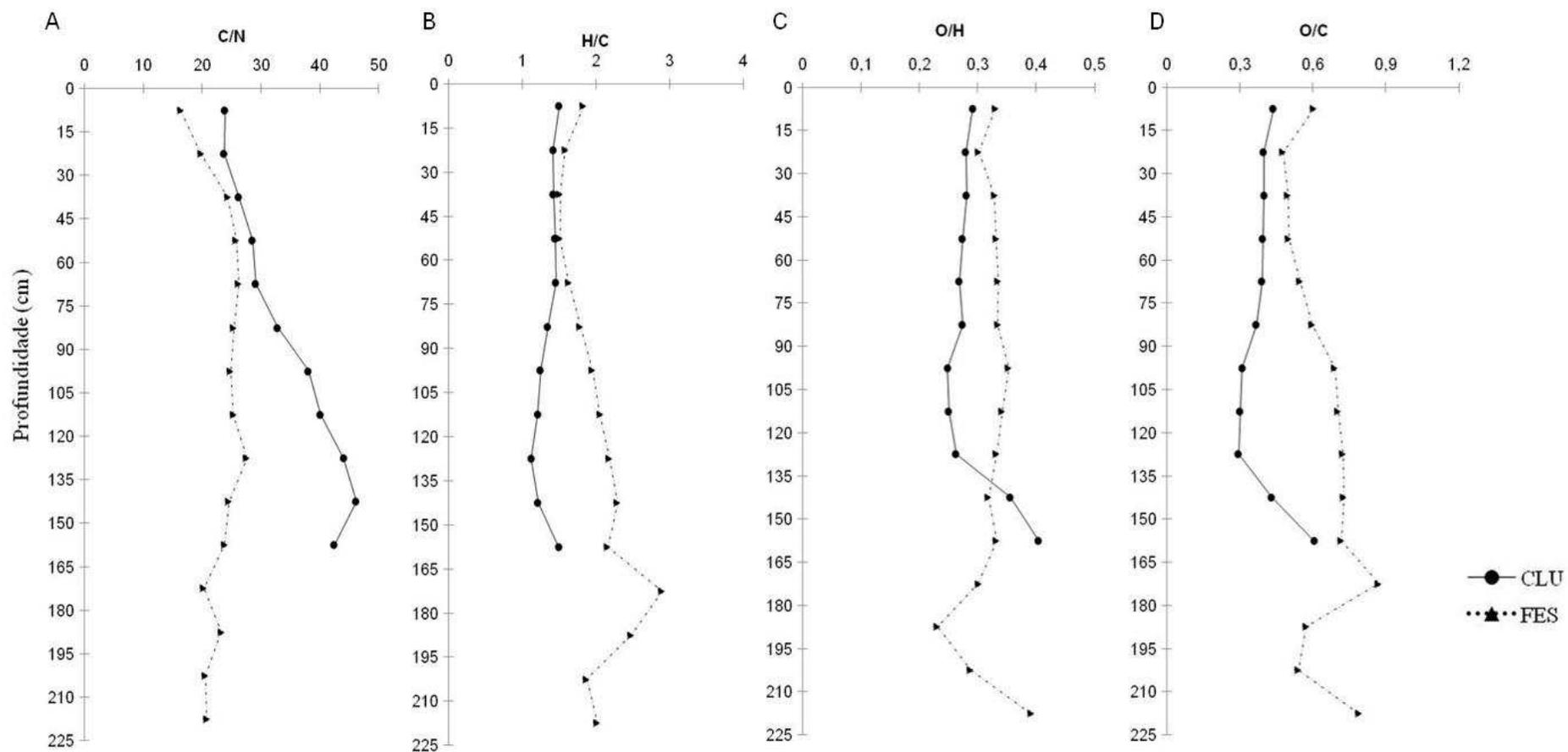
Nos testemunhos do Rio Preto, a FES apresentou menores médias de %C, de %H, de %O e de %N em relação ao CLU e seguiram um padrão de diminuição em profundidade para as duas fitofisionomias deste local (Anexo C e Figura 21A a Figura 21D). As médias de %O foram as únicas que não diferiram significativamente entre as fitofisionomias para esta turfeira (Anexo C).

Nos testemunhos do Córrego Cachoeira dos Borges, foram encontradas diminuições significativas dos teores de %N em profundidade, não diferindo significativamente entre as fitofisionomias (Anexo C e Figura 22). Os teores de %C e de %O, apesar de não mostrarem diferenças significativas em profundidade, foram mais elevados no CLU em relação à FES (Anexo C e Figura 22). Por outro lado, as %H não apresentaram diferenças significativas nem entre as fitofisionomias, nem entre as profundidades, para a turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges (Anexo C). Observa-se ainda, a presença de picos para %H, %O e %N na camada de 120 a 135 cm dos testemunhos sob FES do Córrego Cachoeira dos Borges o que pode estar relacionado à alta %C (Figura 22) e ao elevado conteúdo de MO nesta camada (Tabela 10).

Assim como observado para os teores dos elementos, as relações atômicas também apresentaram grande variação e foram de 16,45 a 46,25 para C/N, de 1,12 a 7,01 para H/C, de 0,14 a 1,53 para O/H e de 0,30 a 1,13 para O/C (Figuras 23 e 24).



**Figura 23.** Relação A: carbono/nitrogênio (C/N), B: hidrogênio/carbono (H/C), C: oxigênio/hidrogênio (O/H) e de D: oxigênio/carbono (O/C) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Rio Preto.



**Figura 24.** Relação A: carbono/nitrogênio (C/N), B: hidrogênio/carbono (H/C), C: oxigênio/hidrogênio (O/H) e de D: oxigênio/carbono (O/C) em profundidade em testemunhos sob Campo Limpo Úmido (CLU) e Floresta Estacional Semidecidual (FES) de uma turfeira na cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

Mendonça (1999) verificou que os teores totais de N variavam com os teores de MOS, uma vez que cerca de 95% do N do solo encontra-se associado à matéria orgânica (SILVA & MENDONÇA, 2007). Apesar de estes solos apresentarem elevados teores de nitrogênio total, esse elemento pode não estar biodisponível, uma vez que a disponibilidade é influenciada pela temperatura, umidade no solo, aeração e acidez (EBELING, 2010; ANDRIESSE, 1988). A diminuição do teor de N em profundidade (Figura 21D e Figura 22D), provavelmente encontra-se associada ao maior tempo de interação dos compostos orgânicos com a biota do solo, durante o qual, também podem ter ocorrido reações químicas com a solução do solo.

Os teores de nitrogênio são mais relevantes quando interpretados através da sua relação com o teor de carbono (relação C/N), no que diz respeito à evolução da MOS (LAL, 2002). Diversos trabalhos evidenciam que a relação C/N dos resíduos orgânicos presentes no solo é um dos principais fatores controladores da velocidade do processo de decomposição (HEAL et al., 1997). De acordo com Silva & Mendonça (2007), a mineralização do N da matéria orgânica do solo ocorre simultaneamente com a do C. Para Organossolos em clima tropical, relações C/N superiores a 16 afetam a disponibilidade do N (ANDRIESSE, 1988). Estas relações nos demonstram que os solos avaliados encontram-se em processo lento de mineralização, uma vez que o aumento da relação C/N com a profundidade (Figura 23A e Figura 24A) evidencia maior taxa de mineralização dos compostos orgânicos mais ricos em N (SWIFT, 1996).

O menor conteúdo de oxigênio em profundidade (Figuras 21C e 22C) sugere a menor quantidade de grupos funcionais oxigenados na MO dos Organossolos estudados. Por outro lado, a razão O/C permite estimar a abundância de oxigênio contido em grupos funcionais (BRAVARD & RIGHI, 1991). Para os testemunhos das turfeiras estudadas foram obtidos valores de até 1,13 para a relação O/C (Figura 23D). Valores da relação O/C superiores a 0,5, como os aqueles encontrados para os testemunhos das duas turfeiras deste estudo, refletem a maior quantidade de grupos funcionais oxigenados, como COOH e carboidratos (STEELINK, 1985). Segundo Ibarra et al. (1994), a diminuição na razão O/C indica o aumento no número de anéis condensados.

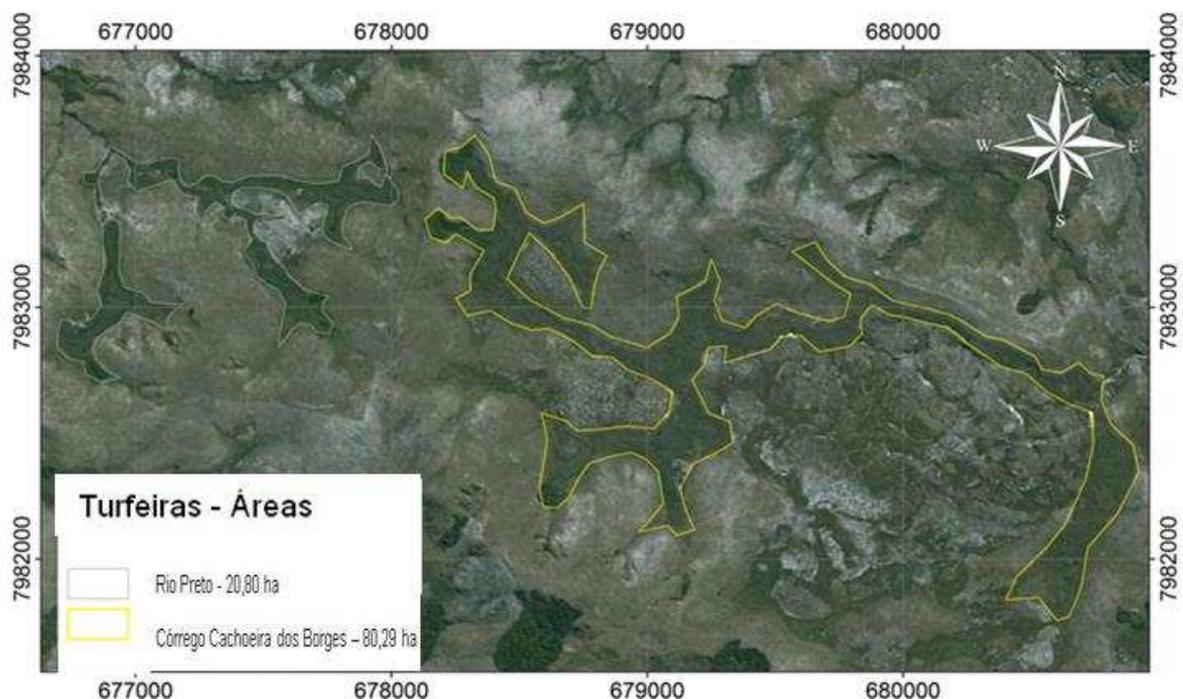
Nas Figuras 21B e 22B observam-se, em geral, altos teores de hidrogênio. Teores estes, considerados comuns para Organossolos, onde a liberação de  $H^+$  se deve ao processo de decomposição do resíduo vegetal, que libera ácidos orgânicos (SOARES, 2011). E, os altos valores da relação H/C ( $\geq 1,0$ ), observados na maioria das camadas dos testemunhos estudados (Figura 23B e Figura 24B), indicam maior contribuição de componentes alifáticos

(maior alifaticidade) das substâncias húmicas (STEELINK, 1985; CANELLAS et al., 2005). Por outro lado, a baixa relação H/C ( $< 1,0$ ) indica a presença de compostos aromáticos e, ou uma condensação dos anéis aromáticos (DICK et al., 2002; BENITES et al., 2005), ou seja, materiais com maior resistência aos processos oxidativos, fato este, não observado na presente pesquisa.

## 6.1.6 Mapeamento e determinação do estoque de água e de carbono das turfeiras

### 6.1.6.1 Área e volume das turfeiras

Na Figura 25, encontram-se as distribuições das turfeiras com suas respectivas áreas de ocupação. Estes dados, juntamente com aqueles relativos às profundidades médias, demonstram que a turfeira do Rio Preto ocupa uma área de 20,80 ha e volume de 271.515,11 m<sup>3</sup> e que a turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges ocupa uma área de 80,29 ha e volume de 891.219,00 m<sup>3</sup> (Tabela 11).



**Figura 25.** Áreas ocupadas pelas turfeiras do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges.

**Tabela 11.** Área e volume ocupado pelas turfeiras de afluentes do Rio Araçuaí.

<b>Afluente</b>	<b>Área</b> ha	<b>PM</b> m	<b>V</b> m <sup>3</sup>
Rio Preto	20,80	1,31	271.515,11
Córrego Cachoeira dos Borges	80,29	1,11	891.219,00

PM: profundidade média da turfeira; V: volume total da turfeira.

### 6.1.6.2 Estoque de carbono fixado

Entender a dinâmica do carbono em ambiente de turfeira é uma tarefa bastante complicada. Esse elemento pode seguir várias rotas em ambiente redutor, que vão desde as perdas para a atmosfera na forma de metano CH<sub>4</sub> ou de CO<sub>2</sub> até a complexação com argilo-minerais, ou lixiviação na forma de carbono orgânico dissolvido (WADDINGTON & ROULET, 1997; FREEMAN et al., 2004). No entanto, a avaliação dos estoques de C no solo é fundamental para compreender a dinâmica da MOS em sistemas naturais (SOARES, 2011). Este atributo pode auxiliar no desenvolvimento de tecnologias agrícolas sustentáveis, bem como avaliar o papel do solo como depósito ou fonte de C-CO<sub>2</sub> e N-N<sub>2</sub>O para a atmosfera (CORAZZA et al., 1999).

Os Organossolos possuem capacidade diferenciada de outras classes de solos quanto ao armazenamento de carbono e, por esse motivo, são muito importantes como reservatórios deste elemento, mesmo sendo encontrados em pequenas áreas (SANTOS et al., 2003). Entretanto, as áreas de Organossolos no Brasil vêm sendo objeto de intensas pressões antrópicas para vários fins, culminando na degradação da MOS, no declínio da produtividade e até mesmo em seu desaparecimento.

O C e o N são os principais componentes da MOS e os seus estoques variaram em função das taxas de adição, por resíduos vegetais e, ou, animais, e de perdas, dentre elas, as decorrentes da oxidação pelos microrganismos do solo (SOARES, 2011). Em solos sem intervenção antrópica, o teor e o estoque desses elementos são determinados basicamente pela temperatura, pela umidade e pelo tipo de solo (BAYER & MIELNICZUK, 1997).

De posse dos resultados das áreas e volumes das turfeiras, juntamente com os valores de densidades do solo e os teores médios de carbono, estimou-se uma massa total de 4.299,39 toneladas de C estocada nos 20,80 hectares da turfeira da cabeceira do Rio Preto e de

14.781,09 toneladas de C estocada nos 80,29 hectares da turfeira da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges (Tabela 12).

Campos et al. (2012), quantificaram um estoque médio de MO de 552 t ha<sup>-1</sup> em uma turfeira em Diamantina, que equivale a um acúmulo médio de C de 357,2 t ha<sup>-1</sup>. Silva et al. (2013a), mapeando 14.287,55 hectares de turfeiras na SdEM, obtiveram um estoque total de 6.120.167 t de MO, o que corresponde a 428,36 t ha<sup>-1</sup> de MO ou 254,27 t ha<sup>-1</sup> de C. Estes valores são superiores aos encontrados para as turfeiras das cabeceiras do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges que foram de 206,70 t ha<sup>-1</sup> e de 184,10 t ha<sup>-1</sup> de C, respectivamente.

**Tabela 12.** Estoque médio de carbono de afluentes do Rio Araçuaí.

<b>Afluente</b>	<b>Área</b> ha	<b>V</b> m <sup>3</sup>	<b>DM</b> g cm <sup>-3</sup>	<b>Corg</b> dag kg <sup>-1</sup>	<b>VC</b> m <sup>3</sup>	<b>MC</b> t
Rio Preto	20,80	271.515,11	0,42	23,13	1.023.663,56	4.299,39
Córrego Cachoeira dos Borges	80,29	891.219,00	0,50	20,35	2.956.217,98	14.781,09

V: volume da turfeira; DM: densidade média do solo; C org: carbono orgânico do solo; VC: volume de carbono orgânico do solo; MC: massa de carbono orgânico do solo.

Gorham (1991), encontrou cerca de 1.083 toneladas de C retidos em uma turfeira do Hemisfério Norte. Campos (2009), estimou massa total de 33.129,7 toneladas de C estocada numa turfeira da Serra do Espinhaço Meridional e crescimento anual de até 0,143 mm ano<sup>-1</sup>. Porém, este autor relata que na SdEM, as taxas de acúmulo de carbono orgânico são menores do que aquelas obtidas em países de temperados.

O aumento no teor de carbono estocado no solo é de grande importância, pois o carbono depositado é proveniente do sequestro atmosférico via fotossíntese, sendo, do ponto de vista ambiental, muito importante na mitigação da emissão de gases do efeito estufa (LAL, 2002). Em Organossolos, sua importância é ainda maior, pois a MOS é oriunda de material estocado ao longo do tempo de formação dos solos, por vez em períodos geológicos anteriores (SOUZA, 2011).

### 6.1.6.3 Estoque de água

Do ponto de vista hidrológico, os Organossolos ocupam uma posição intermediária entre os ecossistemas terrestres e fluviais ou marinhos, possuindo elevado teor de umidade

(HORÁK et al., 2011). Os constituintes do material orgânico destes solos refletem as condições climáticas locais e regionais, capacidade nutritiva, umidade e, especialmente, a natureza da água presente durante a formação (NICHOLSON & VITT, 1990). As propriedades e os componentes desses pedoambientes lhes permitem funcionar como autênticos reservatórios de água, intervindo no controle hidrológico ambiental (LÉVESQUE & DÍNEL, 1982).

Campos et al. (2012), em estudo de uma turfeira da Área de Proteção Ambiental Pau-de-Fruta (APA Pau-de-Fruta), em Diamantina – MG, encontrou volume médio de 497.767 m<sup>3</sup> de água ocupando cerca 83,7% do volume total da turfeira. O mesmo autor observou variações nos teores de água retida em função da sazonalidade do período chuvoso na área, em que os menores percentuais de retenção deste recurso natural ocorreram nos meses mais secos do ano.

A partir dos dados referentes ao volume ocupado por cada turfeira (Tabela 11 e Tabela 12) e, levando-se em conta o trabalho de Campos et al. (2012), foi obtido volume médio de 227.258,15 m<sup>3</sup> (10.925,87 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de água retido pela turfeira da cabeceira do Rio Preto enquanto que, para a turfeira do Córrego Cachoeira dos Borges foi obtido um volume médio de 745.950,30 m<sup>3</sup> (9.290,70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de água. Silva et al. (2013a) estudando turfeiras da SdEM, estimou um volume de 142.138.262 m<sup>3</sup> de água armazenado nestes ambientes, o que corresponde a 9.948 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Faixa similar foi encontrada por Campos et al. (2012), em uma turfeira em Diamantina, que armazena entre 1.039 e 10.833 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

## 6.2 ÁGUA

A natureza geológica das áreas de drenagem e principalmente o material proveniente das camadas orgânicas dos solos deste estudo, conferiram as suas águas características físicas, químicas e biológicas peculiares. Entre estas características estão a baixa condutividade, o pH ácido, a baixa DBO<sub>5</sub> e o baixo teor de sais minerais como o potássio, o cálcio e o magnésio.

As águas provenientes das chuvas, ao passarem por solos orgânicos sofrem mudanças físico-químicas devidas às próprias características do solo. Quando em processo de mineralização, estes solos liberam substâncias ricas em ácidos orgânicos de coloração escura, classificados como substâncias húmicas, conferindo, dentre outros atributos, acidez e cor à água (ZON, 2008). Prévost (1999), Wallage et al. (2006) e Tiemeyer (2007) foram alguns dos

autores que analisaram características de Organossolos e a influência destes, sobre parâmetros de qualidade da água.

A descrição dos pontos de coleta, assim como os resultados dos atributos caracterizadores das águas da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges e do Rio Preto, para duas épocas de coleta, encontram-se na Tabela 13 a Tabela 16. A título de comparação, os atributos de qualidade das águas nos diversos pontos de amostragem foram avaliados à luz de padrões de qualidade de águas superficiais conforme a Classe 1 de classificação dos corpos d'água, apresentada pela Resolução CONAMA nº 357 (CONAMA, 2005), uma vez que a classe em que se encontra estes corpos d'água (Classe Especial) não apresenta regulamentação quantitativa dos atributos avaliados pela referida resolução.

**Tabela 13.** Descrição dos pontos de coleta das águas de cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

<b>Local</b>	<b>AMOSTRA</b>	<b>Coordenadas UTM</b>	<b>Altitude m</b>	<b>Observações</b>
	RPE	23k 0677 769 S, 7 982 930 W	1 605	Lago perto do primeiro capão do Rio Preto; Ponto especial de coleta, uma vez que a água neste local possui caráter lântico, formando uma espécie de "mini-barragem";
Rio Preto	RP1	23k 0677 673 S, 7 983 061 W	1 605	Ponto mais a montante da cabeceira do Rio Preto;
	RP2	23k 0677 469 S, 7 983 314 W	1 593	Ponto mediano da cabeceira do Rio Preto;
	RP3	23k 0677 331 S, 7 983 455 W	1 574	Ponto mais a jusante da cabeceira do Rio Preto;
	RA1	23k 0678 688 S, 7 982 365 W	1 597	Ponto mais a montante da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges;
Rio Araçuaí	RA2	23k 0678 834 S, 7 982 512 W	1 596	Ponto mediano do da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges;
	RA3	23k 0679 014 S, 7 982 485 W	1 590	Ponto mais a jusante da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

**Tabela 14.** Composição física e química das águas de uma cabeceira do Rio Preto em duas épocas de amostragem.

Estação	Amostra	Temperatura °C	pH	OD mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	CE μS cm <sup>-1</sup>	DQO mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	DBO <sub>5</sub> mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	DBO/DQO
CONAMA 375/05		NN	6,0 - 9,0	≥ 6,0	NN	NN	≤ 3,0	NN
	RPE	20,59	5,30	3,70	6	19,33	0,89	0,05
Chuvosa	RP1	18,02	4,55	3,43	7	49,52	0,75	0,02
	RP2	19,16	4,91	5,40	6	12,38	1,39	0,11
	RP3	19,27	4,89	4,92	4	81,16	0,42	0,01
	RPE	19,05	5,09	6,57	5	19,33	2,21	0,11
Seca	RP1	15,94	4,55	3,02	7	23,78	1,08	0,05
	RP2	16,82	4,88	6,42	4	28,49	1,94	0,07
	RP3	16,76	5,09	5,89	3	55,59	3,22	0,06

Estação: estação de coleta; Amostra: amostras do RPE (ponto extra que não entra no cálculo das médias), RP1 (ponto mais a montante), RP2 (ponto mediano) e RP3 (ponto mais a jusante) do curso de água da cabeceira do Rio Preto; Temperatura: temperatura da água; pH: potencial hidrogeniônico da água; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; DQO: demanda química de oxigênio; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; NN: não normalizado.

**Tabela 15.** Composição física e química das águas de uma cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges em duas épocas de amostragem.

Estação	Amostra	Temperatura	pH	OD	CE	DQO	DBO <sub>5</sub>	DBO/DQO
		°C		mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	μS cm <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>	
CONAMA 375/05		<sup>5</sup> NN	6,0 - 9,0	≥ 6,0	NN	NN	≤ 3,0	NN
Chuvosa	RA1	20,35	5,11	2,05	7	43,20	1,71	0,04
	RA2	20,04	5,21	5,23	8	74,69	1,69	0,02
	RA3	19,99	5,04	5,34	9	28,51	1,94	0,07
Seca	RA1	19,40	4,91	4,37	1	48,77	1,36	0,03
	RA2	16,45	4,82	4,36	7	39,82	2,64	0,07
	RA3	15,58	3,85	6,00	7	58,33	2,42	0,04

Estação: estação de coleta; Amostra: amostras do RA1 (ponto mais a montante), RA2 (ponto mediano) e RA3 (ponto mais a jusante) do curso de água da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges; Temperatura: temperatura da água; pH: potencial hidrogeniônico da água; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; DQO: demanda química de oxigênio; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; NN: não normalizado.

**Tabela 16.** Metais e nutrientes dissolvidos nas águas de turfeiras das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí em duas épocas de amostragem.

Estação	Amostra	Dureza	N Total	P Total	Ortofosfato	K	Fe Total	Al	Zn	Mn	Cu	Sulfeto	Sulfato
		Total			Total								
-----mg L <sup>-1</sup> -----													
Chuvosa	RPE	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	2,6	1,4	0,23	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RP1	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	<0,1	0,17	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RP2	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	<0,1	0,68	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RP3	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	<0,1	0,10	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RA1	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	0,10	0,13	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RA2	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	0,13	0,10	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RA3	<0,01	<0,1	0,12	<0,1	<2,5	0,14	0,10	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RPE	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	2,60	0,89	0,23	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RP1	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	<0,1	0,17	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
Seca	RP2	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	<0,1	0,68	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RP3	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	<0,1	0,10	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RA1	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	0,12	0,13	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RA2	<0,01	<0,1	<0,1	<0,1	<2,5	0,10	0,13	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	RA3	<0,01	<0,1	0,12	<0,1	<2,5	0,11	0,11	<0,01	<0,1	<0,1	<0,03	<5,0
	<b>LI</b>	0,01	0,1	0,1	0,1	2,5	0,1	0,1	0,01	0,1	0,1	0,03	5,0

Estação: estação de coleta; Amostra: amostras do RPE (ponto extra que não entra no cálculo das médias), RP1 (ponto mais a montante), RP2 (ponto mediano) e RP3 (ponto mais a jusante) do curso de água da cabeceira do Rio Preto e do RA1 (ponto mais a montante), RA2 (ponto mediano) e RA3 (ponto mais a jusante) do curso de água da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges; Dureza total, N Total, P Total, Ortofosfato Total, K, Fe Total, Al, Zn, Mn, Cu, Sulfeto e Sulfato: determinados por kits comerciais de análises de águas (ALFAKIT, 2012); LI: Limite inferior de detecção do kit de análises de águas.

### 6.2.1 Temperatura

A temperatura da água pode afetar a vida aquática, a concentração de oxigênio dissolvido e a demanda biológica de oxigênio (TUNDISI, 1986). Aumentos na temperatura da água podem estar relacionados com a transferência de calor por radiação, condução e convecção (atmosfera e solo), ou por atividades antrópicas (ESPÍNDOLA et al., 2000). Von Sperling (1996) descreve que elevações de temperatura aumentam as taxas de reações químicas e biológicas.

A temperatura média da água na estação chuvosa e seca foi de 18,82 °C e 17,14 °C para o Rio Preto e de 20,13 °C e 16,15 °C para o Córrego Cachoeira dos Borges, respectivamente. Neves et al. (2008), em estudo da geoquímica ambiental da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, em Diamantina – MG, encontrou variação sazonal média de 3 °C para a temperatura da água.

Ainda com relação à temperatura da água, observa-se diferença significativa entre as épocas de coleta (Anexo D). Porém, esta variação é normal em função da sazonalidade e pode ter sido influenciada pela disposição das turfeiras, incidência luminosa e, em menor escala, pelo horário de medição, pois foram realizadas em distintos períodos do dia para ambas as estações. Também, a variação da média entre os dois períodos se dá, possivelmente, devido à estação seca ocorrer no inverno, quando as temperaturas no local são mais baixas e, a estação chuvosa, no verão, quando as temperaturas são mais altas.

### 6.2.2 Condutividade elétrica (CE)

Através da condutividade é possível quantificar os macronutrientes, obter informações sobre a produção primária e a decomposição, além de identificar as fontes poluidoras e diferenças hidrogeoquímicas, dentre outras (ESTEVES, 1998). As médias referentes à CE foram em torno de 5  $\mu\text{S cm}^{-1}$  para o Rio Preto e de 7  $\mu\text{S cm}^{-1}$  para o Córrego Cachoeira dos Borges, nas duas campanhas de amostragem (Tabela 14 e Tabela 15).

A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos (inorgânicos) dissolvidos são adicionados (VALLE JUNIOR et al., 2013). Para verificação da pureza da água é necessário análise da CE, pois quanto mais impura, maior condutividade ela apresentará. Em

geral, níveis superiores a  $100 \mu\text{S cm}^{-1}$  indicam ambientes impactados (CETESB, 2008; HERMES & SILVA, 2004; MACHADO et al., 2013), o que revela que cursos em estudo demonstraram caráter de alta pureza e indicaram serem áreas pouco impactadas (Tabela 14 e Tabela 15). Para Hem (1970), cursos d'água com valores de CE menores que  $50 \mu\text{S cm}^{-1}$  são classificados como baixos, o que é típico de cursos que drenam áreas de litologia constituída por rochas resistentes ao intemperismo, como é o caso destes locais estudados.

A condutividade elétrica da água tende a aumentar com a elevação da temperatura (FEITOSA & MANOEL FILHO, 2000). Apesar de não ter sido detectado diferença significativa entre as épocas de análise (Anexo D), observa-se uma elevação média da CE em  $1 \mu\text{S cm}^{-1}$  para o Rio Preto e em  $3 \mu\text{S cm}^{-1}$  para o Córrego Cachoeira dos Borges, com o aumento da temperatura (Tabela 13 e Tabela 14). Mendonça et al. (1997), citam que a MO dos solos orgânicos podem causar aumentos de CE das águas superficiais sob certas condições relacionadas com o grau de dissociação, soma de cargas elétricas e mobilidade dos íons, assim como com a temperatura do solo. Isto ocorre pelo fato das chuvas causarem aumento das vazões de escoamento superficial, permitindo assim, o transporte de uma maior quantidade de materiais e substâncias (orgânicas) presentes nos solos com turfa para os cursos d'água (ZON, 2008).

### **6.2.3 Potencial hidrogeniônico (pH)**

O pH em solução, indica o caráter ácido, básico ou neutro do meio, causado por sólidos e gases dissolvidos provenientes da dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Dependendo do seu valor, os sistemas aquáticos podem apresentar características corrosivas ou incrustantes, bem como interferir na vida aquática e influenciar na taxa de crescimento de microrganismos (MACEDO, 2002; BAIRD, 2002). Os organismos aquáticos, principalmente os peixes, possuem melhor adaptação em condições de neutralidade do pH (MACHADO et al., 2013). O maior valor de pH (5,30) foi registrado para a amostra RPE sendo que os valores obtidos para todas as amostras de água indicaram caráter ácido das águas dos dois afluentes do Rio Araçuaí (Tabela 13 e Tabela 14). Também, não foram detectadas diferenças significativas entre os locais e épocas de coleta para o pH da água (Anexo D).

Para a estação seca observou-se, em geral, uma queda nos valores de pH, com exceção de RP1 e RP3, apesar das maiores médias para o Rio Preto na época de seca (Tabela 13 e Tabela 14). Assim, os valores médios para o pH na estação seca, estiveram abaixo daqueles comumente encontrados em águas naturais superficiais, que são em torno de 6,5 a 8,5 (HEM, 1970). Acredita-se que esses baixos valores sejam provenientes da presença de ácidos orgânicos dissolvidos e, a vazão dos cursos d'água que diminui normalmente no período de seca, ocasionando uma maior concentração destes ácidos na água. McBride (1994) e Souza et al. (2007), afirmaram que a mineralização da matéria orgânica libera bases, que se encontram imobilizadas nos tecidos, para a solução do solo, propiciando um aumento de seu pH. Ress et al. (1989), em trabalho realizado em três bacias adjacentes no noroeste da Escócia, enfocando os solos e a química de cursos d'água, mencionam que os valores mais baixos de pH estão relacionados a drenagem de regiões com a presença de solos com turfas.

Na estação chuvosa os valores de pH levemente mais elevados (Tabela 13 e Tabela 14) se devem, provavelmente, ao aumento da vazão. Os resultados que não seguiram esse comportamento, podem indicar alterações que ocorrem no sistema. Os valores de pH estão relacionados também à entrada de ácidos orgânicos e inorgânicos no meio aquático (MAIA, 2008), sendo os primeiros, os mais abundantes nos cursos d'água deste trabalho e, portanto, os que mais influenciam nas suas características. Neves et al. (2008), em estudo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras em Diamantina – MG, encontrou pH chegando até 4 em períodos chuvosos para a bacia.

O limite do pH estabelecido pela resolução CONAMA 357/05 para cursos d'água de Classe 1, é uma faixa entre 6 e 9. Os valores do pH para os cursos d'água amostrados ficaram fora desta faixa estando em desacordo com este padrão (Tabela 13 e Tabela 14). Uma vez que o pH apresenta, naturalmente, valores inferiores ao dito ideal, torna-se necessária uma interpretação mais cuidadosa desta norma quando se trabalha com águas provindas de ambientes turfosos. Este fato desperta também, para a necessidade de um estudo mais detalhado deste e de outros parâmetros normativos da qualidade das águas de cabeceiras compostas por turfeiras, no sentido de se estabelecer os limites de acordo, também, com o tipo de solo presente nestes locais.

#### 6.2.4 Oxigênio dissolvido (OD)

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização dos ecossistemas aquáticos, pois todos os organismos aquáticos aeróbicos existentes são dependentes desse componente (ESTEVES, 1998; MACHADO et al., 2013). Em geral, observou-se um ligeiro decréscimo nos valores de OD da época das chuvas para a seca nos dois cursos de água analisados, sendo os valores mais elevados em RP2 e RA3 (Tabela 13 e Tabela 14). Mesma tendência de queda de valores de OD em ambientes alagadiços após período chuvoso, são apresentados por Mendonça et al. (1997). A atmosfera e a fotossíntese são as principais fontes de oxigênio para as águas fluviais. Por outro lado, as perdas de oxigênio se devem ao consumo pela decomposição da matéria orgânica (pela liberação de gás carbônico e formação de ácido carbônico a partir deste), trocas para a atmosfera, respiração de organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos (ESTEVES, 1988; PALHARES et al., 2000).

O acúmulo de matéria orgânica e má circulação da água são causas frequentes da redução dos níveis de OD e do acúmulo de CO<sub>2</sub> livre nos ambientes aquáticos (BARBOSA et al., 2000). Estes aspectos podem ser observados nos cursos d'água analisados, pois além dos altos teores de MO presentes nestes ambientes, a água fica muito tempo na MOS (ambiente anaeróbico devido à restrições de drenagem) antes de ser liberada (alto tempo de residência da água nas turfeiras) como será demonstrado no Item 6.2.8.

Mendonça et al. (1997), em estudo realizado ao Norte do Estado do Espírito Santo, cita que as reduzidas concentrações de OD podem estar relacionadas ao teor de matéria orgânica encontrada nas águas, devido às características da região. As características referentes à região deste trabalho são parecidas a aquelas estudadas por Mendonça et al. (1997), e assim como para estes autores, foi observado que compostos orgânicos podem estar influenciando na redução do OD dos cursos d'água dos afluentes do Rio Araçuaí. Apesar dos compostos orgânicos encontrados nos cursos d'água serem pouco biodegradáveis, como será demonstrada pela baixa DBO<sub>5</sub> (Item 6.2.5), são encontrados em abundância no meio aquático (alta carga de compostos orgânicos devido ao alto volume de MO).

O limite inferior do OD preconizado pela resolução CONAMA 357/05 para cursos d'água de Classe 1 é 6 mg L<sup>-1</sup> de O<sub>2</sub>. Percebe-se pela Tabela 13 e 14, que os resultados deste atributo estão em desacordo com esse padrão, uma vez que apresentaram concentrações

inferiores a este limite. Assim como para o pH, deve ser ter cuidado ao realizar uma interpretação deste parâmetro de qualidade da água advinda ambientes turfosos.

### **6.2.5 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>) e demanda química de oxigênio (DQO)**

O conhecimento da DBO<sub>5</sub> e da DQO é de fundamental importância em estudos sobre a qualidade de águas e, dentre outras funções, serve como base para estudos da autodepuração natural de um corpo aquático. A DQO é um dos parâmetros mais utilizado como indicador da quantidade da matéria orgânica no meio. Nas águas naturais a DBO<sub>5</sub> representa a demanda potencial de oxigênio dissolvido que ocorre devido à estabilização dos compostos orgânicos biodegradáveis, podendo trazer os níveis de oxigênio nas águas abaixo dos exigidos pelos peixes, levando-os à morte (GRANGEIRO, 2009). É uma variável da qualidade da água que, de certa forma, quantifica a concentração de matéria orgânica biodegradável presente no meio aquático (VON SPERLING, 1996).

Nota-se, pela Tabela 14 e Tabela 15, que os valores encontrados para DQO são elevados. Portanto, é elevada a quantidade de MO nessas amostras, o que não é surpreendente, já que os pedoambientes colonizadores das áreas de onde originam as águas em estudos são ricos em MO. Os valores de DQO foram superiores aos de DBO (Tabela 14 e Tabela 15), devido ao fato de que mais compostos podem ser quimicamente oxidados do que biologicamente oxidados, advindo do método de análise comumente empregado. Também, alguns íons inorgânicos como Fe<sup>2+</sup>, S<sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, entre outros, são oxidados pelo dicromato utilizado no teste, favorecendo uma DQO inorgânica e superestimando os valores encontrados no teste da DQO (SILVEIRA, 2010).

Apesar de os resultados da DQO indicarem altas concentrações de material orgânico na água, foi verificada baixa DBO<sub>5</sub> em todos os locais e épocas de coleta (Tabela 14 e Tabela 15). E, a baixa relação DBO<sub>5</sub>/DQO pode estar relacionada à baixa atividade biológica no meio aquático (Tabela 14 e Tabela 15).

Klein (1962) apud Von Sperling (1996), propõe que, para os rios, a DBO<sub>5</sub> acima de 5 mg L<sup>-1</sup> indica que eles já estariam comprometidos quanto ao aspecto de limpeza. Neste sentido, observa-se que o valor máximo encontrado para a DBO<sub>5</sub> foi de 0,11 (Tabela 14 e Tabela 15), indicando que os cursos d'água estudados apresentam alto grau de pureza. Em relação à sazonalidade, não foram observadas diferenças estatísticas entre as médias tanto

para a DQO quanto para a DBO<sub>5</sub>, assim como não houve diferenças entre os locais para estes atributos (Anexo D).

### 6.2.6 Metais e nutrientes dissolvidos

Pedro & Sieffermann (1979), consideraram que parte da origem de cátions e ânions nas águas superficiais é devido ao intemperismo das rochas, segundo a reação: Minerais primários + H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> = minerais secundários (argilas) + HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> + H<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub> + solução lixiviada. A degradação primária ou total destruição das estruturas dos minerais primários pode produzir fases secundárias, onde o processo é fortemente influenciado pela natureza dos minerais primários, clima, biosfera e pelo tempo (MARTINI & CHESWORTH, 1992).

Em relação aos processos intempéricos, os locais estudados encontram-se inseridos em uma região onde o clima (mesotérmico) causa uma alteração química moderada no material de origem dos solos. Por outro lado, a natureza quartzítica das rochas, devido à sua elevada resistência ao intemperismo e aos baixos teores de nutrientes, além de possuir forte influência sobre as características químicas dos solos formados na região (SAADI, 1995), causaram também forte influência sobre as características químicas das águas. Isto pode ser observado na Tabela 15, em que todos os pontos de coleta apresentaram baixos teores de nutrientes (abaixo do limite de detecção dos kits de análises). Não se deve esquecer ainda que, além dos baixos teores de nutrientes das formações rochosas presentes nas áreas de estudo, os outros compartimentos (solo, vegetação e matéria orgânica) em interface com o compartimento aquático apresentam características oligotróficas e influenciaram também nas características de suas águas.

Os baixos teores de elementos nas águas (Tabela 15), principalmente de metais, também se justificam pela alta CTC proveniente da MO dos solos, assim como a interação entre os elementos na fase sólida do solo. A distribuição de metais na coluna de água é influenciada por diversos fenômenos físico-químicos, tais como: complexação, adsorção, dessorção, precipitação, redissolução, entre outros (STUMM & MORGAN, 1996). Dependendo das condições do ambiente podem estar disponíveis, se associar ao material particulado e, ainda, serem transportados para outros ambientes (PINTO et al., 2009). A preferência dos metais pela fase dissolvida pode estar associada às condições de oxi-redução

dos ambientes, do pH e do teor de matéria orgânica em cada fração, as quais podem auxiliar a migração dos metais para uma ou outra forma, como foi observado por Bruno (2000).

### **6.2.7 Caracterização dos fluxos de saída de água e de carbono das turfeiras**

A observação da vazão é fundamental para avaliar a quantidade de água disponível num determinado ponto ou trecho de um curso d'água e também influencia na qualidade deste curso. Normalmente, esta qualidade tende a piorar com a diminuição da vazão e do efeito de diluição, pois concentram os poluentes (SILVA & SACOMANI, 2000).

As vazões medidas em todos os pontos de amostragem mostraram-se mais elevadas no verão chuvoso do que no inverno seco. De acordo com Price (1997), em ambientes colonizados por turfeiras, mesmo em períodos mais secos, quando o nível do lençol freático pode sofrer maiores variações, geralmente as camadas mais superficiais não ficam completamente secas devido ao movimento ascendente de água por capilaridade. Estes aspectos relevam a importância destes pedoambientes turfosos no controle dos fluxos hídricos destes locais.

Para a época chuvosa, no ponto mais a jusante das cabeceiras de cursos d'água, a vazão do Rio Preto foi de  $0,023 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e do Córrego Cachoeira dos Borges foi de  $0,067 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  (Tabela 17). Na época seca estas vazões diminuíram a ponto de não serem detectadas pelo equipamento (Tabela 17). Mas, apesar de inferior ao limite de detecção do aparelho, para a época seca, os cursos d'água apresentaram vazão mínima constante, o que implica que as turfeiras das cabeceiras do Rio Preto e Córrego Cachoeira dos Borges armazenam determinada quantidade de água durante a estação chuvosa, liberando-a gradualmente na época seca e perenizando esses cursos d'água.

Campos et al. (2012), estimou uma vazão média anual de  $0,0206 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  ( $20,6 \text{ L s}^{-1}$ ) na turfeira da APA Pau-de-Fruta, muito próxima à vazão encontrada para a cabeceira do Rio Preto na estação chuvosa, mas inferior à do Córrego Cachoeira dos Borges na mesma estação (Tabela 17). Este autor estimou a vazão média anual por meio do balanço hídrico, mas na mesma bacia, a vazão mínima medida pela COPASA (2009) foi de  $0,035 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , valor este, intermediário entre as vazões do Rio Preto e Córrego Cachoeira dos Borges na estação chuvosa. Driessen (1978), constatou menores variações de lençol freático nos Organossolos,

evidenciando um "efeito tampão" em relação a alterações climáticas sazonais, controlando e atenuando grandes variações de vazão de rios e canais ligados a estas áreas.

**Tabela 17.** Vazão e fluxos de elementos das águas de afluentes do Rio Araçuaí.

Estação	Amostra	Vazão $m^3 s^{-1}$	Fluxo de elementos			
			C -----%-----	N	N -----t ano <sup>-1</sup> -----	C
Chuvosa	RPE	ND	1,129	0,026	ND	ND
	RP1	0,004	2,134	0,080	ND	ND
	RP2	0,016	0,924	0,052	ND	ND
	RP3	0,023	0,973	0,052	360,84	6.812,73
	RA1	0,067	1,739	0,047	ND	ND
	RA2	0,067	1,447	0,043	ND	ND
	RA3	0,067	1,613	0,044	917,32	33.516,16
	RPE	ND	-	-	ND	ND
	RP1	<0,001	-	-	ND	ND
Seca	RP2	<0,001	-	-	ND	ND
	RP3	<0,017	-	-	-	-
	RA1	<0,003	-	-	ND	ND
	RA2	<0,003	-	-	ND	ND
	RA3	<0,003	-	-	-	-

Estação: estação de coleta; Amostra: amostras do RPE (ponto extra que não entra no cálculo das médias), RP1 (ponto mais a montante), RP2 (ponto mediano) e RP3 (ponto mais a jusante) do curso de água da cabeceira do Rio Preto e do RA1 (ponto mais a montante), RA2 (ponto mediano) e RA3 (ponto mais a jusante) do curso de água da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges; Vazão: determinada com auxílio de micromolinetes fluviométrico; C: carbono total da água; N: nitrogênio total da água; ND: Não detectado pelo aparelho (micromolinete fluviométrico).

Ao analisar o volume de água armazenado nas turfeiras e a vazão dos cursos d'água nos pontos mais a jusante permitiu uma estimativa do tempo de residência da água neste ambiente turfoso de aproximadamente 114 dias (0,32 anos) para o Rio Preto e 129 dias (0,36 anos) para o Córrego Cachoeira dos Borges para a época de maior vazão enquanto que para o período de menor vazão estas estimativas foram maiores que 155 dias (0,34 anos) e 2.878 dias (7,99 anos) para os respectivos afluentes. Estes resultados reforçam a importante capacidade desses pedoambientes em armazenar grandes quantidades de água, principalmente nos períodos de déficit hídrico, em suas matrizes orgânicas por longos períodos.

Com relação ao carbono e ao nitrogênio, em ambiente de turfeira (ambiente redutor), estes elementos podem seguir várias rotas (CAMPOS et al., 2013). Nos cursos d'água em estudo, os teores de C e N variaram, respectivamente, de 0,924 a 2,134% e 0,052 a 0,080% no

Rio Preto e de 1,447 a 1,739% e 0,043 a 0,047% no Córrego Cachoeira dos Borges. Isto mostra a importante função destes solos como reservatório natural de carbono (SOARES, 2011) e do nitrogênio, assim como reguladores dos seus fluxos de elementos no ambiente, uma vez que estes elementos fazem parte da composição de suas matérias orgânicas, a qual pode ser carregada para os cursos d'água em formas dissolvidas. Deve-se ressaltar que a matéria orgânica dos solos de turfa é decomposta naturalmente, com taxas de decomposição anaeróbias muito baixas em ambientes saturados (EBELING, 2010), o que pode influenciar, de certa forma, nas concentrações destes elementos nas águas.

Uma análise em conjunto, das vazões e dos teores de C e de N nas águas amostradas em pontos localizados mais a jusante dos cursos d'água estudados, para a época chuvosa, permitiu uma estimativa do lançamento de uma carga média de 6.812,73 t ano<sup>-1</sup> de C e 360,84 t ano<sup>-1</sup> de N e de 33.516,16 t ano<sup>-1</sup> de C e 917,32 t ano<sup>-1</sup> de N, respectivamente, para o Córrego Cachoeira dos Borges e Rio Preto (Tabela 17). Bessa & Paredes (1990), estudando o transporte de C e de N no Rio São Francisco, encontraram uma carga anual de 0,822 x 10<sup>6</sup> t de C e 10,8 x 10<sup>3</sup> t de N em suas águas, concentrações estas superiores a aquelas encontradas para o Rio Preto e para o Córrego Cachoeira dos Borges devido, entre outros fatores, ao maior vazão de água do Rio São Francisco em relação aos cursos deste trabalho.

A magnitude das perdas de C depende do tipo de reservatório, da natureza do solo, dos fatores climáticos regionais e dos sistemas de manejo (OLDEMAN, 1994; LEEMANS, 1999; SOARES, 2011). Ao analisar-se o estoque de C (Tabela 13) e o seu fluxo (Tabela 17), estima-se um tempo médio de 7,56 e 5,28 meses para o total esgotamento do C, via transferência, respectivamente, das turfeiras do Rio Preto e do Córrego Cachoeira dos Borges para as águas dos seus cursos, caso não houvesse mais entrada destes elementos no sistema solo. Vale salientar ainda, que esta estimativa foi realizada considerando a manutenção das mesmas condições ambientais, principalmente aquelas relativas ao alto índice pluviométrico – o fluxo de C foi estimado em condição de alto índice pluviométrico.

Waddington & Roulet (1997), Freeman et al. (2004), Pereira et al. (2005), relatam que em períodos mais chuvosos é observado considerável aumento nos teores de carbono orgânico dissolvido em afluentes que recebem água de drenagem proveniente de um ambiente turfoso. Neste sentido, o tempo médio de esgotamento do C deste trabalho pode estar subestimado, porém, não foi possível realizar a comprovação, ou não, deste aspecto. Devido aos diversos fatores envolvendo os meios aquático e terrestre, o fluxo do C pode ser elucidado utilizando medições contínuas ao longo do ano, principalmente para a água, em detrimento de medições pontuais, possibilitando melhores informações das variações temporais.

## 7 CONCLUSÕES

A matéria orgânica dos solos das turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí apresenta marcantes diferenças em relação à sua composição física, química, morfológica e elementar e é marcadamente influenciada pela fitofisionomia que a coloniza.

As turfeiras das cabeceiras do Rio Araçuaí apresentam uma predominância de material orgânico em estágios de decomposição avançado (sáprico), sendo seus solos classificados como ORGANOSSOLOS HÁPLICOS Sápricos típicos.

A composição elementar das amostras das turfeiras varia em função da profundidade de coleta, quantidade e estágio de decomposição do material orgânico, assim como da vegetação que a coloniza.

A turfeira da cabeceira do Rio Preto ocupa uma área de 20,80 ha e volume de 271.515,11 m<sup>3</sup>, na qual se encontram estocadas 4.299,39 t de C (206,70 t ha<sup>-1</sup>) e 227.258,15 m<sup>3</sup> (10.925,87 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de água. A turfeira da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges ocupa uma área de 80,29 ha e volume de 891.219,00 m<sup>3</sup>, na qual se encontram estocadas 14.781,09 t de C (184,10 t ha<sup>-1</sup>) e 745.950,30 m<sup>3</sup> (9.290,70 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de água.

As turfeiras estudadas das cabeceiras do Rio Preto e Córrego Cachoeira dos Borges conferiram às suas águas baixos teores de nutrientes, pH ácido, baixa CE, baixos teores de OD, alta DQO e baixa DBO<sub>5</sub>.

Na comparação com faixas estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357 para padrões de qualidade de águas superficiais (Classe 1 de classificação dos corpos d'água), os parâmetros pH e OD se apresentaram fora dos limites, enquanto que a DBO<sub>5</sub> apresentou valores dentro dos limites estabelecidos, tanto para o Rio Preto como para o Córrego Cachoeira dos Borges

Para a época chuvosa, a vazão do Rio Preto foi de 0,023 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> e do Córrego Cachoeira dos Borges foi de 0,067 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> e, para a época seca, apesar de inferior ao nível de detecção do aparelho, os cursos d'água apresentaram uma vazão mínima constante, o que implica a capacidade destas turfeiras em controlar a perenidade do fluxo hídrico de seus cursos d'água.

A dinâmica dos elementos, principalmente do carbono, nas águas dos mananciais estudados, reflete as características dos Organossolos que ocorrem em seus mananciais, mostrando a importância da preservação dessas áreas para a conservação da qualidade desses recursos hídricos.

Os resultados indicam altas concentrações de carbono na água, sendo que a matéria orgânica apresenta grande abundância de compostos não biodegradáveis. Essa característica está relacionada a uma baixa atividade biológica neste ambiente.

As turfeiras das cabeceiras do Rio Preto e Córrego Cachoeira dos Borges influenciam significativamente a vazão e a qualidade das águas destes mananciais. Aferições contínuas de parâmetros qualiquantitativos destes recursos hídricos e estudos adicionais em outras cabeceiras compostas por solos orgânicos podem melhorar a compreensão da dinâmica da inter-relação solo-água e dos processos que ocorrem nestas regiões.

Como as turfeiras das cabeceiras do Córrego Cachoeira dos Borges estão fora dos limites do Parque Estadual do Rio Preto, estão antropizadas e degradadas, principalmente pelo tráfego e pastoreio de bovinos e equinos. Desta forma, é premente e urgente que elas sejam incorporadas à unidade de conservação limítrofe.

## REFERÊNCIAS

ADDISCOT, T. M. Entropy and sustainability. **European Journal of Soil Science**, Dordrecht, v. 46, p.161-168, 1992.

ALEF, K.; NANNIPIER, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic, 1995. 576 p.

ALFAKIT. Disponível em: <<http://www.alfakit.com.br>> Acesso em: 26/11/2012.

ALMEIDA, A. C. M.; PEDRO, R. J; CORSO, C. R. Remoção de corante têxtil por turfa nativa através de adsorção em diferentes concentrações hidrogeniônicas. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 71, p. 675-677, 2004.

ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 25-33.

AMBAK, K.; MELLING, L. Management practices for sustainable cultivation of crop plants on tropical peatland. **Proceedings of the International Symposium on Tropical Peatlands**. Bogor, Indonesia, Hokkaido University & Indonesian Institute of Sciences, p. 119-134, 2000.

ANDRADE, B. O. **A vegetação das nascentes do Rio Tibagi e sua relação com o regime hídrico dos solos**. Curitiba, 2010. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal).

ANDRIESSE, J. P. **Nature and Management of Tropical Peat Soils**. FAO Soils Bulletin 59. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1988. 178p.

ANDRIESSE, J. Uso de solos orgânicos em condições tropicais e subtropicais aliado às possibilidades brasileiras. In: ANDRIESSE, J. SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, 1984, Curitiba. **Anais...** Curitiba: MA/Provárzeas Nacional, Embrater, SEAG-Paraná e Acarpa / Emater – Paraná, v. 1. 1984. p.11-34.

ANIDO, N. M. R. **Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental**. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. 69p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais).

APHA; AWWA; WEF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20. ed. Washington DC: American Public Health Association, 1998.

ARMENTANO, T. V. Drainage of organic soils as a factor in the world carbon cycle. **Bio Science**, v. 30, p. 825-830, 1980.

ARMENTANO, T. V.; MENGES, E.S. Patterns of change in the carbon balance of organic soil-wetlands of the temperate zone. **Journal of Ecology**, v. 74, p. 755-774, 1986.

BAIRD, C. **Química ambiental**, tradução da 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BARBER, K. E. **Peat Stratigraphy and Climatic Change: A Palaeoecological Test of the Theory of Cyclic Peat Bog Regeneration**, Rotterdam: Balkema, 1981. 220p.

BARBOSA, D. S.; OLIVEIRA, M. D.; NASCIMENTO, F. L.; SILVA, E. Avaliação da qualidade da água na piscicultura em tanques-rede, Pantanal, MS. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIO-ECONÔMICOS DO PANTANAL, 2000, Corumbá, Ms: **Anais...** Corumbá: EMBRAPA, 2000.

BATJES, N. H. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. **European Journal of Soil Science**, v. 47, p. 151-163, 1996.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo. Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p. 9-26.

BELZILE, N.; JOLY, H. A.; LI, H. Characterization of humic substances extracted from Canadian lake sediments. **Canadian Journal Spectroscopy**, v. 75, p. 14-27, 1997.

BENITES, V. M.; MENDONÇA, E. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; NOVOTNY, E. H.; REIS, E. L.; KER, J. C. Properties of black soil humic acids from high altitude rocky complexes in Brazil. **Geoderma**, v. 127, p. 104-113, 2005.

BENITES, V. M.; SCHAEFER, C. E. R. G.; MENDONÇA, E. S.; MARTIN NETO, L. Caracterização da matéria orgânica e micromorfologia de solos sob Campos de Altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 661-674. 2001.

BERNER E. K.; BERNER R. A. **Global environment: Water, air and geochemical cycles**. Prentice Hall, 1996. 367p.

BESSA, M. F. & PAREDES, J. F. Transporte do carbono e do nitrogênio orgânico e inorgânico dissolvidos pelo rio São Francisco, Brasil, durante um ano hidrológico (1984 – 1985). **Geochimica Brasiliensis**, v. 4, n. 1, p. 17-31, 1990.

BOATMAN, D. J.; TOMLINSON, R. W.; The Silver Flowe I. Some structural and hidrological features of Brishie bog and their bearing on pool formation. **Journal of Ecology**, London, v. 61, p.653-666, 1973.

BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989. 554p.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of Soils**. 12. ed. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999. 881p.

BRANCO, S. M. A água e o homem. In: Porto, R. L. L. **Hidrologia Ambiental**. 3. ed. São Paulo, USP/ABRH, Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 1991. p. 3-26.

BRAVARD, S.; RIGHI, D. Characterization of fulvic and humic acids from and Oxisol-Spodosol toposequence of Amazonia, Brazil. **Geoderma**, v. 48, p. 151-162, 1991.

BRUNO, V. R. M. **Especiação de cobre e chumbo em águas naturais: efeito do material particulado e da matéria orgânica dissolvida**. Unicamp, Campinas/SP, 2000. 210p. Tese (Doutorado).

CAMPOS, J. R. R. **Caracterização, Mapeamento, Volume de Água e Estoque de Carbono da Turfeira da Área De Proteção Ambiental Pau-de-Fruta, Diamantina – MG**. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2009. 101p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).

CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C., SILVA, E. B.; LUZ, R. C. S.; RIBEIRO, G. C.; Vidal-Torrado, P. Método para análise de alumínio trocável em Organossolos In: XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia. **Anais...** XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Viçosa MG: SBCS, 2011.

CAMPOS, J. R. R.; SILVA, A. C.; VASCONCELLOS, L. L.; SILVA, D. V.; ROMÃO, R. V.; SILVA, E. B.; GRAZZIOTTI, P. H. Pedochronology and development of peat bog in the environmental protection area Pau-de-Fruta - Diamantina, Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1965-1975, 2010.

CAMPOS, J. R. 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**, v.36, n. 3, p. 723-732, 2012.

CAMPOS, J.C. R.; SILVA, A. C.; FERNANDES, J. S. C.; FERREIRA, M.M.; SILVA, D.V. Water Retention in a Peatland with Organic Matter in Different Decomposition Stages. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1217-1227, 2011.

CANELLAS, L. P.; GURIDI, F.; VELLOSO, A. C. X.; SANTOS, G. A. Isolamento, purificação e métodos químicos de análise de substâncias húmicas. In: CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A. **Humosfera** – Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes, UENF, 2005, 309p.

CANELLAS, L. P.; SANTOS, G. A.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B. Reações da matéria orgânica. In SANTOS, G. A., CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo** - Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, Genesis, 1999. p. 69-90.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. Série Relatórios. São Paulo, SP, 2008. 537p.

CHEIN GUIMARÃES, ALINE; RODRIGUES, CLARISSA. Linguagem Científica e Conceito de Oxigênio Dissolvido no Projeto Água em Foco. **Anais... XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)**. Salvador, BA, 2012.

CIESLEWICZ, J.; NIEDZWIECKI, E.; PROTASOWICKI, M.; GONET, S. S. Humus properties of bottom sediments from the Szczecin Lagoon (North-West Poland). In: DROZD, J.; GONET, S.; SENESI, N.; WEBER, J. **The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection**. Proc. 8th Meeting Intern. Humic Subst. Soc., Wroclaw, Poland, 1996. IHSS Polish, Soc. Humic Substances, Wroclaw, Poland, 1997.

CLAUDINO, A. **Preparação de Carvão Ativado a partir de turfa e sua utilização na remoção de poluentes**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2003. 90p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química).

CLYMO, R. S. Productivity and decomposition of peatland ecosystems. In: BRAGG, O. M.; HULE, P. D.; INGRAM, H. A. P.; ROBERTSON, R. A. **Peatland ecosystems and man: an impact assessment**. Univ. Dundee and Inter. Peat Society, 1992. p. 3-16.

COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. **Programa de Ação Social em Saneamento PASS/BID**. Projeto Básico do Sistema de Abastecimento de Água de Diamantina. Diamantina, v. 1. 2009.

CONCEIÇÃO F. T.; BONOTTO D. M. Weathering rates and anthropogenic influences in a sedimentary basin, São Paulo State, Brazil. **Applied Geochemistry**, v. 19, n. 4, p. 575- 591, 2004.

CONCEIÇÃO F. T.; SARDINHA D. S.; SOUZA A. D. G.; BONOTTO D. M. Hydrochemical Relationships at Meio Stream Watershed, São Paulo State, Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 389-400, 2007.

CONCEIÇÃO, M. **Natureza do húmus e caracterização de solos com elevado teor de matéria orgânica da região de Itaguaí - Santa Cruz, RJ**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguaí, 1989. 169p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

CONCEIÇÃO, M.; MANZATTO, C. V.; ARAÚJO W. S.; MARTIN NETO, L.; SAAB, S. C.; CUNHA, T. J. F.; FREIXO, A. A. **Caracterização de solos orgânicos do Estado do Rio de Janeiro, propriedades físicas e morfológicas como subsídios à classificação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, n. 4, 1999. 6 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, resolução n. 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, n. 53, p. 58-63, 2005.

CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E.; RESCK, D. V. S.; GOMES, A. C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 425-432, 1999.

COSCIONE, A. R.; ANDRADE, J. C. de; RAIJ, B. van. Revisiting titrations procedures for the determination of exchangeable acidity and exchangeable aluminum in soils. **Communications in Soils Science and Plant Analysis**, New York, v. 29, p. 973 –982, 1998.

COSTA, C. S. B.; IRGANG, B. E.; PEIXOTO, A. R.; MARANGONI, J. C. Composição florística das formações vegetais sobre uma turfeira topotrófica da planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Bot. Bras.**, v. 17, n. 2, p. 203-212, 2003.

COSTA, F. N. Campos rupestres. In: SILVA, A.C.; PEDREIRA, L. C. V. S. F.; ABREU, P. A. A. **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e ambientes**. Belo Horizonte: O Lutador, 2005. p. 137-147.

COUPAL, B.; LALANCETTE, J. M. The treatment of wastewaters with peat moss. **Water Research**, v. 10, p. 1071-1076, 1976.

COUTO, E. G. **Caracterização, gênese e uso de solos utilizados pelos agricultores do alto vale do Rio Arrojado, Bahia**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1984. 119p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

CRESCENCIO JUNIOR, F. **Estudo de turfas em laboratório como barreira reativa na remediação de aquíferos**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2008. 196p. Tese (Doutorado).

DEBSKA, B. The effect of green manure on the properties of soil humic acids. In: DROZD, J.; GONET, S.; SENESI, N.; WEBER, J. **The role of humic substances in the ecosystems and in environmental protection**. Proc. 8th Meeting Intern. Humic Subst. Soc., Wroclaw, Poland, 1996. IHSS Polish, Soc. Humic Substances, Wroclaw, Poland, 1997.

DICK, D. P.; MANGRICH, A. S.; MENEZES, S. M. C.; PEREIRA B. F. Chemical and spectroscopical characterization of humic acids from two south Brazilian coals of different ranks. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 13, p. 177-182, 2002.

DISSANAYAKE, C. B; WEERASOORIYA, S. V. R. "Research report peat as a metal-trapping material in the purification of industrial effluents". **International Journal Environmental Studies**, v. 17, n.1, p. 233-238, 1981.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. **Defining soil quality for a sustainable environment**. n. 35. Madison, Soil Science Society of America, 1994, p. 3-22.

DRADJAD, M.; SOEKODARMODJO, S.; HIDAYAT, M. S.; NITISAPTO, M. Subsidence of peat soils the tidal swamplands of Barambai, south Kalimantan. **Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan**. v. 4, n. 1, p. 32-40, 2003.

EBELING, A. G. **Características Estruturais da Matéria Orgânica em Organossolos Háplicos**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010. 142p. Tese (Doutorado).

EBELING, A. G. **Caracterização analítica da acidez em Organossolos**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2006. 97p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo).

EBELING, A. G.; ANJOS, L. H. C.; PEREZ, D. V.; PEREIRA, M. G.; Gomes, F. W. F. Atributos químicos, carbono orgânico e substâncias húmicas em Organossolos háplicos de várias regiões do Brasil. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 35, p. 325-336, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. EMBRAPA/SNLCS. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de Análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos; organizador: Fábio César da Silva. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação; RJ: Embrapa Solos, 2006. 306p.

ESPÍNDOLA, E. L. G.; SILVA, J. S. V.; MARINELLI, C. E.; ABDON, M. M. **A Bacia Hidrográfica do Rio Monjolinho: uma abordagem ecossistêmica e a visão interdisciplinar**. São Carlos, Editora Rima, 2000. 188p.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988. 602p.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. **Hidrologia: conceitos e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: CPRM-REFO, LABHID-UFPE, 2000.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **Soil map of the world**. Revised Legend. Roma: FAO, 1990.

FOSTER, D. R.; FRITZ, S. C. Mire development, pool formation and landscape processes on patterned Fens in Dalarna, central Sweden. **Journal of Ecology**, London, v. 75, p. 409-437, 1987.

FREEMAN, C.; FENNER, N.; OSTLE, N. J.; KANG, H.; DOWRICK, D. J.; REYNOLDS, B.; LOCK, M. A.; SLEEP, D., HUGHES, S.; HUDSON; J. Export of dissolved organic carbon from peatlands under elevated carbon dioxide levels. **Nature**, New York, v. 430, p. 195-197, 2004.

GALVÃO F. A. D.; VAHL L. C. Calibração do método SMP para solos orgânicos. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 2, n. 2, p. 121-131, 1996.

GARCIA, M. J. Potencialidade e aplicação de turfas. **Revista UnG**, Guarulhos, v. 1, n. 1, p. 16-30. 1996.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais end Bahia, Brazil. In: VAZOLINI, P.E.; HEYER, W.R. In: WORKSHOP ON NEOTROPICAL DISTRIBUTION PATTERNS, 1988. Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciência, 1988. p. 39-69.

GORHAM, E. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. **Ecological Applications**, v. 1, n. 2, p. 182-195, 1991.

GORHAM, E.; JANSSENS, J. A. The paleorecord of geochemistry and hydrology in northern peatlands and its relation to global change. **Suo**, v. 43, p. 9-19, 1992.

GRANGEIRO, R. V. T. **Caracterização da água de lavagem proveniente da purificação do biodiesel**. Universidade Federal da Paraíba, JOÃO PESSOA – PB, 2009. 40p. Dissertação (Mestrado).

GREGORICH, E. G; CARTER, M. R.; ANGERS, D. A.; MONREAL, C. M.; ELLERT, B. H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Can. J. Soil Sci.**, p. 367-375, 1994.

GRØNLUND, A.; HAUGE, A.; HOVDE, A.; RASSE, D. P. Carbon loss estimates from cultivated peat soils in Norway: a comparison of three methods. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 81, p. 157-167, 2008.

HAYES, M. H. B.; CLAPP, C. E. Humic substances: considerations of compositions, aspects of structure, and environmental influences. **Soil Science**, Baltimore, v. 166, n. 11, p. 723-727, 2001.

HEM, J. D. **Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water**. Washington: U. S. Geological Survey, 1970. 363p.

HERMES, L. C.; SILVA, A. S. **Avaliação da qualidade das águas: manual prático**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 55p.

HILBERT, D. W.; ROULET, N.; MOORE, T. Modeling and analysis of peatlands as dynamical system. **Journal of Ecology**, v. 88, p. 230-242, 2000.

HINKEL R. Vegetação Ripária: funções e ecologia. In: I Seminário de Hidrologia Florestal: Zonas ripárias. **Anais...** Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. p. 39-48.

HORÁK, 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**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP, 2009. 281p. Dissertação (Mestrado).

HORÁK, I.; SILVA A.C.; FERREIRA C.A.; RODRÍGUEZ RACEDO J.; MARTÍNEZ CORTIZAS A.; SILVA E.B.; GRAZZIOTTI P.H. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG: I – caracterização morfológica, física, química e microbiológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 26., 2007, Gramado. **Anais...** Gramado: SBCS, 2007a. CD-ROM.

HORÁK, I.; SILVA, A. C.; FERREIRA, C. A.; RODRIGUEZ RACEDO, J.; MATINEZ CORTÍNEZ CORTIZAS, A.; SILVA, E. B.; GRAZZIOTTI, P. H. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG: I – Caracterização morfológica, física, química e microbiológica. In: XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Gramado. **Anais...** Gramado, 2007b.

HORÁK, I.; VIDAL-TORRADO, P.; SILVA, A. C.; PESSEDA, L. C. R. Pedological and isotopic relations of a highland tropical peatland, Mountain Range of the Espinhaço Meridional (Brazil). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 41-52, 2011.

IBARRA, J. V.; MOLINER, R.; BONET, A. J. Thermal alteration of coal humic acids simulating early coalification. In: Senesi, N. & Miano, T. M. **Humic substances in the global environment and implications on human health**. Elsevier, 1994, p. 1325-1330.

INGRAM, H. A. P. Hydrology. In: GORE, A. J. P. **Ecosystems of the World 4A, mires: swamp, bog, fen and moor**. Oxford: Elsevier, 1983. p. 67-158.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005. 300p. (IBGE. Manual, 4).

INSTITUTO COLOMBIANO DE LA REFORMA AGRARIA - INCORA. **Mapificación caracterización y clasificación de los suelos orgánicos del Valle de Sibundoy**. INCORA, Bogotá, 1974. 148p.

INUBUSHI, K.; HADI, A. Microbial biomass in tropical peat soil. In: **PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL PEATLANDS**, Bogor, Indonesia. Hokkaido University & Indonesian Institute of Sciences. p. 55-60, 2000.

KAMPF, N.; SCHNEIDER, P. Caracterização de solos orgânicos do Rio Grande do Sul: propriedades morfológicas e físicas como subsídios à classificação. **Revista brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 227-236, 1989.

KENNEDY, G. W.; PRICE, J. S. A conceptual model of volume-change controls on the hydrology of cutover peats. **Journal of Hydrology**, v. 302, p. 13-27, 2005.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo. 1985. 492p.

LAL, R. Soil carbon dynamics in cropland and rangeland. **Environ. Pollut.**, v. 116, 353-362, 2002.

LANI, J. L. **Deltas dos rios Doce e Itapemirim: solos, com ênfase nos Tiomórficos, água e impacto ambiental do uso**. Universidade Federal de Viçosa, MG, 1998. 169p. Tese (Doutorado).

LAWRENCE, G. B.; DAVID, M. B.; SHORTLE, W. C. A new mechanism for calcium loss in forest floor soil. **Nature**, v. 378, p. 162-164, 1995.

LEEMANS, R. Land use change and the terrestrial carbon cycle. **Newsletter**, v. 37, p. 24-26, 1999.

LEPSCH, I. F.; QUAGGIO, J. A.; SAKAI, E.; CAMARGO, O. A.; VALADARES, J. M. A. da S. **Caracterização, classificação e manejo agrícola de solos orgânicos do vale do Rio Ribeira de Iguape, SP**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1990. 58p. (Boletim técnico, 131).

LÉVESQUE, M.; DÍNEL, H. Some morphological and chemical aspects of peats applied to the characterization of histosols. **Soil Science**, Madison, n. 133, p. 324-332, 1982.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**, São Paulo: Edusp, 2005. 335p.

LIMA, E. B. N. R. **Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001. 184p. Tese (Doutorado).

LIMIN, S. H.; JAMAL, L.; JAMAL, Y. M. Utilization of inland peat for food crop commodity development requires high input and is detrimental to peat swamp forest ecosystem. In: **Proceedings Of the International Symposium on Tropical Peatlands**. Bogor - Indonesia, Hokkaido University & Indonesian Institute of Sciences, 2000. p. 135-143.

LINDSAY, W. L.; WALTHALL, P. M. The solubility of aluminum in soils. In: SPOSITO, G. **The Environmental Chemistry of Aluminum**. Boca Raton, FL: CRC Press, 1996. p. 333-361.

LOPES, A. S. Química dos solos orgânicos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE SOLOS ORGÂNICOS, Curitiba, 1984. **Anais...** Curitiba: MA / Provárzeas Nacional, Embrater, SEAG - Paraná e Acarpa / Emater - Paraná, 1984. p. 63-70.

LUCAS, R. E. **Organic soils (Histosols)**: Formation, distribution, physical and chemical properties and management for crop production. Michigan: Michigan State University, 1982. 80p. (Farm Science Research Report, n. 435).

LYN, W. C.; McKINZE, W. E.; GROSSMAN, R. B. Field laboratory tests for characterization of histosols. In: AANDAHAL, A. R. **Histosols**: their characteristics, classification and use. n. 6. Madison: Soil Science Society of America, Madison - Wisconsin. 1974. p. 11-20.

MACEDO, J. A. **Introdução à química ambiental** – química e meio ambiente e sociedade, 1. ed. Juiz de Fora: CRQ-MG, 2002.

MACHADO, Â. F.; MILHOMEM, L. V.; RIBEIRO, M. E.; DOS SANTOS, M. M. Evaluation of water quality in the stream mutuca in Gurupi County, Tocantins State, Brazil. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 4, n. 1, 2013.

MAIA, J. L.; MAUAD, F. F.; ALBERTIN, L. L.; BARBOSA, A. A. Uso de Geotecnologias para Análise Espacial da Qualidade da Água no Reservatório de Barra Bonita – SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 2, p. 141-149. 2008.

MALTBY, E.; DUGAN, P. J. **Wetland ecosystem protection, management and restoration: an international perspective**. London, St. Loecie press, 1994.

MANAHAN, S. E. "**Frontmatter**" **Fundamentals of environmental chemistry**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2001. 994p.

MARTINELLI, L. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERRAZ, E. S.; VICTORIA, R. L.; CAMARGO, P. B.; MOREIRA, M. Z. **Desvendando questões ambientais com isótopos estáveis**. São Paulo, Oficina de Textos, 2009. 130p.

MARTINI, I. P.; CHESWORTH, W. **Weathering, soils and paleosols**. Amsterdam, Elsevier Science Publications, 1992. 618p.

MCBRIDE, M. B. **Environmental chemistry of soils**. New York: Oxford University, 1994. 406p.

MCLAY, C. D. A.; ALLBROOK, R. F.; THOMPSON K. Effect of development and cultivation on physical properties of peat soils in New Zealand, **Geoderma**, v. 54, n. 1, p. 23–37, 1992.

MCLEAN, E. O. Chemistry of soil aluminum. **Communication Soil Science Plant Analysis**, v. 7, n. 7, p. 619-636, 1976.

MENDONÇA, A. S. F.; TEIXEIRA, E. C.; RIGO, D.; CAIADO, M. A. C.; DUTRA, K. R.; REZENDE, R. A. P.; PERIN, C. A. F.; DOXSEY, J.; BOTECCIA, A. M.; ZAMPROGNO, C.; PEREIRA, O. **Relatório de impacto ambiental: Atividades da PETROBRÁS no Norte do Estado do Espírito Santo**. Vitória: UFES, 1997. p. 45-60.

MENDONÇA, M. M. **Diagnóstico de propriedades edáficas em áreas agrícolas e de floresta com elevado teor de matéria orgânica no município do Rio de Janeiro**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999. 195p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

MENZIES, N. W. Toxic elements in acid soils: Chemistry and measurement. In: RENGEL Z. **Handbook of Soil Acidity**. New York Marcel Dekker. 2003. p. 267-296.

MESQUITA, L. F.; ZON, C.; ANDRADE, F. V. Atributos químicos como indicador de qualidade de solos orgânicos submetidos a diferentes tipos de uso e manejo. In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. **Anais...** Universidade do Vale do Paraíba, 2009.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. Ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 1-8.

MITCHELL, E. A. D.; BTTLER, A.; GROSVERNIER, P.; RYDIN, H.; SIEGENTHLER, A.; GOBAT, J. M. Contrasted effects of increased N and CO<sub>2</sub> supply on two keystone species in Peatlands restoration and implications for global change. **Journal of Ecology**, v. 90, p. 529-533, 2002.

MOORE, D. P. Bog Standards in Minnesota. **Nature**, New York, v. 386, n. 2, p. 655-657, 1997.

MOREIRA, J. N.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F. Caracterização da vegetação de Caatinga e da dieta de novilhos no Sertão de Pernambuco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 11, p. 1643-1651, 2006.

MUNSELL, A. H. **Munsell Soil Color Charts**. Baltimore, Maryland. U. S. A., Munsell Color Company Inc., 1954.

NELSON, D. W.; SOMMERS, L. E. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: **Methods of soil analysis**. Part 3. Chemical methods. Madison, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, 1996. p. 961-1009. (Book Series, 5).

NEVES, S. D. C.; HORN, A. H.; FRAGA, L. M. S. Geoquímica ambiental da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão das Pedras, DIAMANTINA, MG. **Revista Geonomos**, v. 16, n. 2, 2008.

NICHOLSON, B. J.; VITT, D. H. The paleoecology of a peatland complex in continental western Canada. **Canadian Journal Botany**, Guelph, n. 68, p. 121-138, 1990.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROZ, N. F.; FONTES, R. L.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. **Fertilidade do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 2007. 1017p.

OLDEMAN, L. R. The Global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D. J. & SZABOLCS, I. **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: CAB Internation, 1994. p. 99-118.

ORLOV, R. **Humic acids of soils**. Washington, D. C.: USDA: The National Science Foundation, 1985. 378p.

PALHARES, J. C. P.; SCANDOLERA, A. J.; LUCAS JÚNIOR, J.; COSTA, A. J. da. Monitoramento da qualidade da água do Córrego Jaboticabal através de parâmetros químicos. In: WORKSHOP DE INTEGRAÇÃO DE INFORMAÇÕES DA BACIA HODROGRÁFICA DO RIO MOGI GUAÇU. 3. ed. Porto Ferreira. **Anais...** Porto Ferreira: Prefeitura Municipal de Porto Ferreira, 2000. p. 43-44.

PAOLESCHI, V. B. A. **Relatório parcial (dezembro de 2010 a fevereiro de 2011):** Caracterização e avaliação dos recursos hídricos e do uso e ocupação do solo na microbacia hidrográfica do Monte Olimpo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- USP, Piracicaba - SP, 2010. 27p.

PATRICK, W. H. & REEDY, C. N. Chemical Changes in Rice Soils. In: **Chemical and Eletrochemical changes in rice soils**. Internacional Rice Ressearch Institute, Phillipines, 1978. p. 361-379.

PATTERSON, R. A.; DAVEY, K. E; FARNAN, N. **“Peat Bed Filters for on-site Treatment of Septic Tank Effluente”**. Proceedings of on-site '01 Conference: Advancing Onsite Wastewater Systems. Patterson, R. A. & Jones, M. J. Lanfax Labs Armidale Edition, 2001.

PAVAN, M. A. Alumínio em solos ácidos do Paraná: relação entre o alumínio não trocável, trocável e solúvel, com o pH, CTC, porcentagem de saturação de Al e matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 7, p. 39-46, 1983.

PEDRO G.; SIEFFERMANN G. **Weathering of rocks and formation of soils**. Review in Modern Problems of Geochemistry. UNESCO, 1979. p. 39-55.

PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; VALLADARES, G. S. Organossolo: ocorrência, gênese, classificação, alterações pelo uso agrícola e manejo. In: TORRADO, P.V. et al. **Tópicos em Ciência do Solo IV**. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005, p. 233 – 277.

PINTO, A. G. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. C. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amaz**, v. 39, n. 3, p. 627-638, 2009.

PONTEVEDRA-POMBAL, X.; MARTINEZ-CORTIZAS, A. Turberas de Galicia: procesos formativos, distribución y valor medioambiental El caso particular de las “Serras Septentrionais”. **Chioglossa**, v. 2, p. 103–121, 2004.

PORTAL DOS COMITÊS DE BACIA – MG, 2013. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais/bacia-do-rio-jequitinhonha/jq2-cbh-do-rio-aracuai/1164-conheca-a-bacia-jq2>> Acesso em: 11/07/2013.

POTES, M. L.; DICK, D. P.; DALMOLIN, R. S. D.; KNICKER, H.; ROSA, A. S. Matéria Orgânica em Neossolo de Altitude: Influência do Manejo da Pastagem na Sua Composição e Teor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 23-32, 2010.

PRÉVOST, M.; PLAMONDON, A. P., BELLAU, P. Effects of drainage of a forested peatland on water quality and quantity. **Journal of Hydrology**, v. 214, p. 130-143, 1999.

PRICE, J. S., Soil moisture, water tension, and water table relationships in a managed cutover bog. **Journal of Hydrology**, v. 202, p. 21–32, 1997.

PRICE, J. S.; SCHLOTZHAUER, M. Importance of shrinkage and compression in determining water storage changes in peat: the case of a mined peatland. **Hydrological Processes**, New York, v. 13, n. 16, p. 2591–2601, 1999.

REBOUÇAS, A. C. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2. ed. São Paulo: Editora Escrituras, 2002.

RENGEL, Z. **Handbook of Soil Acidity**. New York Marcel Dekker. 2003. 496p.

RESS, R. M.; PARKER-JERVIS, F.; CRESSER, M. Soil effects on water chemistry in three adjacent upland streams at Glendye in Northeast Scotland. **Wat. Res.**, Great Britain, v. 23, n. 4, p. 511-517, 1989.

REZENDE, M. O. O. **A importância ambiental das substâncias húmicas**. Instituto de Química de São Carlos, USP, São Carlos, 1999. 152p. Tese (Doutorado).

ROJSTACZER, S. A.; DEVEREL, S. J. Time dependence of atmospheric carbon inputs from drainage of organic soils. **Geophysical Research Letters**, v. 20, p. 1383–1386, 1993.

ROSADO, V. B. **Solos orgânicos no sul do Estado do Espírito Santo: indicadores, uso e manejo**. Universidade Federal de Viçosa, 2004. 75p. Dissertação (Mestrado).

SÁ, M. F. M. Os solos dos Campos Gerais. In: MELO, M. S.; MORO, R. S.; GUIMARÃES, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2007. p. 73-83.

SAADI, A. A. **Geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens**. Geonomos, Belo Horizonte, v. 3, p. 41-75, 1995.

SAKAI, E.; LEPSCH, I. F. **Levantamento pedológico detalhado da estação experimental de Pariquera-Açu**. Instituto Agronômico. Campinas, 1984. 56p. (Boletim Técnico nº 83).

SAKAI, E.; LEPSCH, I. F. **Levantamento pedológico detalhado e distribuição espacial de características dos solos do Pôlder Registro-I, SP**. Instituto Agronômico. Campinas, 1987. 56p. (Boletim Científico Nº 10).

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. da. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

SANTOS, M. D. C; MENEZES, C. T. B; LEAL FILHO, L. S. **Uso de turfa na remoção de metais de um efluente ácido**. Southern Hemisphere Meeting On Mineral Technology, 6. ed. Rio de Janeiro, 2001. p. 449-454.

SANTOS, M. L. M. **Estudo do mecanismo de tolerância ao alumínio e sua variabilidade genotípica em arroz (*Oryza sativa* L.)**. Universidade Federal Rural Rio de Janeiro, Seropédica, 1991. 144f. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5.ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; DE JULIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 13, p. 329-338, 2008.

SILVA, A. C. **Diagnóstico e avaliação pedológica para o plano de manejo do Parque Estadual do Biribiri**. Diamantina, SEMAD/IEF, 2004a. 37p.

SILVA, A. C. **Diagnóstico e avaliação pedológica para o plano de manejo do Parque Estadual do Rio Preto.** Diamantina, SEMAD/IEF, 2004b. 34p.

SILVA, A. C. **Diagnóstico e avaliação pedológica para o plano de manejo do Parque Estadual do Pico do Itambé.** Diamantina, SEMAD/IEF, 2004c. 31p.

SILVA, A. C. **Diagnóstico e avaliação pedológica para o plano de manejo da Área de Proteção Ambiental Águas Vertentes.** Diamantina, SEMAD/IEF, 2005b. 53p.

SILVA, A. C. Solos. In: SILVA, A.C.; PEDREIRA, L. C. V. S. F.; ALMEIDA ABREU, P. A. **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes.** Belo Horizonte: O Lutador, 2005a. p. 50-78.

SILVA, A. C.; HORÁK, I.; VIDAL-TORRADO, P.; MARTINEZ CORTIZAS, A.; RODRIGUES RACEDO, J.; CAMPOS, J. R. R. Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG. II - influência da drenagem na composição elementar e substâncias húmicas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 33, p. 1399-1408, 2009.

SILVA, A. M. M; SACOMANI, L. B. Using chemical and physical parameters to define the quality of Pardo River water (Botucatu – SP – Brazil). **Water research**, v. 35, n. 6, p.1609-16, 2000.

SILVA, E. B.; SILVA, A. C.; GRAZZIOTTI, P. H.; FARNEZZI, M. M. M.; FERREIRA, C. A.; COSTA, H. A. H.; HORÁK, I. 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**, Viçosa, v. 32, p. 2007-2013, 2008.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 275-374.

SILVA, L. M. V.; PASQUAL, A. Dinâmica e modelagem da matéria orgânica do solo com ênfase ao ecossistema tropical. **Energia na Agricultura**, v. 14, p. 13-24, 1999.

SILVA, M. L. **Mapeamento, estoque de matéria orgânica e valor ambiental das turfeiras da serra do espinhaço meridional – SdEM.** Diamantina, 2012. 126 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal).

SILVA, M. L.; SILVA, A. C.; SILVA, B. P. C.; BARRAL, U. M.; SOUZA SOARES, P. G.; VIDAL-TORRADO, P. Mapeamento, estoque de matéria orgânica e de água das turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 2013a. No prelo.

SILVA, V. E. **Relações entre a composição lignocelulósica e isotópica da vegetação e da matéria orgânica de uma turfeira tropical**. Diamantina, MG, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, 2011. 164p. Dissertação (Mestrado).

SILVA, V. E.; SILVA, A. C.; PEREIRA, R. C.; CAMARGO, P. B.; SILVA, B. P. C.; BARRAL, U. M.; MENDONÇA FILHO, C. V. Composição lignocelulósica e isotópica 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**. v. 37, n. 1, p. 121-133. 2013.

SILVEIRA, R. A. **Proposição de uma metodologia para mensuração do potencial de biodegradação intrínseca de amostras líquidas industriais/ambientais**. Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, SC, 2010. 77p. Dissertação (Mestrado).

SOARES, J. C. A. **Influência da drenagem de solos com presença de turfas sobre parâmetros de qualidade de água**. Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2001. 134p. Dissertação (Mestrado).

SOARES, P. F. C. **Variação de Atributos e Dinâmica de carbono e Nitrogênio em Organossolos em Função de Uso e Manejo Agrícola no Rio de Janeiro**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2011. 87p. Dissertação (Mestrado).

SOARES, P. G. **Armazenamento e Retenção de Água nas Turfeiras da Serra do Espinhaço Meridional – SdEM**. Diamantina, 2012. 69 p. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal).

SOLLINS, P.; HOMANN, P.; CALDWELL, B. A. Stabilization of soil organic matter: mechanisms and controls. **Geoderma**, v. 74, p. 65-105, 1996.

SOUZA JÚNIOR, V. S.; RIBEIRO, M. R.; OLIVEIRA, L. B. Propriedades químicas e manejo de solos tiomórficos da várzea do Rio Coruripe, Estado de Alagoas. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p. 811-822, 2001.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 205-274.

SOUZA, D. M. G.; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ; V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v. 1, p. 206-268.

SPOSITO, G. **The chemistry of soils**. Oxford: Oxford University Press, 1989. 222p.

SPOSITO, G. **The environmental chemistry of aluminum**. 2. ed. Lewis Publishers, p. 222-225. 1995.

STANEK, W.; SILC, T. Comparisons of four methods for determination of degree of peat humification (decomposition) with emphasis on the von Post Method. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 57, p. 109-117, 1977.

STEELINK, C. Implications of elemental characteristics of humic substances. In: AIKEN, G. R.; McKNIGHT, D. M.; WERSHAW, R. L.; MacCATHY, P. **Humic substances in soil, sediment, and water**. Geochemistry, isolation and characterization. New York: Wiley, Interscience, 1985.

STEPHENS, J. C.; ALLEN JR, L. H.; CHEN, E. Organic soil subsidence. In: HOLZER, T. L. **Man-induced land subsidence**. Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, Boulder CO, USA, v. 6, p. 107–122, 1984.

STEVENSON, F. J. **Cycles of soil – carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients**. United States of America: John Wiley & Sons, 1986. 380p.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry: genesis, composition, reactions**. 2. ed. John Wiley & Sons, New York, 443p. 1994.

STUMM, W.; MORGAN, J. J. **Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters**. John Wiley & Sons, New York, 1996. 780p.

TAN, K. H. **Principles of soil chemistry**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1992.

TIEMEYER, B.; FRINGS, J.; KAHLE, P.; KÖHNE, S.; LENNARTZ, B. A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and groundwater concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – Implications for re-wetting, **Journal of Hydrology**, v. 345, p. 80– 101, 2007.

TORRENTES, A.; JAYASUNDERA, S.; SCHMIDT, W.J. Influence of the polarity of organic matter on the sorption of acetamide pesticides. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v. 45, p. 3320-3325, 1997.

TUNDISI, J. G. Environment and dams. **Ciência Hoje**, v. 5, n. 27, p. 48-55, 1986.

TURCQ, B.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; CORDEIRO, R. C.; SIFEDDINE, A.; SIMOES FILHO, F. F. L.; SOUZA, A. G.; ABRÃO, J. J.; OLIVEIRA, F. B. L.; SILVA, A. O.; CAPITÂNEO, J. Acúmulo de carbono orgânico em cada cinco brasileiros lagos durante o Holoceno. **Sedimento. Geol.**, v. 148, p. 319-342, 2002.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE . SOIL SURVEY STAFF. **Soil taxonomy**: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys, 2. ed. United States Department of Agriculture Agriculture Handbook, Natural Resources Conservation, n. 436, 1999.

VALLADARES G. S.; GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S.; PEREIRA, M. G.; ANJOS, L. H. C.; EBELING, A. G.; BENITES, V. M. Análise dos componentes principais e métodos multicritério ordinais no estudo de Organossolos e solos afins. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 285-296, 2008.

VALLADARES, G. S. **Caracterização de Organossolos, auxílio à sua classificação**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2003. 142p. Tese (Doutorado).

VALLE JUNIOR, R. F. D.; ABDALA, V. L.; GUIDOLINI, J. F.; SIQUEIRA, H. E.; CANDIDO, H. G. Diagnóstico temporal e espacial da qualidade das águas superficiais do Rio Uberaba – MG. **Caminhos de Geografia**, v. 14, n. 45, 2013.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. UFMG, Belo Horizonte, 1996. 246p.

WADDINGTON, J. M., ROULET, N. T. Groundwater flow and dissolved carbon movement in a boreal peatland. **Journal of Hydrology**, New York, v. 191, n. 4, p. 122–138, 1997.

WADDINGTON, J. M., ROULET, N. T. Groundwater flow and dissolved carbon movement in a boreal peatland. **Journal of Hydrology**, New York, v. 191, n. 4, p. 122–138, 1997.

WALLAGE, Z. E.; HOLDEN, J.; MCDONALD, A. T. Drain blocking: An effective treatment for reducing dissolved organic carbon loss and water discolouration in a drained peatland. **Science of the Total Environment**, v. 367, p. 811–821, 2006.

WÖSTEN, J. H. M.; ISMAIL, A. B.; VAN WIJK, A. L. M. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. **Geoderma**, v. 78, p. 25–36, 1997.

ZECH, Z.; SENESI, N.; GUGGENBERGER, G.; KAISER, K.; LEHMANN, J.; MIANO, T. M.; MILTNER, A.; SCHROTH, G. Factors controlling humification and mineralization of soil organic matter in the tropics. **Geoderma**, v. 79, p. 69-116, 1997.

ZON, C. **Influência de drenagem sobre solos orgânicos e parâmetros de qualidade de água. Estudo de caso: “Vale do Suruaca” delta do Rio Doce.** Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2008. 153p. Tese (Doutorado).

## ANEXOS

**ANEXO A** – Análise de significância pelo teste F para atributos físicos, químicos e morfológicos do solo de turfeiras das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

**Tabela 1.** Análise conjunta de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para os atributos físicos, químicos e morfológicos do solo de turfeiras (Locais) das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

FV	GL	PF%								
		pH CaCl <sub>2</sub>	FNE	FE	Ug	Ds	Dmo	MO	MM	RM
Local	1	5,20	96,12	45,36	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
Fit	1	46,84	4,46	0,02	0,00	0,00	0,00	67,38	67,38	1,26
Prof	7	0,03	0,47	0,09	0,00	0,00	18,92	0,13	0,13	0,03
LocalxFit	1	0,00	9,30	1,78	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00
LocalxProf	7	33,30	73,83	81,08	0,00	73,07	0,00	80,98	80,98	85,07
FitxProf	7	46,94	4,62	5,05	0,00	2,03	0,00	43,45	43,45	42,05
Tripla	7	65,84	98,60	80,62	0,00	0,45	5,99	1,13	1,13	0,33
Erro médio	32									
<b>Média</b>		4,04	31,44	13,60	490,80	0,24	0,12	57,88	42,12	0,08
<b>CV (%)</b>		5,40	32,46	54,12	17,47	24,79	10,42	21,23	29,17	53,12

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; pH em CaCl<sub>2</sub>: determinado de acordo com Embrapa (2006); FNE: fibras não esfregadas; FE: fibras esfregadas; Ug: umidade gravimétrica; Ds: densidade do solo; Dmo: densidade da matéria orgânica; MO: teor de matéria orgânica; MM: teor de material mineral; RM: resíduo mínimo.

**Tabela 2.** Análise de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para os atributos físicos, químicos e morfológicos do solo de uma turfeira da cabeceira do Rio Preto.

FV	GL	PF%								
		pH CaCl <sub>2</sub>	FNE	FE	Ug	Ds	Dmo	MO	MM	RM
Fit	1	0,00	72,53	12,17	9,79	2,24	0,08	0,02	0,02	0,94
Prof	7	1,17	1,00	0,94	0,00	1,52	0,00	0,19	0,19	7,47
Interação	7	41,46	3,06	8,59	0,00	2,95	0,08	2,18	2,18	12,83
Erro	16									
<b>Média</b>		3,98	31,50	14,30	595,45	0,18	0,10	64,60	35,40	0,05
<b>CV (%)</b>		6,21	23,01	38,44	13,66	38,89	9,21	14,34	26,18	91,64

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; pH em CaCl<sub>2</sub>: determinado de acordo com Embrapa (2006); FNE: fibras não esfregadas; FE: fibras esfregadas; Ug: umidade gravimétrica; Ds: densidade do solo; Dmo: densidade da matéria orgânica; MO: teor de matéria orgânica; MM: teor de material mineral; RM: resíduo mínimo.

**Tabela 3.** Análise de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para os atributos físicos, químicos e morfológicos do solo de uma turfeira da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

FV	GL	PF%								
		pH CaCl <sub>2</sub>	FNE	FE	Ug	Ds	Dmo	MO	MM	RM
Fit	1	0,00	4,20	0,11	0,00	0,00	0,00	2,34	2,34	0,00
Prof	7	7,47	22,40	10,38	0,43	0,86	10,16	32,18	32,18	0,84
Interação	7	88,78	69,23	40,92	0,36	1,23	0,01	20,12	20,12	1,71
Erro	16									
<b>Média</b>		4,09	31,38	12,90	386,15	0,30	0,13	51,15	48,85	0,11
<b>CV (%)</b>		4,50	39,77	68,51	23,29	15,09	10,92	28,74	30,10	32,91

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; pH em CaCl<sub>2</sub>: determinado de acordo com Embrapa (2006); FNE: fibras não esfregadas; FE: fibras esfregadas; Ug: umidade gravimétrica; Ds: densidade do solo; Dmo: densidade da matéria orgânica; MO: teor de matéria orgânica; MM: teor de material mineral; RM: resíduo mínimo.

**ANEXO B** – Análise de significância pelo teste F para o pH e elementos do complexo sortivo do solo de turfeiras das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

**Tabela 1.** Análise conjunta de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para o pH e elementos do complexo sortivo do solo de turfeiras (Locais) das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

FV	GL	PF%															
		pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca	Mg	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>3+</sup>	SB	t	T	m	V	Fe	Zn	Cu	Mn
Local	1	39,74	0,00	24,91	21,59	12,02	88,44	90,55	1,29	66,36	41,20	50,78	78,08	0,33	20,20	33,43	0,08
Fit	1	96,84	0,30	11,83	40,21	58,99	53,85	32,28	66,59	51,33	27,13	50,78	40,91	65,51	30,69	33,43	15,42
Prof	7	94,74	41,48	0,01	0,04	5,15	3,89	8,93	0,00	2,21	16,59	0,03	0,01	0,01	0,14	47,06	0,02
Local x Fit	1	0,03	0,84	48,32	67,23	58,99	0,57	0,10	66,59	0,55	0,38	29,86	17,80	27,98	87,79	33,43	44,40
Local x Prof	7	89,81	8,79	31,96	51,14	2,36	88,30	42,22	0,33	87,78	40,89	76,48	95,81	2,35	72,10	47,06	0,79
Res médio	14																
<b>Média</b>		4,63	5,01	30,56	0,21	0,12	3,46	27,34	0,41	3,87	27,43	89,16	1,59	50,76	0,61	1,09	1,55
<b>CV (%)</b>		5,69	25,89	97,54	38,51	27,71	24,14	24,61	21,61	21,80	27,45	4,97	39,10	69,53	69,78	17,30	37,07

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; pH em H<sub>2</sub>O, P, K, Ca, Mg, Al<sup>3+</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>, Fe, Zn, Cu e Mn: determinados de acordo com Embrapa (1999); SB: soma de bases; t: capacidade efetiva de troca de cátions; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; m: saturação por alumínio; V: saturação por bases.

**Tabela 2.** Análise de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para o pH e elementos do complexo sortivo do solo de uma turfeira da cabeceira do Rio Preto.

FV	GL	PF%															
		pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca	Mg	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	SB	t	T	m	V	Fe	Zn	Cu	Mn
Fit.	1	0,00	0,93	22,50	28,49	100,00	0,13	3,56	59,44	0,25	12,36	0,38	10,36	69,61	43,37	35,06	27,58
Prof.	7	35,71	59,26	1,55	0,23	4,38	1,35	7,71	0,01	1,83	16,89	0,00	0,86	0,34	0,59	50,00	0,93
Resíduo	7																
<b>Média</b>		4,59	6,99	36,90	0,23	0,13	3,48	27,48	0,45	3,94	28,56	88,63	1,63	72,77	0,69	1,13	2,20
<b>CV (%)</b>		1,90	24,53	102,36	28,01	30,24	12,77	20,70	21,79	13,04	24,67	1,46	32,89	56,25	34,28	23,74	54,27

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; pH em H<sub>2</sub>O, P, K, Ca, Mg, Al<sup>+3</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup>, Fe, Zn, Cu e Mn: determinados de acordo com Embrapa (1999); SB: soma de bases; t: capacidade efetiva de troca de cátions; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; m: saturação por alumínio; V: saturação por bases.

**Tabela 3.** Análise de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para o pH e elementos do complexo sortivo do solo de uma turfeira da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

FV	GL	PF%															
		pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca	Mg	Al <sup>+3</sup>	H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	SB	t	T	m	V	Fe	Zn	Cu	Mn
Fit	1	4,26	49,53	32,34	80,18	35,06	19,84	1,47	100,00	19,19	1,80	84,39	73,18	20,96	49,18	-	18,00
Prof	7	94,39	0,75	1,26	26,96	50,00	53,35	56,80	0,40	44,13	54,14	31,09	3,89	20,44	26,41	-	3,55
Resíduo	7																
<b>Média</b>		4,67	3,03	24,23	0,19	0,11	3,44	27,19	0,36	3,80	26,31	89,69	1,56	28,74	0,54	1,06	0,90
<b>CV (%)</b>		7,75	21,48	77,31	49,50	23,53	31,83	28,04	20,99	28,32	30,35	6,82	44,85	99,33	66,94	0,00	33,04

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; pH em H<sub>2</sub>O, P, K, Ca, Mg, Al<sup>+3</sup>, H<sup>+</sup> + Al<sup>+3</sup>, Fe, Zn, Cu e Mn: determinados de acordo com Embrapa (1999); SB: soma de bases; t: capacidade efetiva de troca de cátions; T: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; m: saturação por alumínio; V: saturação por bases.

**ANEXO C** – Análise de significância pelo teste F para os atributos da composição elementar do solo de turfeiras das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

**Tabela 1.** Análise conjunta de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para os atributos da composição elementar do solo de turfeiras (Locais) das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

FV	GL	PF%			
		C	N	H	O
Local	1	0,00	0,00	0,00	0,00
Fit	1	19,84	2,32	4,20	0,17
Prof	7	0,87	0,00	0,00	0,00
LocalxFit	1	0,00	16,69	4,77	4,78
LocalxProf	7	55,24	84,39	8,52	62,46
FitxProf	7	31,12	28,33	20,34	1,04
Tripla	7	0,10	0,05	0,45	2,12
Erro médio	32				
<b>Média</b>		27,81	1,33	4,04	16,45
<b>CV (%)</b>		19,09	15,92	14,41	13,29

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; C: carbono orgânico do solo; N: nitrogênio do solo; H: hidrogênio do solo; O: oxigênio do solo.

**Tabela 2.** Análise de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para os atributos da composição elementar do solo de uma turfeira da cabeceira do Rio Preto.

FV	GL	PF%			
		C	N	H	O
Fit.	1	0,00	3,20	0,89	24,03
Prof.	7	0,37	0,01	0,02	0,01
Interação	7	0,89	1,66	3,62	0,54
Erro	16				
<b>Média</b>		30,99	1,57	4,97	17,89
<b>CV (%)</b>		12,02	15,48	11,63	9,76

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; C: carbono orgânico do solo; N: nitrogênio do solo; H: hidrogênio do solo; O: oxigênio do solo.

**Tabela 3.** Análise de significância pelo teste F entre os fatores fitofisionomia (Fit) e profundidade (Prof) para os atributos da composição elementar do solo de uma turfeira da cabeceira do Córrego Cachoeira dos Borges.

FV	GL	PF%			
		C	N	H	O
Fit.	1	4,41	42,16	96,72	0,43
Prof.	7	38,36	0,00	11,14	7,07
Interação	7	5,48	5,66	7,53	8,22
Erro	16				
	<b>Média</b>	24,63	1,10	3,11	15,01
	<b>CV (%)</b>	26,46	16,08	18,86	17,00

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; C: carbono orgânico do solo; N: nitrogênio do solo; H: hidrogênio do solo; O: oxigênio do solo.

**ANEXO D** – Análise de significância pelo teste F para os atributos das águas de turfeiras das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

**Tabela 1.** Análise de significância pelo teste F entre os tratamentos, afluentes (Locais) e épocas de coleta de água (Épocas) para os atributos físico-químicos das águas de turfeiras das cabeceiras de afluentes do Rio Araçuaí.

FV	GL	Temperatura	pH	OD	PF%			
					CE	DQO	DBO	DBO/DQO
Tratamentos	3	1,38	28,22	88,42	31,76	87,72	15,91	95,02
Local	1	16,11	95,43	74,48	32,81	60,96	24,91	75,17
Época	1	0,30	21,12	49,27	15,69	67,54	8,03	71,29
Interação	1	60,78	13,84	92,03	45,72	66,62	30,21	77,72
Erro	8							
<b>Média</b>		18,15	4,82	4,70	0,006	45,35	1,71	0,05
<b>CV (%)</b>		6,02	7,10	31,51	38,01	50,79	40,08	70,84

PF: Probabilidade de significância pelo teste F; FV: fontes de variação; GL: grau de liberdade; Temperatura: temperatura da água; pH: potencial hidrogeniônico da água; OD: oxigênio dissolvido; CE: condutividade elétrica; DQO: demanda química de oxigênio; DBO: demanda bioquímica de oxigênio.