

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos



Dissertação

**Caracterização de solos e sedimentos em depósitos e fontes em potencial na
Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas**

Caroline Perez Lacerda da Silveira

Pelotas, 2015

Caroline Perez Lacerda da Silveira

**Caracterização de solos e sedimentos em depósitos e fontes em potencial na
Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientador: Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki

Pelotas, 2015

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S587c Silveira, Caroline Perez Lacerda da

Caracterização de solos e sedimentos em depósitos e fontes em potencial na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas / Caroline Perez Lacerda da Silveira ; Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki, orientador. — Pelotas, 2015.

127 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, 2015.

1. Erosão. 2. Degradação. 3. Granulometria. 4. Física do solo. I. Suzuki, Luis Eduardo Akiyoshi Sanches, orient. II. Título.

CDD : 333.91

Caroline Perez Lacerda da Silveira

CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS E DE SEDIMENTOS EM DEPÓSITOS E FONTE
EM POTENCIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PELOTAS

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Recursos Hídricos, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 23 de fevereiro de 2005

Banca examinadora:



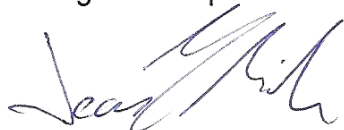
Prof. Dr. Luis Eduardo Akiyoshi Sanches Suzuki (Orientador)

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria



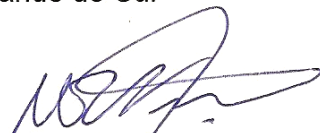
Prof.^a. Dr.^a. Cláudia Liane Rodrigues de Lima

Doutora em Agronomia pela Universidade de São Paulo



Prof. Dr. Jean Paolo Gomes Minella

Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Prof.^a. Dr.^a. Maria Cândida Moitinho Nunes

Doutora em Ciência do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Aos meus avós maternos João e Carmen, minha
mãe Denise, minha irmã Vivi e minha querida
Dadada.

Agradecimentos

É fácil lembrar-se de todos os envolvidos ao longo desta etapa, complicado é transformar em palavras o sentimento de gratidão que tenho por todos.

À Universidade Federal de Pelotas, ao Programa de Pós Graduação em Recursos Hídricos e todos os seus professores, pelo aprendizado e auxílio no desenvolvimento da pesquisa, muito obrigada.

A todos os agricultores que permitiram nossa entrada em suas propriedades. Este trabalho não teria sido realizado sem o auxílio de cada um.

A todos os funcionários que auxiliaram nas disciplinas e demais atividades realizadas ao longo deste percurso.

A todos os meus colegas de turma, ser a primeira não foi fácil e nem deveria ter sido, mas formamos uma turma e um grupo que ninguém conseguiu separar. Posso afirmar que não teria chegado até aqui se não fosse pelo empurrãozinho de cada um.

Aos amigos Bernardo, Guilherme, Gabriela e Mariana pela amizade além das aulas, horas extracurriculares, jantares, churrascos e risadas. Terminei com a certeza de ter aproveitado tudo o que foi possível ao lado de vocês, mas ainda com a promessa de certa dança.

A todos os bolsistas e voluntários do Laboratório de Solos e Hidrossedimentologia pelo apoio e auxílio sempre que necessário, seja para assuntos acadêmicos ou para as horas de descontração.

Aos guris do Suzuki, Anderson, Carlos, Gilberto, Márcio, Renan, Rodrigo, Vinícius e William, por todo apoio, auxílio na logística e no desenvolvimento das atividades de campo e de laboratório, mas principalmente pelo companheirismo e amizade.

À querida professora e amiga Idel Milani pelo exemplo, carinho, dedicação, apoio e pelo conhecimento dividido. Obrigada por ter sido nosso suporte em todos

os momentos de angústia, nas horas boas, nas ruins e em todas as outras imagináveis.

Ao meu orientador, Prof. Suzuki, pelo apoio, dedicação, tempo disponibilizado, e por todo o conhecimento compartilhado, mas principalmente pela amizade, pela convivência e pelos momentos de desabafo, mostrando que tudo é possível e que o caminho pode ser leve.

Ao Luan, namorado, noivo e companheiro que se tornou um exemplo acadêmico e de capacidade, agradeço por todos os momentos em que precisei e fostes mais do que presente aguentando e dividindo toda a angústia e meu mau humor.

Devo agradecer imensamente à minha família de sangue e de coração que me permitiu a realização deste trabalho, mesmo que a distância. Principalmente aos meus avós maternos por todo o apoio ao longo de toda vida. Pela criação, pelo exemplo de dignidade, honestidade e amor. Por terem me mostrado que o estudo e o conhecimento são sempre os melhores caminhos e por acreditar em mim, mesmo sem ter ideia da importância da área que escolhi.

À minha mãe pela vida, pela relação de amizade e irmandade, por todas as horas em que compreendesse as minhas falhas e mesmo assim ainda caminha junto comigo.

À minha irmã, meu espelho e apoio sempre que preciso, por toda a compreensão e motivação ao longo da vida e por sempre ser o principal motivo de toda a minha caminhada.

À minha Dadada, meu amor, minha mãe de coração e meu pilar, obrigada pelo dia-a-dia.

Por último devo agradecer a Deus, pelas pessoas colocadas no meu caminho, por todos os caminhos traçados, oportunidades dadas e por tudo que ainda virá.

Resumo

SILVEIRA, Caroline Perez Lacerda da. **Caracterização de solos e sedimentos em depósitos e fontes em potencial na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas** 2015. 127f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

O processo de perdas de solo, principalmente pela erosão hídrica, pode ser considerado como um dos principais agentes causadores da degradação ambiental, causada pelo uso excessivo e descontrolado das áreas agrícolas, retirada da mata ciliar das margens dos arroios, ou pela falta de planejamento e adequação das estradas rurais. Considerando a importância social, ambiental e econômica quanto aos riscos e impactos gerados pelo processo erosivo, o presente estudo teve como objetivo principal caracterizar fisicamente o sedimento de depósitos fluviais no Arroio Pelotas e de seus afluentes, e suas fontes em potencial (áreas de pastagem e lavoura, margens expostas do arroio e estradas rurais não pavimentadas), separando grupos e variáveis físicas que discriminam estes grupos, partindo das hipóteses que, o sedimento de depósito fluvial é predominantemente arenoso; que as áreas de pastagem são mais suscetíveis a erosão quando comparadas a outras devido suas características morfológicas e fluxo de água no solo; que as análises de distribuição do tamanho e densidade de partículas são bons indicadores de caracterização e identificação de potenciais fontes de sedimento e então é possível estabelecer uma relação entre as características físicas das fontes potenciais de sedimentos e de depósitos fluviais do arroio. O trabalho foi realizado ao longo do Arroio Pelotas, curso principal pertencente à Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, situado predominantemente na cidade de Pelotas e com abrangência nas cidades de Canguçu, Morro Redondo e Arroio do Padre. Amostras de solo e sedimentos foram feitas ao longo do arroio Pelotas e alguns de seus afluentes. Amostras de solo com estrutura preservada foram feitas em áreas de pastagem e lavoura com solo revolvido para determinação da porosidade, densidade e condutividade hidráulica do solo saturado, enquanto amostras de solo e sedimento com estrutura não preservada foram coletadas em áreas de pastagem e lavoura, margens dos arroios, estradas rurais não pavimentadas e depósitos fluviais dos arroios para determinação da distribuição do tamanho e densidade de partículas. A partir dos resultados obtidos verificou-se que a camada superficial dos solos em áreas de lavoura e margens de arroios, assim como os sedimentos de estradas rurais não pavimentadas e sedimentos de depósitos fluviais dos arroios possuem uma característica predominantemente arenosa. Por se tratar de solos e sedimentos arenosos, a distribuição do tamanho de partículas se mostrou como potencial indicador na identificação de fontes de sedimentos para os arroios, no entanto, a densidade de partículas e o grau de floculação, evidenciado através da análise dos componentes principais, não se mostraram bons indicadores e conseqüentemente, não caracterizaram a região estudada. Com o presente trabalho foi possível perceber a necessidade de medidas que visem à correta alocação de estradas e redução do aporte de sedimentos; também se verificou a necessidade de maior proteção vegetal nas margens dos arroios, cumprindo a legislação, de forma a evitar a erosão de encosta.

Palavras-chave: erosão; degradação; granulometria; física do solo.

Abstract

SILVEIRA, Caroline Perez Lacerda da. **Caracterização de solos e sedimentos em depósitos e fontes em potencial na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas** 2015. 127f. Dissertation (Master Degree in Recursos Hídricos) – Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015.

The process of soil loss may be considered as one of the main causes of environmental degradation, caused by excessive and uncontrolled use of agricultural areas, the removal of riparian vegetation from the banks of the streams, or the lack of planning and adequacy of rural roads. Considering the social, environmental and economic importance of the risks and impacts caused by erosion, this study aimed to physically characterize the fluvial deposits of sediment in Arroio Pelotas and its tributaries, and their potential sources (grazing and farming areas, exposed banks of the stream and unpaved rural roads), separating groups and physical variables that discriminate against these groups, based on the hypothesis that the river sediment is predominantly sandy; the pasture areas are more susceptible to erosion because of the morphological and water flux in the soil; that size distribution analysis and particle density are good indicators of characterization and identification of potential sources of sediment and then it is possible to establish a relationship between the physical characteristics of potential sources of sediment and river the stream deposits. The work was carried out along the Pelotas river, through its main course that belongs to the watershed of Pelotas river, located predominantly in the city of Pelotas and coverage in the cities of Canguçu, Morro Redondo and Arroio do Padre. Soils and sediments were sampled along the Pelotas river and some of its tributaries. Soil samples with preserved structure were collected in pasture areas to determine the porosity, bulk density and hydraulic conductivity of saturated soil, while soil and sediment samples with not preserved structure were collected in pasture areas, banks of streams, unpaved rural roads and in the Pelotas river to determine the particle size distribution and its density. From the results it was found that the surface layer of soil in areas of pasture and the banks of streams, as well as sediments of rural roads unpaved and the bottom sediments of streams have a characteristic predominantly sandy. In the case of sandy soils and sediments, the particle size distribution were good indicators identifying sediments sources for the streams, however, the density of the particles and flocculation grade, as evidenced by the principal component analysis, were not good indicators and therefore not characterized the study area. With this work, it was finally possible to see the need for measures aimed at correct allocation of roads and reduced sediment supply; there was also the need for greater plant protection on the banks of the streams, complying with legislation, to avoid the erosion of the hillside.

Key-words: erosion; degradation; granulometry; soil physics.

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização geral da Bacia do Arroio Pelotas. Fonte: o autor.....	33
Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas com sua hidrografia. Fonte: o autor.	34
Figura 3 – Trecho de coleta de amostras de solo e sedimento na BHAP Sendo a área circulada em verde os pontos 526, 527, 529, 533, 534 e 535, a área em laranja os pontos 523, 531, 553, 554, 555, 556 5 557, a área em amarelo os pontos 519, 530 e 532 e a área em roxo os pontos 387, 507, 508, 509 e 558.- Calha principal e afluentes. Fonte: o autor.	36
Figura 4 – Imagem dos pontos de amostragem nas áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 3,96 km.....	37
Figura 5 – Sentido dos cilindros para coleta das amostras de solo com estrutura preservada.	38
Figura 6 – Imagem dos pontos de amostragem em margens expostas nos arroios na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 4,45 km.	40
Figura 7 – Imagem dos pontos de amostragem 519 (A) e 527 (B) em margens expostas nos arroios na área rural de Pelotas. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.....	41
Figura 8 – Imagem dos pontos de amostragem em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 4,45 km.	42
Figura 9 – Imagem dos locais de amostragem (faixa de rodagem da estrada – A; sarjeta da estrada – B; barranco de estrada – C) no ponto 519 em estrada não pavimentada na área rural de Pelotas. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.	43
Figura 10 – Imagem dos pontos de amostragem do sedimento de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 4,45 km.	44
Figura 11 - Permeâmetro de carga constante para determinação em laboratório da condutividade hidráulica do solo saturado. Fonte: Luís Eduardo A.S. Suzuki.....	45
Figura 12 – Mesa de tensão com as amostras de solo com estrutura preservada. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.....	46

Figura 13 – Determinação da densidade de partículas utilizando o método do balão volumétrico. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.	47
Figura 14 – Agitador elétrico tipo Stirrer utilizado na dispersão mecânica de solo e sedimento para determinação da distribuição do tamanho de partículas e argila dispersa em água. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.	47
Figura 15 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (ϕ 2,0 a 0,25 mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.	78
Figura 16 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (ϕ 0,25 a 0,05 mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.	79
Figura 17 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.	80
Figura 18 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila (ϕ < 0,002 mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.	80
Figura 19 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade na densidade de partículas do solo nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.	82
Figura 20 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (ϕ 2,0 a 0,25 mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.	85
Figura 21 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (ϕ 0,25 a 0,05 mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.	86
Figura 22 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.	87
Figura 23 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila (ϕ < 0,002 mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.	87

Figura 24 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade na densidade de partículas de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.	88
Figura 25 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (ϕ 2,0 a 0,25 mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.	92
Figura 26 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (ϕ 0,25 a 0,05 mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.	93
Figura 27 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.	94
Figura 28 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila (ϕ < 0,002 mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.	94
Figura 29 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade na densidade de partículas de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.	95
Figura 30 - Dendograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (ϕ 2,0 a 0,25 mm).	97
Figura 31 - Dendograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (ϕ 0,25 a 0,05 mm).	98
Figura 32 - Dendograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm).....	100
Figura 33 - Dendograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila (ϕ < 0,002 mm).	101
Figura 34 - Dendograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade de densidade de partículas.....	103

Figura 35 - Dendograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade de argila dispersa em água.	104
Figura 36- Relação entre fator 1 e fator 2 com as variáveis analisadas.	106
Figura 37 - Relação dos fatores 1 e 2 com os pontos amostrais.	107

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Pontos coletados e sua descrição em áreas de pastagem e solo revolvido na área rural de Pelotas.	38
Tabela 2 – Pontos coletados e sua descrição em margens expostas do arroio na área rural de Pelotas.	40
Tabela 3 – Pontos coletados e descrição das amostragens de sedimentos depositados em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas.	42
Tabela 4 – Pontos coletados e descrição das amostragens de sedimento de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas.	44
Tabela 5 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 2.	54
Tabela 6 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de flocculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 2).....	54
Tabela 7 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade do solo (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de lavoura (propriedade rural 2) na área rural de Pelotas, no ponto 532.	55
Tabela 8 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 1.	59
Tabela 9 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 3.	60
Tabela 10 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 4.	61
Tabela 11 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de flocculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a posição na paisagem e camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 1).	65
Tabela 12 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de flocculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a posição na paisagem e camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 3).	66

Tabela 13 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a posição na paisagem e camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 4).....	67
Tabela 14 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade do solo (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de pastagem (propriedade rural 1) na área rural de Pelotas.....	68
Tabela 15 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de pastagem (propriedade rural 3) na área rural de Pelotas.....	69
Tabela 16 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de pastagem (propriedade rural 4) na área rural de Pelotas.....	70
Tabela 17 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas (Dp) e grau de floculação (GF) com a distribuição do tamanho de partículas do solo de áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido na área rural de Pelotas.	73
Tabela 18 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp), classe textural e estatística descritiva do solo exposto na margem do arroio na área rural de Pelotas.....	74
Tabela 19 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas e seu tamanho para o solo exposto na margem do arroio na área rural de Pelotas.....	77
Tabela 20 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp), classe textural e estatística descritiva dos sedimentos depositados em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas.	84
Tabela 21 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas e seu tamanho para sedimentos depositados em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas.	85
Tabela 22 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp), classe textural e estatística descritiva dos sedimentos de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas.	89
Tabela 23 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas e seu tamanho para sedimento de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas.....	91

Tabela 24 - Dados das cargas fatoriais para os principais fatores escolhidos. 105

Sumário

1	Introdução.....	18
2	Objetivos.....	20
2.1	Geral	20
2.2	Específicos.....	20
3	Hipóteses.....	21
4	Revisão de Literatura.....	22
4.1	A importância do solo	22
4.2	Erosão hídrica	23
4.3	Fatores controladores da erosão hídrica.....	26
4.4	Produção de sedimento e identificação de suas fontes	29
4.5	Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas	31
5	Materiais e Métodos.....	33
5.1	Descrição geral da área de estudo	33
5.1.1	Localização	33
5.1.2	Solos, relevo e geografia	34
5.1.3	Clima.....	35
5.1.4	Atividades	35
5.2	Descrição dos locais de coleta de solo e sedimento.....	35
5.2.1	Pastagem e lavoura (solo revolvido).....	36
5.2.2	Margem de arroio.....	39
5.2.3	Estrada rural não pavimentada	41
5.2.4	Sedimento de depósitos fluviais do arroio	43
5.3	Avaliações e procedimentos de laboratório	44
5.3.1	Condutividade hidráulica, porosidade e densidade do solo	45
5.3.2	Densidade de partículas	46

5.3.3 Distribuição do tamanho de partículas, argila dispersa em água e grau de flocculação.....	47
5.4 Análise estatística	48
6 Resultados e Discussão	50
6.1 Características físico-hídricas e morfológicas de solos de áreas de pastagem/lavoura.....	50
6.2 Características dos solos das margens dos arroios.....	73
6.3 Características de sedimentos de estradas não pavimentadas	82
6.4 Características dos sedimentos de depósitos fluviais dos arroios	88
6.5 Análise de agrupamento e discriminante das fontes de sedimentos.....	95
7 Considerações Finais	108
8 Referências.....	110
Apêndices.....	116

1 Introdução

A erosão hídrica é amplamente conhecida e ocorre de forma significativa em grande parte do território urbano e rural. O processo erosivo em áreas rurais acarreta grande desequilíbrio do ambiente através das perdas de solo, de fertilidade e também pelo carreamento de sedimento que acaba sendo depositado no leito do arroio, trazendo prejuízos como assoreamento, enchentes, além do transporte e transferência de poluentes.

É de fundamental importância em uma bacia hidrográfica rural, que os processos erosivos e a deposição de sedimento sejam pesquisados, pois o solo nessas áreas possui função econômica e de desenvolvimento social, devendo ser estudada desde as possíveis fontes de erosão até sua propagação ao longo dos canais. Os principais compartimentos a serem monitorados são as estradas não pavimentadas, pela ausência no controle do escoamento; as margens dos arroios, que possuem influência na perda de solo, pela velocidade e características fisiográficas do arroio, ou pela influência do escoamento superficial nas margens; e as áreas de lavoura, que possuem diversos tipos de culturas e formas de manejo.

Com todos os estudos relacionados às questões ambientais, muitos são os autores que trabalham com quantificação e caracterização dos problemas que envolvem a erosão, no entanto, ainda são muitas as dúvidas ligadas aos problemas, tais como as contribuições de cada compartimento da bacia na quantidade de sedimentos gerados, as características físicas e químicas do sedimento e, ainda, os principais fatores responsáveis pela erosão para as condições de Pelotas, uma vez que estes processos são consideravelmente complexos e dependem de estudos de identificação de fontes, transporte e processos deposicionais ao longo dos cursos d'água. Com as respostas para tais questionamentos muitos são os benefícios diretos para o meio científico, mas principalmente para a sociedade e agricultores que são diretamente e frequentemente afetados pelas consequências do mau uso e manejo inadequado dos solos na bacia hidrográfica. Sendo assim, considerando as necessidades da população e a ausência de monitoramento em grande parte das bacias hidrográficas situadas no interior do Estado, e ainda, considerando a importância que elas possuem para a agricultura local, é de fundamental importância

que sejam estudados os fatores causadores da erosão hídrica e da produção de sedimentos, bem como suas fontes e relações com o sedimento carregado ao longo do curso d'água principal.

Em Pelotas e região os estudos sobre erosão hídrica e produção e aporte de sedimentos são incipientes, embora haja importância e necessidade de estudos nessa área, tanto pelas características de solo e relevo como pelo atual uso e manejo dos solos. Nesse sentido, a identificação de fontes potenciais de sedimentos para os cursos d'água e a caracterização do solo e dos sedimentos destas fontes pode contribuir para recomendações de uso e manejo dos solos em áreas de lavoura e pastagens, indicações sobre estradas rurais não pavimentadas e proteção de margens de arroios, além da possibilidade de avaliar os riscos de impactos ao ambiente através da erosão e deposição de sedimentos em arroios.

2 Objetivos

2.1 Geral

Caracterizar fisicamente o sedimento de depósitos fluviais no Arroio Pelotas e de seus afluentes, e suas fontes em potencial (áreas de pastagem e lavoura, margens expostas do arroio e estradas rurais não pavimentadas), separando grupos e variáveis físicas que discriminam estes grupos.

2.2 Específicos

Caracterizar fisicamente o sedimento de depósitos fluviais no Arroio Pelotas e seus afluentes e os sedimentos de estradas rurais não pavimentadas, e o solo de áreas de pastagem e lavoura e margens de arroios, em uma bacia hidrográfica rural.

Analisar as características físicas, hídricas e morfológicas do solo sob pastagem em topossequência e inferir sobre o risco de erosão nessas áreas.

Verificar a possibilidade de utilizar parâmetros usuais de análise física do solo para caracterizar e discriminar fontes potenciais de sedimentos para o arroio.

3 Hipóteses

O sedimento de depósitos fluviais no Arroio Pelotas e seus afluentes, e as fontes potenciais de sedimentos para o arroio são constituídos predominantemente por areia.

Os solos das áreas de pastagem são suscetíveis à erosão devido suas características morfológicas, especialmente gradiente textural, e características físicas que dificultam o fluxo de água no solo.

A distribuição do tamanho e a densidade de partículas podem ser bons indicadores na caracterização e identificação de fontes de sedimentos arenosos.

4 Revisão de Literatura

4.1 A importância do solo

O solo é o resultado do intemperismo físico e químico sob uma unidade litológica enriquecida com materiais orgânicos de diversas fontes. Sob o ponto de vista antrópico e levando em consideração as suas necessidades, o solo é visto como fonte natural e provedor natural de desenvolvimento social e econômico. Por se tratar de uma fonte natural, o solo é um meio finito e se esgota principalmente quando, no seu uso, são adotados manejos inadequados (ALMEIDA, 2010). Nesse sentido, o monitoramento, diagnóstico e indicação de práticas e intervenções na recuperação e conservação dos solos são essenciais para a manutenção da sua capacidade produtiva e da vida na Terra.

Como recurso natural, o solo possui uma importância significativa e historicamente reconhecida. As sociedades primitivas, primeiras a se estabelecerem em locais fixos, utilizaram do conhecimento empírico, através de diversas tentativas ao longo do percurso, para identificação dos melhores locais para plantio de determinadas culturas, identificando locais com grandes quantidades de água, arenosos ou endurecidos demais para a utilização. Além da qualidade do solo, a presença de rios e lagos eram fundamentais para a instalação da população e um dos principais responsáveis pela prosperidade (LEPSCH, 2010).

Se utilizando do solo desde as primeiras ideias de agricultura, o homem desde muito cedo percebeu a importância desse recurso através da camada superficial que apresentava-se mais fértil e interessante para o cultivo de alimentos e, em tempos mais atuais, considerando suas diferentes formações foi possível perceber distintos padrões e tipos de solo com usos e desenvolvimentos diferenciados (STRECK et al., 2008). Com isso, é necessário que juntamente com o desenvolvimento da prática agrícola e do fornecimento de alimentos para o aumento das demandas alimentares mundiais exista um cuidado ambiental dos compartimentos do ambiente. Este processo deve ser realizado de forma a se tornar, dentro das possibilidades, uma prática sustentável com o mínimo de prejuízos possíveis, devendo então, por parte da sociedade, existir um cuidado cada

vez maior com a degradação acelerada causada pelo homem, ocasionando então lixiviação dos compostos mais importantes, poluição e principalmente perdas de solo por erosão (LEPSCH, 2010).

Em zonas rurais o solo é um dos principais componentes do ambiente e determina as condições sociais, econômicas e ambientais da região, principalmente no entorno das bacias hidrográficas. O uso do solo de forma indiscriminada vem sendo realizado pelo homem de maneira acelerada e sucessiva, trazendo com o avanço das necessidades e das tecnologias, diversos problemas ambientais, que por sua vez, acabam por reduzir a qualidade e quantidade dos solos passíveis de uso. Assim, tem-se cada vez mais a transformação de solos aptos e em boas condições de uso em regiões frágeis e com suscetibilidade significativa a processos de degradação ambiental, além de, as demandas de uso estar ultrapassando as capacidades de resiliência dos recursos naturais (HOLANDA et al., 2011; MIGUEL, 2013).

4.2 Erosão hídrica

A erosão do solo, juntamente com a compactação, são as principais causas da degradação dos solos e perda de produtividade e diversidade.

O processo de erosão hídrica é de grande ocorrência em toda a superfície da Terra e inclui processos de desagregação, transporte e deposição das partículas de solo. A desagregação é compreendida pela quebra do solo em partículas individuais com o posterior transporte pelas enxurradas e escoamento e, cessada a energia de transporte ocorre a deposição do material em diferentes localidades (TOY; FOSTER; RENARD, 2001; MORGAN, 2005).

Dentro dos processos de degradação do solo e do ciclo hidrossedimentológico a erosão é um dos principais fenômenos de deslocamento, sendo ela a perda de material e partículas sólidas do seu local de origem, podendo ocorrer em superfícies e ao longo das margens dos leitos dos rios através do escoamento, seja ele superficial ou não. Uma vez que a desagregação do solo pelo impacto da gota da chuva, e quando ultrapassada a capacidade do solo infiltrar água para camadas mais profundas, transporta sedimento e solo desagregado para regiões menos elevadas. No entanto, a erosão pode acontecer com perdas de solo em subsuperfície quando, ao infiltrar água no solo, as condições internas, como

composição e granulometria dos horizontes, façam com que o caminho percorrido pela água arraste também partículas de solo em subsuperfície (PRUSKI, 2009).

As perdas de solo por erosão podem acontecer através de diferentes formas e fontes como por ação dos ventos, marés e até mesmo pela ação da neve e derretimento de geleiras. Dentre todas as formas, a de maior interesse para a presente pesquisa é a erosão hídrica, em que o principal agente causador é a água. Dentro de tal classificação são conhecidas diferentes formas de erosão hídrica como a erosão em entressulcos, que é responsável pela remoção de uma camada fina e superficial de solo; a erosão em sulcos, que ocorre em função do escoamento concentrado, conhecida pela perda de solo com formação de canais e intimamente ligada com o manejo e uso do solo, e ainda pelos eventos de chuva com grande intensidade; a erosão por deslizamento, onde ocorrem grandes perdas de solo em blocos ou fragmentos rochosos por influência da gravidade, e por fim, a erosão chamada de fluvial, ou canais, em que se percebe remoção contínua por ação principal dos fluxos dos cursos d'água (SILVA; SHULZ; CAMARGO, 2004).

O processo erosivo, principalmente o desenvolvido com vinculação hídrica, já é conhecido pela academia e empiricamente pela comunidade rural. No entanto, segundo Guerra; Silva; Botelho (2012) se faz necessário o conhecimento de campo, compreendendo fatores de formação inicial do processo erosivo, bem como suas consequências sócio-econômico-ambientais e demais problemas relacionados ao tema. Também são necessários estudos laboratoriais que expliquem o que acontece no campo com maior precisão e também simulam possíveis novos eventos ou condições específicas para determinadas regiões, cultivos e alteração de qualquer uma das variáveis existentes no estudo de solo. De todas as formas, é de fundamental importância que se conheçam os processos desde o primeiro momento da erosão hídrica até chegar na formação dos casos mais graves como ravinas, voçorocas, e perdas de grandes quantidades por deslocamento de massa e ainda o entendimento das consequências mais comuns, como assoreamento de cursos d'água e perda de fertilidade do solo.

A erosão hídrica tem diferentes etapas e cada uma delas possui uma significativa importância para o entendimento do evento como um todo. O conhecimento de cada etapa possibilita o entendimento da ocorrência e gravidade da perda de solo bem como auxilia na compreensão de suas consequências e diferentes formas de agir dependendo do momento em que se encontra o processo.

Segundo Guerra, Silva; Botelho (2012), se tratando das perdas de solo por ação das chuvas, o contato da gota com a camada superficial de solo já compreende o primeiro momento do processo erosivo uma vez que o impacto causado desestrutura os agregados do solo, fazendo com que eles se tornem menores e ainda transportando-os até os poros naturais, podendo assim, ocorrer a formação de selamento superficial, com conseqüente redução da infiltração e armazenamento de água. Após o impacto inicial da gota considera-se também a intensidade de precipitação para o seguimento do processo erosivo, sendo ele fator importante já que considerando precipitações maiores que a capacidade inerente ao solo de infiltração do volume para as camadas mais profundas, ocorre a formação do escoamento superficial que por sua vez acaba por transportar solo para diferentes localidades e distâncias (PRUSKI, 2009).

Para a erosão hídrica, seja ela por ação da chuva ou ainda pelo fluxo de água nas margens de um canal de drenagem, arroio ou diferentes cursos d'água das bacias hidrográficas, em superfície ou subsuperfície, vários são os elementos que podem influenciar a forma, gravidade e ocorrência das perdas de solo. A seguir serão abordados os diferentes fatores.

Questões climáticas, suportadas pela topografia e geologia, possuem influência direta sobre os processos de erosão hídrica, pela ação das chuvas em contato com o solo e posteriormente através do escoamento superficial provocado pelo evento, gerando ainda a presença e transporte de sedimento ao longo das bacias de drenagem (SILVA; SHULZ; CAMARGO, 2004; GRIZIO-ORITA; COSTA, 2013).

A precipitação é um dos fatores que mais influenciam no processo de perda de solo por erosão e possui um papel duplamente responsável dentro do processo como um todo, primeiramente por ter o impacto da gota como fonte de energia para a ocorrência do fenômeno e em um segundo momento por ser responsável, juntamente com os demais fatores formadores do solo, pela geração de escoamento superficial fazendo com que haja desagregação e carregamento de solo para as demais áreas. Se tratando da precipitação, é importante evidenciar que o volume total anual não é a variável que mais afeta as perdas de solo e sim, a distribuição do tamanho da gota, a velocidade da queda e principalmente a intensidade (volume de precipitação por determinado período de tempo), duração e ainda a frequência com que a precipitação ocorre dentro de uma bacia hidrográfica (PRUSKI, 2009).

Segundo Dalbianco (2013) a produção de sedimento em uma bacia hidrográfica se dá fundamentalmente através do ciclo hidrológico completo, o que inclui a precipitação, a interceptação vegetal, infiltração e escoamento. Sendo assim, as vertentes são também produtoras de sedimento e conseqüentemente os cursos d'água serão responsáveis pelo transporte de material receptado ao longo de toda a bacia não só pelas vertentes, mas também ao longo de todo o percurso até o ponto de saída, o exutório.

Simultaneamente à precipitação e em continuidade com o ciclo hidrológico, a infiltração é também muito importante no estudo de perdas de solo, uma vez que é este fator que prediz o comportamento da água ao encontrar a camada superficial do solo e, auxiliada pela condutividade hidráulica e porosidade, o caminho que percorrerá no momento que passar ao longo dos horizontes do solo.

No entanto, para entender a infiltração de água no solo, outras variáveis estão intimamente ligadas e afetam diretamente suas taxas e capacidades como, por exemplo, a cobertura do solo, a morfologia do perfil e ainda as técnicas de conservação, uso e manejo agrícola. Segundo Resende et al. (2007) é possível perceber uma relação entre o solo, o clima, os organismos que ali vivem e ainda a relação do homem com foco socioeconômico, exemplificando que “a água que não se infiltra por deficiente cobertura vegetal, causando encrostamento, ou devido à precipitação acentuada, vai concentrar-se na superfície e escoar, ganhando energia e provocando erosão”, se mostrando necessário o entendimento da vegetação e atributos físicos do solo para compreender no que podem interferir no processo de degradação.

4.3 Fatores controladores da erosão hídrica

Primeiramente cabe salientar a importância de se estudar os solos em topossequência, ou seja, estudos em posições geográficas diferentes dentro de uma mesma área e situação, não apenas para se adequar o uso conforme características do solo e relevo mas também pelo caminho percorrido, em declividade, pela gota da chuva e do solo erodido que ambos não só vão aumentando seu volume mas também existe um aumento progressivo da velocidade das partículas (TEN CATEN, 2011; BIGARELLA, 2003 apud MARQUES, 2010). Segundo Resende et al. (2007)

existe no Brasil, muito comumente, uma descontinuidade das paisagens e das classes de solo.

Os diferentes tipos de solo e a identificação de sua classe em uma região são de fundamental importância para o planejamento das atividades e necessidades urbanas e rurais, uma vez que dizem muito a respeito do seu possível uso, aptidão e melhor manejo a ser utilizado, portanto, trazendo relações com a suscetibilidade a erosão uma vez que tal classificação é realizada através da análise em profundidade das camadas de solo existentes. Tais camadas, chamadas em conjunto, de perfil do solo, mostram o avanço das transformações realizadas durante seu processo de formação trazendo em seus horizontes (nome dado a cada camada com característica semelhante) respostas da consequência do tempo e ações naturais que estiveram presentes. Cada agrupamento de características semelhantes ou diferentes visíveis entre si, como cor e espessura ou ainda textura e composição química, formam a classificação do solo, no Brasil dado pelo Sistema Brasileiro de Classificação do Solo, possibilitando que se unam os conhecimentos e se padronizem os diferentes tipos de solo ao longo de toda a extensão territorial, além de facilitar a interpretação da localidade (STRECK et al., 2008).

Com relação à estrutura do solo, atributos como profundidade, declividade, porosidade, variação de textura entre outras, auxiliam fortemente no prognóstico e previsão da suscetibilidade a erosão, uma vez que, tratando-se de infiltração e retenção de água, ambos são intimamente ligados com os atributos já citados e, podem ocorrer interações das mais diferentes formas. Portanto, não se pode afirmar que, por exemplo, diferentes solos com mesma textura possuem a mesma capacidade de retenção e condução de água, relacionadas ainda pelas diferentes condições químicas e pedofoma de cada localidade podem agravar o processo erosivo (RESENDE et al. 2007).

A morfologia de cada classe e região apresentam, entre outras características, a identificação da cor, consistência, bem como a medição da profundidade total do perfil e dos horizontes encontrados no solo. Estes atributos, associadas à textura e demais componentes do solo, possuem a capacidade de prever quanto o solo é suscetível a perdas por erosão, uma vez que, na maioria das vezes, solos com boa drenagem possuem cores mais vivas com tons avermelhados e amarelados e solos de má drenagem (hidromórficos) tem como principal característica cores mais acinzentadas. Ambas as cores estão relacionadas

à presença de ferro e ausência do mesmo, associado a presença de matéria orgânica respectivamente, demonstrando assim a relação com uma possível perda de solo uma vez que os elementos responsáveis pela coloração do solo também auxiliam na estabilidade de agregados, chamados de agentes cimentadores e conseqüentemente nas capacidades de infiltração e condução de água (STRECK et al., 2008).

Outro fator importante para o agravamento das perdas de solo é relacionado ao relevo das bacias hidrográficas, quanto à declividade do curso principal, das encostas e margens desde a vertente até o exutório ou ainda a influência da declividade no planejamento de estruturas não agrícolas, como é o caso das estradas rurais, em que uma vez executadas no sentido do declive, por exemplo, fazem com que exista um acréscimo do escoamento superficial aumentando as taxas de erosão nas laterais das estradas e conseqüentemente um maior aporte de sedimento para o corpo hídrico receptor. Tal aporte de sedimentos pode se tornar maior ainda quando as estradas executadas de forma inadequada recebem o sedimento das lavouras e/ou pastagens ou de propriedades rurais (STRECK et al., 2008).

Considerando os processos mecânicos, segundo Guerra; Silva; Botelho (2012) a gravidade é a principal força de atuação quanto à dispersão, seja diretamente de solo ou ainda de material mais grosseiro removido dos horizontes e dispostos ao longo da superfície do solo. Existe ainda pela força da gravidade o transporte de material já desagregado disposto na água que possui a tendência de mover-se para relevos com cotas mais baixas por deslizamento ou desmoronamento. No entanto, o processo erosivo não possui ocorrência exclusiva em locais com grandes diferenças de altitude e declives acentuados já que em declives suaves também possui um fluxo contínuo e imperceptível de solo ao longo de toda a bacia. Ainda segundo os autores, o relevo e a erosão como um todo possuem relação de agravamento com a ação dos ventos e animais presentes ou ainda atenuantes através da presença de vegetação.

Streck et al. (2008) quando descrevem os tipos de solos no Rio Grande do Sul, salientam a importância do planejamento e estudo de aptidão do solo em sistemas agrícolas, sejam elas em uma bacia hidrográfica ou em propriedades privadas, planejando e relacionando os diferentes possíveis usos do solo com condições dos recursos hídricos, estradas, vegetação e entre outros fatores o relevo,

uma vez que as conformações convexas e côncavas, em relação as planas, direcionam os fluxos de água e conseqüentemente com maior suscetibilidade a ocorrência de erosão hídrica, necessitando de atenção quanto ao controle de enxurradas.

A vegetação possui um importante papel no processo erosivo uma vez que áreas protegidas e com forte estrutura radicular possibilitam diminuição das taxas de perdas de solo através da estabilização do solo aumentando a interceptação da precipitação e, principalmente reduzindo a energia de impacto da gota ao entrar em contato com a camada superficial do solo e pela redução da velocidade de escoamento pelo aumento da rugosidade. Para isso deve existir uma adequação das práticas de uso do solo em áreas agrícolas compreendendo técnicas racionais para que possa existir concomitantemente alta produtividade com redução de impacto e conseqüentemente aumento da preservação ambiental (PRUSKI, 2009; GUERRA; SILVA; BOTELHO, 2012).

Com a preocupação quanto a proteção de margens, o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012) define em seu artigo 4º que as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente devem ter, desde a borda da calha do leito regular, uma largura mínima de 30 metros, para cursos d'água de menos de 10 metros de largura, aumentando de acordo com a largura dos cursos d'água. Estas faixas marginais, definidas como área de preservação permanente, possuem a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

4.4 Produção de sedimento e identificação de suas fontes

Visando a redução do impacto causado pela geração de sedimentos em cursos d'água e posteriormente ocasionando problemas secundários como assoreamento e redução das vazões dos canais fluviais, diversas pesquisas estão sendo desenvolvidas para que seja possível a identificação das principais fontes de sedimentos partindo do pressuposto que, as perdas de solo ocorrem em diferentes localidades e setores dentro de uma bacia hidrográfica. Das diversas fontes possíveis de geração de sedimento de fundo e em suspensão, em zonas rurais, é

possível associar a áreas de lavoura ou pastagem, estradas não pavimentadas que, quando traçadas de forma aleatória e sem planejamento podem vir a ser altamente causadoras de degradação ambiental, e ainda as próprias margens dos arroios que, quando fora dos padrões e legislações ou utilizadas indevidamente como área de cultivo acabam por perder solo diretamente para o canal fluvial (MIGUEL, 2013).

Segundo Thomaz; Antoneli; Dias (2011) tradicionalmente existe o desenvolvimento de pesquisas que buscam pontualmente entender a dinâmica de produção de sedimento e também transferência, principalmente nas vertentes dos cursos, sendo necessários ainda estudos que realizem a integração de todos os setores dentro de uma bacia hidrográfica para evidenciar e quantificar as principais contribuições das fontes existentes.

A caracterização do sedimento de fundo é de fundamental importância, pois, o movimento de sedimentos em rios pode ocorrer de duas maneiras: transporte de sedimento em suspensão e transporte no leito. O transporte em suspensão é mantido pelo movimento da água, sendo constituído de partículas menores. Já o transporte de leito, caracteriza-se por ser basicamente governado pela gravidade, fazendo com que os sedimentos rolem, saltem e sejam arrastados pelo fluxo, sendo este o modo de transporte das partículas maiores (CAMPOS; FREITAS, 2007).

Diversos estudos atualmente estão trabalhando e buscando o levantamento de dados que possibilitem o entendimento da degradação ambiental através da erosão hídrica. Na região Sul, mais precisamente na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), Silva (2009) desenvolveu um trabalho para identificar zonas suscetíveis a erosão buscando caracterizar a degradação do local através de ferramentas cartográficas, demonstrando que na região estudada cerca de 90% da área total apresenta algum tipo de risco a erosão do solo, sendo grande parte sob plantio de culturas de ciclo curto e evidente retirada de mata nativa.

Demais estudos com crescente interesse no assunto buscam identificar as principais fontes de sedimento. Minella et al. (2007), visando à compreensão e investigação de informações para controle de erosão, utilizou características químicas dos sedimentos das áreas de interesse, que possuíam características discriminantes significativas para identificação das fontes de material em duas bacias hidrográficas no sul do Brasil, ambas predominantemente com sistema agrícola familiar, e tendo o tabaco como cultura principal com sistema tradicional de preparo do solo.

Para a compreensão da dinâmica de transporte de sedimento ao longo das redes hidrológicas faz-se necessário o entendimento de todas as dinâmicas dentro das áreas específicas, principalmente margens, estradas e lavouras, e a relação da produção de sedimento em cada localidade com o recebimento ao longo de todos os cursos d'água. Para a identificação dos principais contribuintes no processo erosivo, utilizam-se ferramentas matemáticas e estatísticas para identificar os atributos do solo com características semelhantes e que se tornem componentes principais e possibilitem o estudo de suas correlações (BUENO et al., 2010).

Segundo Miguel et al. (2014), para que seja possível a busca pela identificação das fontes de sedimento em bacias hidrográficas, é necessário que a variável escolhida possua, independente se for da área química, física ou mineralógica, característica significativa de conservatividade, mantendo em sua composição a similaridade com as localidades que deram origem.

Trabalhos realizados utilizando traçadores para identificação de fontes de sedimentos utilizam técnicas como descrita por Collins (1997) apud MINELLA; MERTEN (2011) em que se faz necessária a utilização de dados qualitativos para explicar sua origem com base no detalhamento em várias propriedades. Para cada experimento, escala geográfica, recursos e interesse de pesquisa pode-se aplicar o conceito de traçadores utilizando características conforme interesse, podendo se utilizar a química do solo (MINELLA et al., 2007), a mineralogia (MIGUEL et al., 2014), indicadores biológicos e atributos físicos intrínsecos a formação da região.

Utilizando variáveis mineralógicas como teores de caulinita e goethita, Miguel et al. (2014) demonstraram a capacidade destas variáveis de serem utilizadas como discriminantes e traçadores na identificação das fontes, encontrando através da coleta de sedimentos em suspensão na BH do Rio Vacacaí-Mirim, uma maior contribuição dos canais fluviais, fato que, pela coleta ter sido realizada no exutório da bacia para auxiliar o entendimento de toda a dinâmica de transporte, foi possível comprovar a situação de degradação da área por assoreamento e desestabilização de margens.

4.5 Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas

A Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP) é a maior bacia hidrográfica existente no município de Pelotas, sendo um manancial de água doce componente

da história do município, pois o início da ocupação do município se deu às margens do Arroio Pelotas. O ciclo do charque na cidade de Pelotas se implantou ao redor deste arroio, pois as atividades das charqueadas escoava a produção por este arroio, sendo uma Planície Costeira navegável que faz ligação com o Canal São Gonçalo, saída para a Laguna dos Patos.

Devido sua importância na história da ocupação e economia do município, o Arroio Pelotas, com extensão de aproximadamente 99 km, foi declarado Patrimônio Cultural do estado do Rio Grande do Sul pela Lei nº 11.895 de março de 2003 (SISTEMA LEGIS, 2007).

As águas do Arroio Pelotas e de seu afluente, o Arroio Quilombo, são direcionadas para a Estação de Tratamento de Água Sinnott, a qual abastece alguns bairros (Pestano, Sanga Funda, Areal, Jardim Europa, COHAB Tablada, COHAB Lindóia, Santa Rita de Cássia, Getúlio Vargas e Balneário Santo Antônio) da cidade de Pelotas.

A área da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas encontra-se na província geomorfológica do Escudo Sul-Rio-Grandense, mais precisamente nas regiões fisiográficas da Serra do Sudeste e Encosta do Sudeste, caracterizando por apresentar predomínio de solos do tipo: Argissolos, Neossolos, Planossolos e Cambissolos (STRECK et al., 2008). Em trabalhos realizados em municípios localizados no Escudo Sul-Rio-Grandense, Cunha et al. (1996) analisando os solos do município de Morro Redondo, observaram que 86% das áreas podem ser cultivadas com culturas anuais, mas podem ocorrer sérios riscos de degradação por erosão. Em outro estudo no município de Pelotas, Cunha; Silveira (1996) relataram que nas áreas altas, que correspondem a 30,9% da área total do município, apresentam fortes efeitos de erosão entressulcos nas áreas de uso intensivo. Analisando os dados dos trabalhos de Cunha et al. (1996) e Cunha; Silveira (1996), observou-se que a área representada pela bacia apresenta predominância de solos de textura franco arenosa a franco argilo arenosa, solos estes suscetíveis à erosão.

5 Materiais e Métodos

5.1 Descrição geral da área de estudo

5.1.1 Localização

A área de estudo compreendeu a Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), localizada na região sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, situada entre as coordenadas geográficas $52^{\circ} 10'$ e $52^{\circ} 50'$ W e $31^{\circ} 20'$ e $31^{\circ} 50'$ S, predominantemente na cidade de Pelotas e com abrangência também nos municípios de Canguçu, Morro Redondo e Arroio do Padre, conforme demonstra a Figura 1 e a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** com detalhes de sua hidrografia.

A BHAP possui aproximadamente 910 km² de área e está inserida na Bacia Hidrográfica do Rio Piratini, com exutório no Canal São Gonçalo.

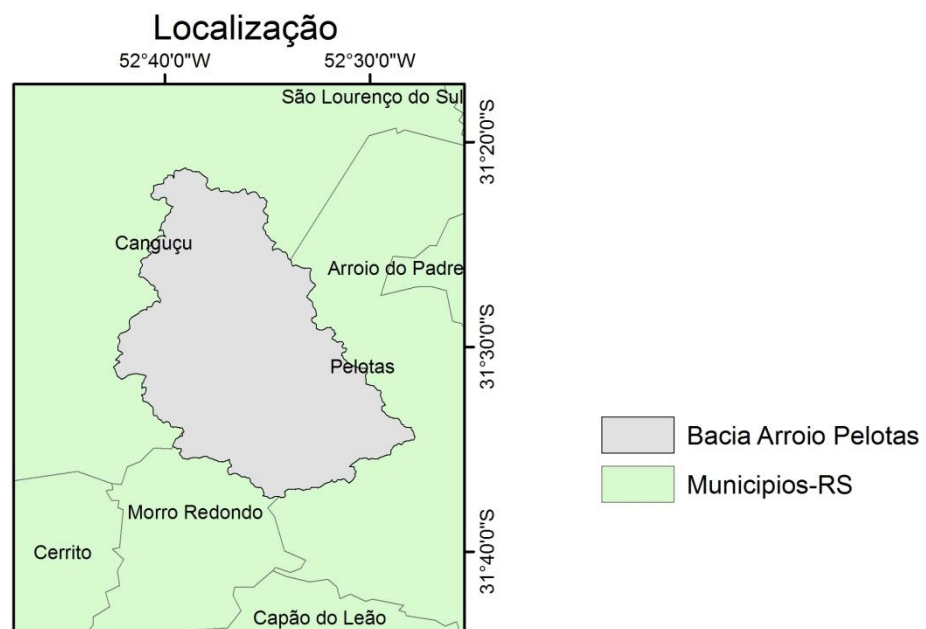


Figura 1 - Localização geral da Bacia do Arroio Pelotas. Fonte: o autor.

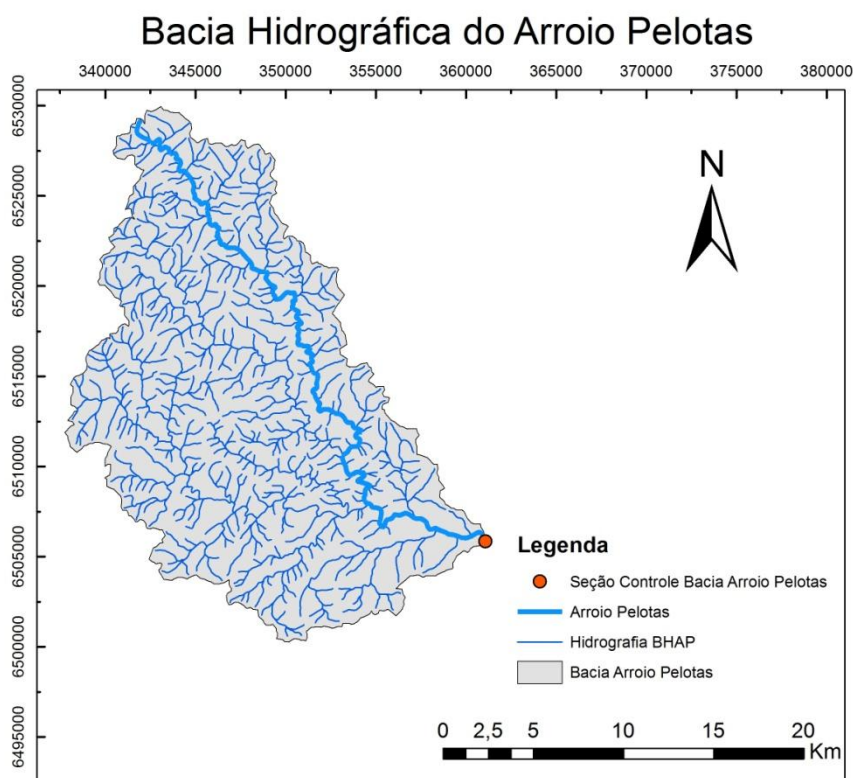


Figura 2 - Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas com sua hidrografia. Fonte: o autor.

É importante salientar que os pontos escolhidos e apresentados nos próximos tópicos, foram indicados buscando o levantamento dos dados nos pontos mais baixos da bacia, considerando então a seção de controle, identificada na figura 2.

5.1.2 Solos, relevo e geografia

Os solos encontrados atualmente são respostas de formações que se iniciaram e continuam a acontecer há milhares de anos e possuem como principais fatores a influência do material de origem, clima, relevo, tempo e participação dos agentes biológicos. Tais fatores participam ativamente da compreensão da diversidade e relação do solo com os demais compartimentos encontrados na natureza.

O Rio Grande do Sul, segundo Streck et al. (2008), possui quatro grandes províncias geomorfológicas sendo elas o Planalto, a Depressão Periférica, o Escudo Sul-Rio-Grandense e a Planície Costeira, com diferentes formações e origens, o que auxilia no entendimento da gênese dos diferentes solos encontrados. A BHAP tem

sua nascente no município de Canguçu, localizado no Escudo Sul-Rio-Grandense onde se encontram relevos entre forte ondulado, ondulado e suave ondulado, predominando Neossolos, Chernossolos, Argissolos, Cambissolos, Plintossolos, Planossolos e Gleissolos, e o exutório da BHAP se localiza na Planície Costeira Interna, no município de Pelotas, com relevo plano e presença de Planossolos, Neossolos, Argissolos, Plintossolos, Chernossolos, e Organossolos.

5.1.3 Clima

Segundo Kuinchtner; Buriol (2001) utilizando a classificação climática desenvolvida por Köppen, o Estado do Rio Grande do Sul possui o clima temperado e úmido, tipo Cfa e Cfb com temperaturas médias entre 18° e 26° e úmido em todas as estações do ano. De acordo com a classificação climática de Köppen, Pelotas tem o clima do tipo subtropical úmido (Cfa), com precipitação uniforme e bem distribuída ao longo do ano e temperaturas no mês mais frio entre 3 e 18°C.

5.1.4 Atividades

A cultura permanente predominante em Pelotas é o pêssego, mas também há ocorrência de outras culturas permanentes em menor proporção como laranja, uva e figo. Entre as culturas temporárias há predomínio de arroz, fumo, milho e soja. Além destas culturas, a pecuária é significativa no município (SILVA, 2009).

5.2 Descrição dos locais de coleta de solo e sedimento

Os pontos de amostragem de solo e sedimento foram definidos com auxílio de imagens de satélite e cartas topográficas contendo a geografia e a hidrografia do local de interesse, além de visitas *in situ*. Os locais de amostragem contemplaram áreas de lavoura com solo revolvido e pastagem, margens expostas de arroio, estradas rurais não pavimentadas e sedimentos em depósito fluvial do leito do arroio, e alguns critérios foram utilizados para definir estes locais:

- a proximidade do Arroio Pelotas ou seu afluente;
- influência direta do ponto de amostragem no Arroio Pelotas ou seu afluente;
- facilidade de acesso ao local de amostragem;

- acesso autorizado no local de amostragem.

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta os trechos de amostragem de solos e sedimentos na BHAP.

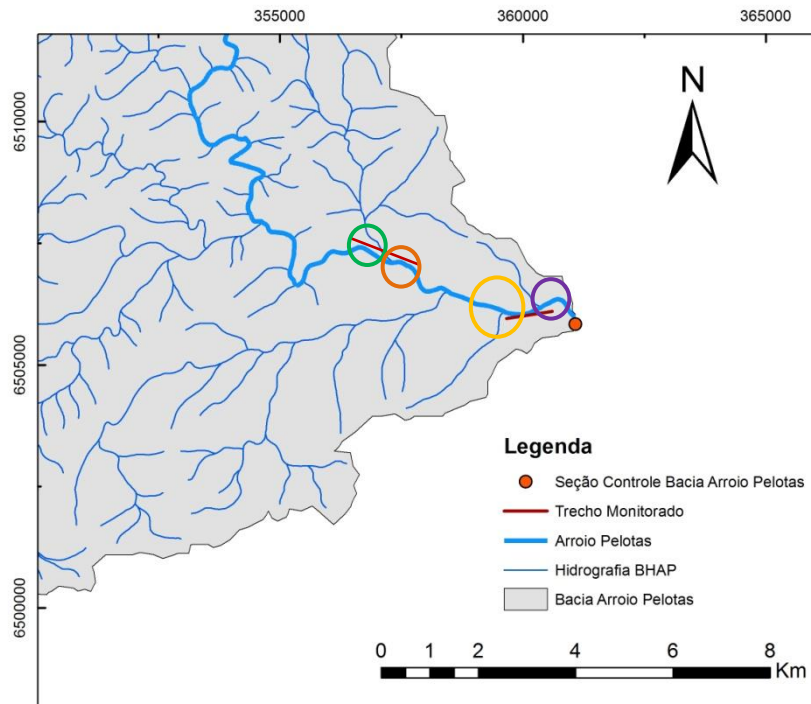


Figura 3 – Trecho de coleta de amostras de solo e sedimento na BHAP, sendo a área circulado em verde os pontos 526, 527, 529, 533, 534 e 535, a área em laranja os pontos 523, 531, 553, 554, 555, 556 e 557, a área em amarelo os pontos 519, 530 e 532 e a área em roxo os pontos 387, 507, 508, 509 e 558. Fonte: o autor.

As amostragens de solos e sedimentos foram realizadas em janeiro e fevereiro de 2014. Todas as amostras de solo e sedimento coletadas foram encaminhadas ao Laboratório de Solos e Hidrossedimentologia do curso de Graduação em Engenharia Hídrica/Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, da Universidade Federal de Pelotas.

A seguir serão apresentados detalhes dos pontos de amostragem nas áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido, margem de arroio, estrada rural não pavimentada e depósito fluvial no arroio, e as análises realizadas.

5.2.1 Pastagem e lavoura (solo revolvido)

As áreas selecionadas de pastagem e lavoura com o solo revolvido tiveram como característica principal o relevo ondulado a suave ondulado, possibilidade de escoamento com ligação ao arroio e o uso econômico do solo em que a área se destinava.

Quatro propriedades rurais foram selecionadas, e em três delas a amostragem do solo foi realizada em topossequência, considerando o terço superior, médio e inferior. Na propriedade 1 a coleta no terço inferior foi realizada em dois pontos devido a possibilidade de se verificar solos com características diferentes neste terço. A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresenta todos os pontos de amostragem nas áreas de pastagem e solo revolvido e a Tabela 1 mostra alguns detalhes destes pontos.

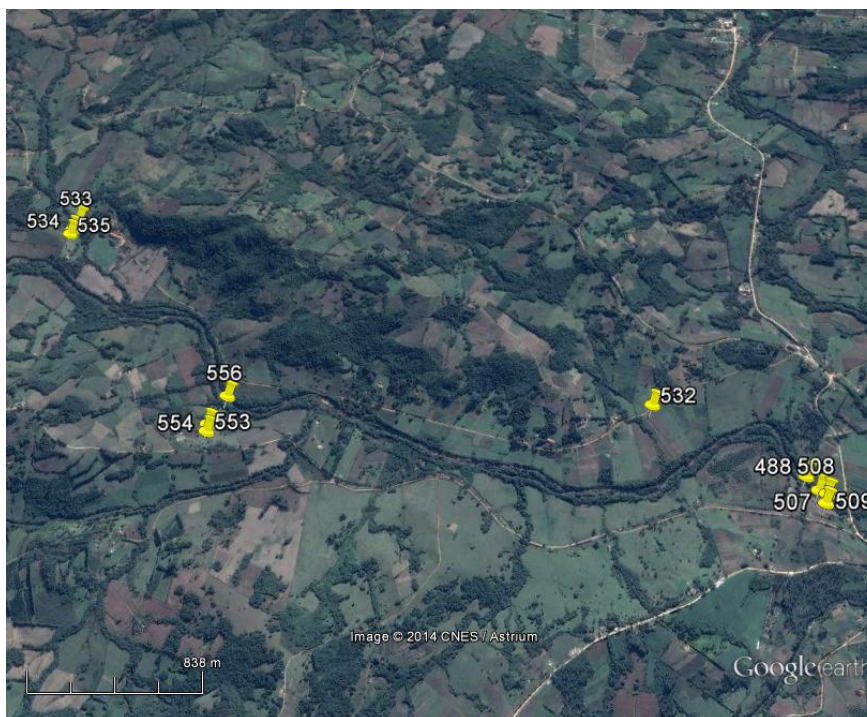


Figura 4 – Imagem dos pontos de amostragem nas áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 3,96 km.

Nas áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido foram abertas trincheiras (cada ponto de amostragem correspondeu a uma trincheira), sendo separados os horizontes para realização da descrição morfológica do solo, seguindo metodologia descrita por Santos et al. (2005), e coleta de amostras de solo com estrutura preservada e não preservada. Para caracterização morfológica dos agregados, eles foram quebrados manualmente em seus pontos de fraqueza. As

trincheiras foram abertas até uma profundidade onde fosse identificado a campo, através do tato, uma camada mais argilosa em relação às camadas superiores.

Tabela 1 – Pontos coletados e sua descrição em áreas de pastagem e solo revolvido na área rural de Pelotas.

Pontos	Altitude, m	Descrição
507	55	Propriedade 1: terço superior da paisagem. Uso: pastagem
509	50	Propriedade 1: terço médio da paisagem. Uso: pastagem
508	34	Propriedade 1: terço inferior da paisagem. Uso: pastagem
488	42	Propriedade 1: terço inferior da paisagem. Uso: pastagem
532	53	Propriedade 2. Uso: lavoura anual com o solo revolvido
553	65	Propriedade 3: terço superior da paisagem. Uso: pastagem
554	51	Propriedade 3: terço médio da paisagem. Uso: pastagem
556	28	Propriedade 3: terço inferior da paisagem. Uso: pastagem
534	79	Propriedade 4: terço superior da paisagem. Uso: pastagem
535	60	Propriedade 4: terço médio da paisagem. Uso: pastagem
533	49	Propriedade 4: terço inferior da paisagem. Uso: pastagem

As amostras com estrutura preservada foram coletadas nas camadas de 0,00-0,10 m e 0,10-0,20 m e em cada horizonte identificado no campo. Em cada camada foram coletadas nove amostras de solo com estrutura preservada, sendo três amostras coletadas com o cilindro no sentido vertical, três amostras com o cilindro no sentido horizontal e três amostras no sentido inclinado (Figura 5). A orientação de amostragem do solo (horizontal, vertical e inclinado) foi baseada em Uhde (2009).

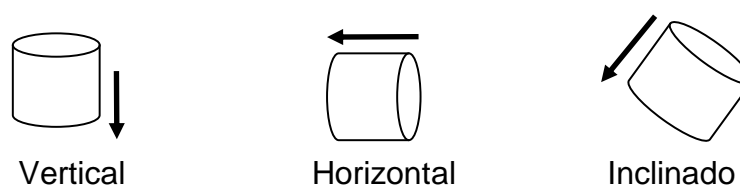


Figura 5 – Sentido dos cilindros para coleta das amostras de solo com estrutura preservada.

A adoção da realização da coleta em três orientações foi baseada na importância do conhecimento e entendimento dos fluxos e caminhos preferenciais tomados pela água no momento em que a mesma entra no perfil do solo.

As dimensões dos cilindros de coleta foram de 0,047 m de diâmetro e 0,03 m de altura. As amostras de solo coletadas foram utilizadas para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório, utilizando-se um permeâmetro de carga constante (LIBARDI, 2005), da macroporosidade (poros de diâmetro maior que 50 μm), da microporosidade (poros de diâmetro menor que 50

μm), da porosidade total (EMBRAPA, 1997) e da densidade (BLAKE; HARTGE, 1986). Posteriormente estas avaliações em laboratório serão detalhadas.

As amostras de solo com estrutura não preservada foram coletadas na camada de 0,00-0,10 m e em cada horizonte identificado no campo. Em cada horizonte do solo foi feita uma amostragem para determinação da distribuição do tamanho de partículas, argila dispersa em água (ADA) e densidade de partículas (Dp), conforme (EMBRAPA, 1997). A partir da distribuição do tamanho de partículas identificou-se a classe textural de cada camada de solo, utilizando o triângulo textural (SANTOS et al., 2005) e a partir da argila total e da argila dispersa em água calculou-se o grau de floculação do solo (GF). Posteriormente estas avaliações em laboratório serão detalhadas.

5.2.2 Margem de arroio

Para seleção e amostragem de solo nas margens do arroio foram feitas caminhadas no Arroio Pelotas e alguns de seus afluentes (Arroio Santa Maria e outros afluentes sem denominação) em período de baixa vazão, onde foram observadas margens expostas, sem proteção vegetal. Foram feitas amostragens de solo com estrutura não preservada na camada superior e inferior da margem, sendo uma amostra por camada de solo, para determinação da distribuição do tamanho de partículas, da argila dispersa em água e da densidade de partículas, além da identificação da classe textural e cálculo do grau de floculação.

A Figura 6 apresenta os pontos de amostragem nas margens dos arroios e a Tabela 2 indica algumas informações sobre os pontos.

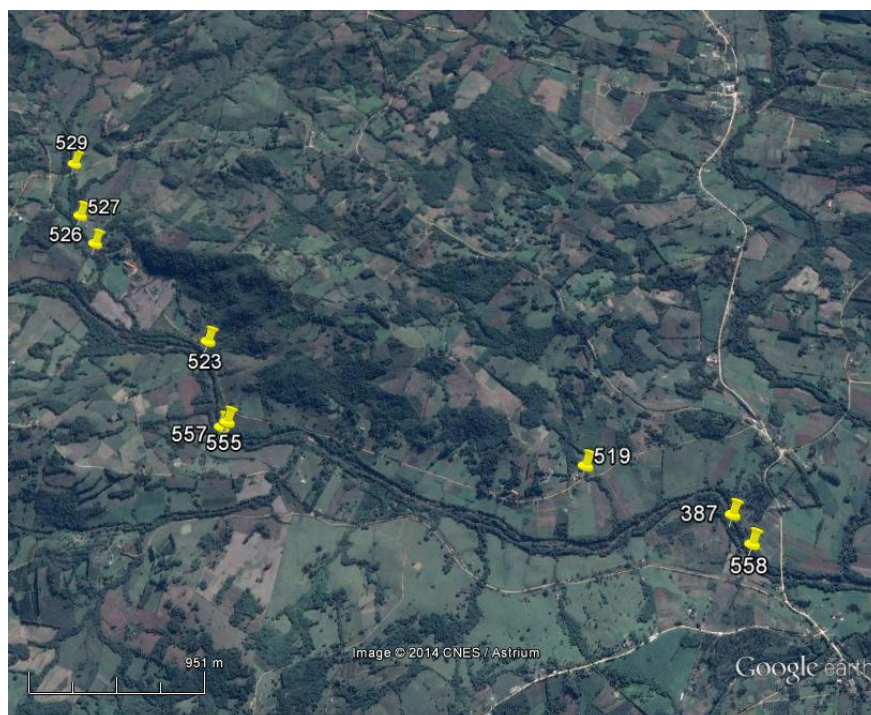


Figura 6 – Imagem dos pontos de amostragem em margens expostas nos arroios na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 4,45 km.

Tabela 2 – Pontos coletados e sua descrição em margens expostas do arroio na área rural de Pelotas.

Pontos	Altitude, m	Descrição
519	53	Solo da subsuperfície da margem
523-1	61	Solo da subsuperfície da margem
523-2	61	Solo da superfície da margem
526-1	77	Solo do fundo da margem esquerda
526-2	77	Solo da subsuperfície da margem direita
526-3	77	Solo da subsuperfície da margem esquerda
527-1	54	Solo da superfície da margem direita
527-2	54	Solo da subsuperfície da margem direita
527-3	54	Solo da subsuperfície da margem esquerda
529-1	64	Solo da superfície da margem direita
529-2	64	Solo da subsuperfície da margem direita
555	44	Solo da subsuperfície da margem direita
557-1	0	Solo da subsuperfície da margem direita
557-2	0	Solo da superfície da margem direita
558-1	39	Solo da superfície da margem direita
558-2	39	Solo da subsuperfície da margem direita
387-1	27	Solo da superfície da margem direita
387-2	27	Solo da subsuperfície da margem direita

A Figura 7 apresenta as margens expostas de alguns arroios utilizadas na amostragem de solo.

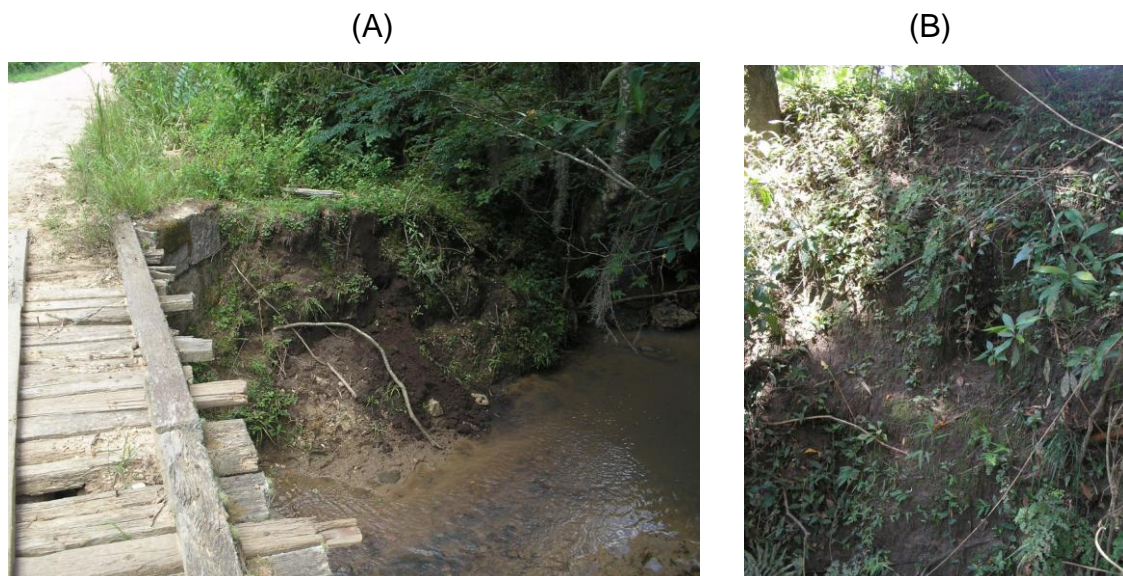


Figura 7 – Imagem dos pontos de amostragem 519 (A) e 527 (B) em margens expostas nos arroios na área rural de Pelotas. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

5.2.3 Estrada rural não pavimentada

Para seleção dos pontos de amostragem em estradas rurais não pavimentadas, percorreu-se estradas que passavam pelo Arroio Pelotas e alguns de seus afluentes (Arroio Santa Maria e outros afluentes sem denominação). Em estradas onde se verificou que o escoamento da estrada era direcionado para o arroio, estas eram selecionadas para amostragem.

Os sedimentos que escoavam da sarjeta para o arroio foram coletados, e em estradas onde havia barranco e este estava na sarjeta de escoamento da estrada, o solo do barranco também era amostrado para análise.

A partir do material coletado determinou-se a distribuição do tamanho de partículas, a argila dispersa em água e a densidade de partículas, além da identificação da classe textural e cálculo do grau de floculação.

A Figura 8 apresenta os pontos de amostragem em estradas rurais não pavimentadas e a Tabela 3 apresenta algumas informações sobre os pontos.

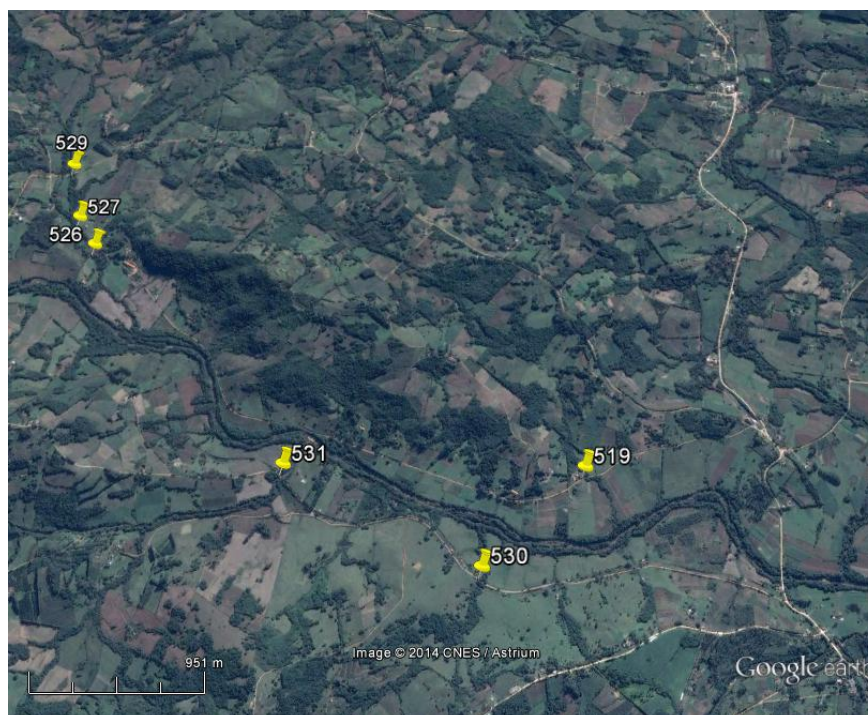


Figura 8 – Imagem dos pontos de amostragem em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 4,45 km.

Tabela 3 – Pontos coletados e descrição das amostragens de sedimentos depositados em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas.

Pontos	Altitude, m	Descrição
526	77	Sedimento depositado na sarjeta da estrada
527	54	Sedimento depositado na sarjeta da estrada próxima a uma ponte
529	64	Sedimento depositado na sarjeta da estrada
530	49	Sedimento depositado na sarjeta da estrada próxima a uma ponte
531	58	Sedimento depositado na sarjeta da estrada próxima a uma ponte
519-1	53	Sedimento depositado na sarjeta da estrada e transportado para o arroio
519-2	53	Material da estrada (faixa de rodagem)
519-3	53	Horizonte A de barranco de estrada
519-4	53	Horizonte BA de barranco de estrada
519-5	53	Horizonte B de barranco de estrada

A Figura 9 apresenta o ponto 519 em estrada não pavimentada, utilizado para amostragem na faixa de rodagem, sarjeta e barranco da estrada.

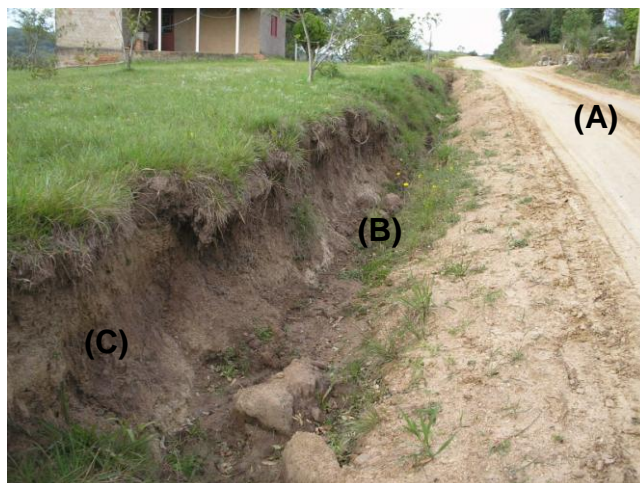


Figura 9 – Imagem dos locais de amostragem (faixa de rodagem da estrada – A; sarjeta da estrada – B; barranco de estrada – C) no ponto 519 em estrada não pavimentada na área rural de Pelotas. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

5.2.4 Sedimento de depósitos fluviais do arroio

Para seleção dos pontos de amostragem de sedimento de depósitos fluviais do Arroio Pelotas e alguns de seus afluentes (Arroio Santa Maria e outros afluentes sem denominação), foram feitas caminhadas nos arroios em período de baixa vazão, e o sedimento depositado no leito do arroio era coletado utilizando uma espátula. O sedimento coletado foi utilizado para determinação da distribuição do tamanho de partículas, da argila dispersa em água e da densidade de partículas, além da identificação da classe textural e cálculo do grau de floculação.

A Figura 10 apresenta os pontos de amostragem de sedimento de depósitos fluviais do arroio e a Tabela 4 apresenta algumas informações sobre os pontos.

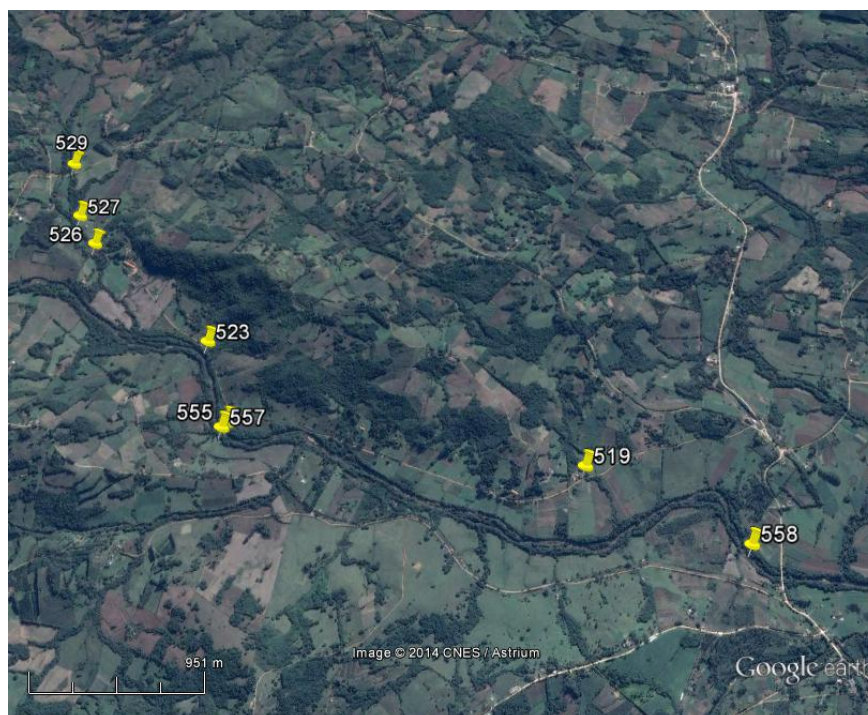


Figura 10 – Imagem dos pontos de amostragem do sedimento de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas. Imagem do Google Earth de 27/01/2014. Altitude do ponto de visão: 4,45 km.

Tabela 4 – Pontos coletados e descrição das amostragens de sedimento de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas.

Pontos	Altitude, m	Descrição
519	53	Sedimento do lado direito do arroio
523	61	Sedimento do meio do arroio
526	77	Sedimento do lado direito do arroio
527-1	54	Sedimento do meio do arroio
527-2	54	Sedimento do lado esquerdo do arroio
529	64	Sedimento do lado esquerdo do arroio
555	44	Sedimento do meio do arroio
557	0	Sedimento do lado direito do arroio
558	39	Sedimento do lado esquerdo do arroio

5.3 Avaliações e procedimentos de laboratório

Nas amostras de solo com estrutura preservada determinou-se a macroporosidade, a microporosidade, a porosidade total, a densidade do solo e a condutividade hidráulica do solo saturado. Para as amostras de solo e sedimento com estrutura não preservada determinou-se a distribuição do tamanho de

partículas, a argila dispersa em água, a densidade de partículas e o grau de floculação.

5.3.1 Condutividade hidráulica, porosidade e densidade do solo

As amostras de solo nos cilindros foram preparadas e saturadas por capilaridade por aproximadamente 48 horas. Após esse período foram encaminhadas para um permeâmetro de carga constante para determinação da condutividade hidráulica do solo saturado em laboratório (Figura 11), conforme procedimentos indicados por Libardi (2005).



Figura 11 - Permeâmetro de carga constante para determinação em laboratório da condutividade hidráulica do solo saturado. Fonte: Luís Eduardo A.S. Suzuki.

Ao serem posicionadas no permeâmetro de carga constante, as amostras permanecem por um tempo para que a condução de água na amostra entrasse em equilíbrio e permanecesse constante. A partir desse tempo de equilíbrio a leitura do volume de água que era conduzido pelas amostras era feito a cada cinco minutos, e a partir do momento que houvesse quatro leituras semelhantes encerrava-se a determinação e era feita uma média das leituras. A condutividade hidráulica do solo saturado foi calculada pela seguinte equação.

$$KS = \frac{(V \times L)}{(A \times t \times (h + L))} \quad (1)$$

Onde: KS = condutividade hidráulica do solo saturado, mm h⁻¹; V = volume de água coletado na proveta, mm³; L = comprimento da amostra, mm; A = área da

seção transversal da amostra, mm^2 ; t = tempo de leitura, horas; h = potencial de pressão (carga hidráulica) no topo da amostra, mm.

Após a determinação da condutividade hidráulica do solo saturado as amostras de solo foram mantidas saturadas por aproximadamente 24 horas, em seguida foram encaminhadas para a mesa de tensão e aplicada uma tensão de 0,60 m de coluna de água (Figura 12), onde permaneceram por aproximadamente 48 horas, para determinação da macroporosidade (poros de diâmetro maior que $50 \mu\text{m}$), microporosidade (poros de diâmetro menor que $50 \mu\text{m}$) e porosidade total, conforme procedimentos indicados em EMBRAPA (1997). Após esse período as amostras foram encaminhadas a estufa a uma temperatura de aproximadamente 110°C , onde permaneceram por aproximadamente 48 horas para determinação da densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986).



Figura 12 – Mesa de tensão com as amostras de solo com estrutura preservada. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

5.3.2 Densidade de partículas

As amostras de solo e sedimento com estrutura não preservada foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm. Em seguida, o material de diâmetro menor que 2 mm foi moído e encaminhado a estufa a temperatura de aproximadamente 110°C , onde permaneceram por aproximadamente 48 horas para determinação da densidade de partículas utilizando o método do balão volumétrico (Figura 13), conforme EMBRAPA (1997). Nesta avaliação utilizou-se álcool puro 96°GL e bureta e balão volumétrico de 50 mL.



Figura 13 – Determinação da densidade de partículas utilizando o método do balão volumétrico. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

5.3.3 Distribuição do tamanho de partículas, argila dispersa em água e grau de flocculação

As amostras de solo e sedimento com estrutura não preservada foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de malha de 2 mm para determinação da distribuição do tamanho de partículas e argila dispersa em água.

A distribuição do tamanho de partículas foi realizada pelo método da pipeta, conforme procedimentos indicados em EMBRAPA (1997). Para essa determinação, 20 gramas de solo foram pesados, colocados em béquer e adicionado 10 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 6% e água, permanecendo em repouso por cerca de 12 horas. Após esse período as amostras foram agitadas em agitador elétrico tipo Stirrer, com aproximadamente 16.000 RPM, durante 15 minutos para amostras de solo e 5 minutos para sedimento devido sua característica arenosa (Figura 14).



Figura 14 – Agitador elétrico tipo Stirrer utilizado na dispersão mecânica de solo e sedimento para determinação da distribuição do tamanho de partículas e argila dispersa em água. Fonte: Luis Eduardo A.S. Suzuki.

Após a agitação as amostras eram colocadas em provetas de 500 mL, agitadas com bastão no sentido vertical, e deixadas em repouso de acordo com a temperatura para coleta da argila (diâmetro menor que 0,002 mm), seguindo a Lei de Stokes. Após o tempo de repouso, 50 mL da solução da proveta era coletada e depositada em béquer de vidro, onde era encaminhado para a estufa a 110°C, onde permanecia por aproximadamente 48 horas.

A solução restante da proveta era despejada em peneira de malha de 0,053 mm e o material retido era encaminhado para a estufa a 110°C, permanecendo por cerca de 48 horas. Após esse período o material era passado em peneiras para separação da areia muito grossa (partícula de diâmetro entre 2 a 1 mm), areia grossa (partícula de diâmetro entre 1 a 0,5 mm), areia média (partícula de diâmetro entre 0,5 a 0,25 mm), areia fina (partícula de diâmetro entre 0,25 a 0,125 mm) e areia muito fina (partícula de diâmetro entre 0,125 a 0,053 mm).

A fração silte (partícula de diâmetro entre 0,053 a 0,002 mm) foi calculada pela diferença entre o somatório das frações areia e argila.

Duas provas em branco contendo água e dispersante também eram feitas para cada bateria de análise.

Para determinação da argila dispersa em água utilizou-se o método da pipeta (EMBRAPA, 1997) e seguiu-se o mesmo procedimento para determinação da distribuição do tamanho de partículas, excetuando o uso de hidróxido de sódio (NaOH) 6% e a determinação dos teores de areia e silte.

A partir do teor de argila total e de argila dispersa em água calculou-se o grau de floculação (GF) do solo e do sedimento, conforme equação 2:

$$GF = \frac{(\text{argila total} - \text{argila dispersa em água})}{(\text{argila total})} \times 100 \quad (2)$$

5.4 Análise estatística

Para as amostras de solo com estrutura preservada coletadas nas áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido, avaliou-se inicialmente a normalidade dos dados pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov e visualização de histogramas. As variáveis com distribuição não-normal foram transformadas para atender ao

pressuposto estatístico de normalidade. Os valores de condutividade hidráulica do solo saturado sofreram transformação logarítmica para seguir a distribuição normal. A análise estatística constou de análise de variância pelo teste F e teste de Tukey para comparação de médias, considerando a significância de 5%. A causa de variação para análise de variância constou da posição de coleta da amostra de solo (horizontal, vertical e inclinado), em cada posição na paisagem e camada do solo.

Para os solos das margens dos arroios, sedimentos da estrada rural não pavimentada e sedimento de depósito fluvial do arroio, foram feitas análise estatística descritiva para cada situação considerando a distribuição do tamanho de partículas, o grau de floculação e a densidade de partículas, constando da apresentação do valor médio, maior e menor valor, desvio padrão e coeficiente de variação. Para cada situação (margem do arroio, estrada rural não pavimentada e sedimento de depósito fluvial do arroio) também foi feita uma análise de correlação de Pearson entre a densidade de partículas e a distribuição do tamanho de partículas, além de uma análise de agrupamento, pelo método do vizinho mais próximo, onde gerou-se o dendograma de agrupamento dos pontos de amostragem de acordo com a similaridade, para os distintos tamanhos e densidade de partícula. Para a análise de agrupamento do tamanho das partículas selecionou-se apenas os dados de areia grossa (partícula de diâmetro entre 2 e 0,25 mm), areia fina (partícula de diâmetro entre 0,25 e 0,05 mm), silte e argila de modo a facilitar a análise e interpretação dos dados, a partir de um conjunto de informações mais conciso.

Uma análise de agrupamento, pelo método do vizinho mais próximo, gerando-se o dendograma de agrupamento, também foi feita com todos os pontos de amostragem em áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido (apenas solo da camada de 0,00-0,10 m), margem do arroio, estrada rural não pavimentada e sedimento de depósitos fluviais do arroio, para areia grossa, areia fina, silte, argila e densidade de partículas.

A análise estatística foi realizada utilizando o software Statistical Analysis System – SAS versão 8.0.

Também foi realizada a estatística multivariada, através da técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) mediante a utilização do Software Statistica® versão 7.0.

6 Resultados e Discussão

Visando a melhor compreensão dos resultados obtidos durante a pesquisa e resposta aos objetivos propostos, esta etapa foi dividida em caracterização físico-hídrica e morfológica do solo em áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido; caracterização física do solo das margens de arroios; caracterização física de sedimentos de estradas rurais não pavimentadas; caracterização física de sedimentos de depósitos fluviais no leito dos arroios; finalizando com a análise de componentes principais das fontes de sedimentos (pastagem e lavoura, margem de arroio e estrada) e dos sedimentos de depósitos fluviais dos arroios.

6.1 Características físico-hídricas e morfológicas de solos de áreas de pastagem/lavoura

Cabe ressaltar que as amostragens e análises de solos nas propriedades rurais foram realizadas de forma pontual, sem o objetivo de avaliar a variabilidade das características da área, mas sim de caracterizar os solos e buscando associar quanto aos riscos de erosão. Nessa análise de risco à erosão buscou-se avaliar apenas as características intrínsecas ao solo, sem considerar outros fatores que influenciam na erosão do solo como erosividade da chuva, comprimento de rampa, gradiente da vertente, uso e manejo do solo e práticas conservacionistas, variáveis expressas na Equação Universal de Perda de Solo (WISCHMEIER; SMITH, 1978), embora estas variáveis façam parte da discussão, mesmo algumas delas não tendo sido avaliadas quantitativamente. No mesmo sentido, a descrição morfológica do solo não teve o objetivo de classificá-lo, mas entender de que forma estas características podem influenciar o fluxo de água no perfil e o risco do solo à erosão.

Na bacia hidrográfica estudada, as culturas de fumo e pêssego são relevantes e, principalmente nas áreas visitadas, o milho também tem significativa presença nas atividades agrícolas. Segundo Silva (2009) as culturas da região estão associadas à atividade e mão-de-obra familiar. Este fato pode, em um primeiro momento, inferir sobre as técnicas de cultivo utilizadas e os riscos de erosão.

Na Tabela 4 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** podem ser observadas as características morfológicas do solo encontradas no ponto 532. Nesta propriedade rural o solo estava revolvido e a amostragem não foi realizada em topossequência, pois não se constatou diferença de relevo suficiente para caracterização de uma topossequência.

Pela descrição morfológica foi possível verificar a diferença entre os horizontes encontrados ao longo do perfil do solo e, segundo Resende et al. (2007), o estudo e identificação dos horizontes torna-se muito importante pois cada um deles demonstra distintamente a atividade, a formação e a evolução de um solo e ainda, Lepsch (2010) afirma que pelos processos pedogênicos os horizontes se transformam e se organizam, quanto mais próximo a superfície, mais diferentes da rocha que lhes deu origem.

Para o ponto 532 foi possível identificar a presença de dois horizontes, tendo nos primeiros 0,37 m o horizonte superficial, sendo sua transição para o segundo horizonte abrupta, com faixa de transição inferior a 0,025 m.

A existência de mais de um horizonte foi corroborada morfologicamente pela análise da cor úmida, que passou de vermelha alaranjada para vermelho-amarelada. A identificação da cor no solo é muito importante e permite relacionar diretamente com as condições de aeração e drenagem de um solo, auxiliado pela análise de densidade e porosidade, composição química e, para este estudo, com mais importância, a relação com a capacidade de drenagem. Para o ponto analisado, foi possível deduzir que este possui um solo com condições aceitáveis de drenagem e aeração uma vez que solos de cores vermelhas e amarelas permitem relacionar com a presença de óxidos de ferro que inferem estas características (STRECK et al., 2008).

Vale ressaltar que as características morfológicas devem ser avaliadas em conjunto com outras variáveis para entendimento do comportamento do solo.

Considerando a estrutura do solo verificada neste estudo, de acordo com Kiehl (1979) as duas estruturas (bloco angular e subangular) por mais que sejam diferentes, partem de uma mesma classificação quanto ao tipo, sendo ambas em bloco, no entanto, o que difere entre a análise e a literatura, é que de acordo com o autor, tanto a estrutura angular quanto subangular são encontradas como característica de horizonte B, subsuperficial, e não do horizonte A como encontrado pela descrição morfológica neste estudo.

Ainda com relação a estruturação do solo, percebeu-se a relação das demais avaliações realizadas e as observações de campo já que para a formação de agregados é necessário que existam fenômenos mecânicos de aproximação das partículas e posteriormente haja a presença de substâncias que trabalhem como cimentadoras, ligando-as umas às outras. Sendo possível exemplificar estes fenômenos, pelo crescimento de raízes, presença de animais terrestres e constante umedecimento e secamento do solo, bem como os agentes ligantes do solo como os óxidos de ferro, a matéria orgânica e principalmente a argila (KIEHL, 1979; LEPSCH, 2010).

Conseqüentemente, solo composto prioritariamente pela fração areia tem dificuldade em formar agregados, mesmo com a existência dos demais componentes do solo responsáveis pela agregação, sendo importante uma boa estrutura para reduzir os riscos de erosão.

A presença de argila no solo pode ser inferida pela consistência do solo já que esta característica se dá pela intensidade do grau de coesão e, portanto, sendo maior quanto maior for a presença de argila, dando então a resistência do solo a qualquer força de rompimento ou deformação. Nas práticas agrícolas, esse fator possui uma grande validade prática já que, tratando-se da pegajosidade (consistência do solo quando molhado), é uma característica em que o solo possui ou não maior facilidade em se aderir a objetos diversos, como os equipamentos de preparo do solo (STRECK et al., 2008).

No ponto 532 foram identificadas consistências para o solo úmido entre firme em superfície (Tabela 6), que representa condição na camada superficial em que seria necessária uma pressão mecânica ou antrópica forte para a deformação do solo, e muito friável em subsuperfície, o que faz com que a estrutura do solo se desagregue facilmente na presença de leves pressões.

Com relação à consistência do solo molhado pode-se inferir (considerando que a escala parte de não plástico passando por ligeiramente plástico, plástico e muito plástico) que os baixos teores de argila (Tabela 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) tornam estes horizontes pouco plásticos e pegajosos.

Associando as características morfológicas e a distribuição do tamanho de partículas, este é um solo com tendência a apresentar um risco moderado de erosão, pois apesar do seu baixo teor de argila, somado ao silte esses teores representam em torno de 50%, e a cor característica de solos com boa drenagem.

Nesse caso, a cobertura vegetal é importante para absorver o impacto da gota de chuva, evitando a desagregação do solo. Especialmente o horizonte subsuperficial, pelo maior teor de areia e possivelmente menor conteúdo de matéria orgânica, quando na presença de água (seja precipitação ou irrigação) o fluxo principal pode ocorrer lateralmente, exatamente na transição entre os horizontes.

A partir da distribuição do tamanho de partículas foi possível identificar a classe textural do solo utilizando o triângulo textural. Os horizontes estudados encontram-se na classe franca, mesmo que estatisticamente apresentem teores diferentes de areia, silte e argila entre eles, uma vez que cada uma das 13 classes texturais possuem limites amplos para a relação areia-silte-argila (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). No apêndice A é possível verificar as classes de todas as amostras distribuídas no triângulo textural. De acordo com Lepsch (2010) solos com classificação franca são considerados de teores médios e possuem suas três frações equilibradas.

A textura é uma das principais características a ser considerada no momento do estudo de riscos de ocorrência da erosão hídrica, pois, tratando das três frações inorgânicas do solo (areia, silte e argila) fará com que seja compreendida, isoladamente, qual será a maior suscetibilidade quando na ocorrência de precipitação, mas, não apenas pela composição (solos mais arenosos com grãos soltos tendem a se desprender mais facilmente do seu local de origem), mas também pelo possível selamento da camada superficial do solo. Assim, solos na camada superficial com maiores teores de argila ou silte podem alterar o ciclo hidrológico, reduzindo as taxas de infiltração e aumentando o escoamento superficial. Em contrapartida, solos com maiores teores de argila, pelas suas características físicas e principalmente químicas, são regiões que oferecem maiores benefícios do ponto de vista agrícola, pois, interferem no grau de compactação, na disponibilidade de água e na dose de fertilizantes (KLEIN, 2008).

Tabela 5 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 2.

Ponto	Camada, m	Transição	Estrutura	Cor		Consistência				
				Úmida	Seca	Seca	Úmida	Molhada		
532	0-0,37	Abrupta	Ondulada	Bloco angular	10YR 3/1	10YR 4/2	Duro	Firme	Plástico	Lig. pegajoso
	0,37-0,41+			Bloco subangular	7,5YR 3/2	7,5YR 5/3		Muito friável	Lig. Plástico	Lig. pegajoso

Tabela 6 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 2).

Camada, m	AT	AMG	AG	AM	AF %	AMF	Silte	Argila	GF	Dp Mg m ⁻³	Classe textural
Ponto 532											
0-0,10	46,22b	4,36b	8,47b	10,00a	11,92b	11,47a	37,94a	15,84a	73,00a	2,50b	Franca
0,37-0,41	53,39a	7,96a	10,18a	10,23a	14,40a	10,62a	35,98b	10,63b	63,09b	2,62a	Franca
CV	1,84	10,19	2,06	8,47	6,30	6,46	2,22	1,50	1,02	1,54	

AT: areia total (ϕ 2,0 a 0,05 mm); AMG: areia muito grossa (ϕ 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (ϕ 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (ϕ 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (ϕ 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (ϕ 0,125 a 0,05 mm); Silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm), Argila (ϕ < 0,002 mm); CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Com relação aos dados das amostras com estrutura preservada, verificou-se que com exceção da camada de 0,10 a 0,20 m, para macroporosidade e densidade do solo, todas as demais camadas e variáveis não apresentaram diferença estatística entre as posições de coleta, demonstrando uniformidade quanto à porosidade e condutividade hidráulica nas três dimensões de coleta (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Percebeu-se que para as três posições de coleta, conforme as camadas do solo vão alcançando maiores profundidades a densidade do solo aumenta. As variáveis determinadas com a amostra com estrutura preservada possuem relação com as variáveis determinadas com estrutura alterada, pois, em termos de arranjo e geometria dos poros, há dependência principalmente da textura e estruturação do solo.

Tabela 7 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade do solo (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de lavoura (propriedade rural 2) na área rural de Pelotas, no ponto 532.

Camada m	Posição de coleta	Macro	Micro	PT	DS	KS*
		m ³ m ⁻³			Mg m ⁻³	mm h ⁻¹
0-0,10	Vertical	0,1461a	0,3124a	0,4585a	1,36a	119,70a
	Horizontal	0,1834a	0,2948a	0,4782a	1,28a	365,30a
	Inclinado	0,1756a	0,2922a	0,4678a	1,28a	119,10a
	CV, %	12,84	7,49	3,91	7,80	120,30
0,10-0,20	Vertical	0,1818a	0,2795a	0,4614a	1,31b	90,11a
	Horizontal	0,0896b	0,3164a	0,4060a	1,50a	5,91a
	Inclinado	0,1110b	0,2958a	0,4059a	1,47a	23,96a
	CV, %	21,85	6,74	8,04	4,22	115,00
0,37-0,41	Vertical	0,1178a	0,2502a	0,3680a	1,67a	107,00a
	Horizontal	0,1225a	0,2460a	0,3685a	1,57a	119,50a
	Inclinado	0,1229a	0,2450a	0,3679a	1,49a	621,20a
	CV, %	17,20	4,37	4,91	6,03	197,85

Médias seguidas da mesma letra, na coluna e na mesma camada de solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. CV: coeficiente de variação. *A condutividade hidráulica do solo saturado está apresentada em seus valores absolutos, mas a análise estatística foi feita e está apresentada com base em seus valores em log, atendendo a normalização dos dados.

As demais propriedades rurais analisadas, por terem sido feitas amostragens em topossequência e pelo relevo e características do solo ter semelhanças, serão discutidas de forma conjunta para facilitar o entendimento geral da região.

Nas três topossequências analisadas foi possível identificar características que se assemelham e se distinguem entre si, considerando as variáveis físico-hídricas e morfológicas (Tabela 9 Tabela 10) já citadas. Para as quatro propriedades não foram realizadas as análises necessárias para a classificação dos solos, considerando que para isso seria necessário informações que não estão contempladas nos objetivos deste trabalho.

Nas propriedades 1 e 3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**verificou-se transições abruptas entre horizontes (Tabela 9), geralmente associadas a um gradiente textural (Tabela 12), que favorecem a redução do fluxo de água vertical e, associado a declividade e a menor espessura da camada superficial do solo nos perfis do terço superior, em relação aos demais perfis na topossequência, inferem sobre o maior risco à erosão destes perfis. Segundo Streck et al. (2008) esta combinação pode favorecer a saturação por água da camada superficial de forma mais rápida gerando o escoamento superficial. Inclusive, a menor espessura do horizonte superficial nestes perfis em relação aos demais na topossequência pode ser um indicativo de perda da parte da camada superficial do solo ao longo dos anos.

A cor do solo é uma característica muito importante no levantamento morfológico, pois pode indicar questões como composição química e drenagem do solo.

No ponto 507 houve presença de mosqueado em quantidade comum e concreções em quantidade muito pouca; houve presença de pouco cascalho na camada de 0,29-0,62 m e muito cascalho na camada de 0,62-0,98 m. No ponto 508, na camada de 0,20-0,50 m houve presença de muito cascalho e pouco calhau. No ponto 509 a camada de 0,13-0,55 m havia presença de cascalho.

A propriedade rural 1, representada pelos pontos 488, 507, 508 e 509, apresentou cores com tons mais vivos, tendo no terço superior cores mais escuras na camada superficial pela possível presença de material orgânico em maiores concentrações e nas camadas mais profundas cores mais amarelo-avermelhadas, mas em tons de médios a escuros, mas que demonstram a presença de óxido de

ferro. O terço médio e inferior já apresentam cores mais escuras indicando uma drenagem deficiente, principalmente no terço inferior onde foram encontradas cores como preto e bruno acinzentado muito escuro, comparado ao terço superior, o que já era de se esperar, pois é para as localidades mais baixas que toda a água é direcionada quando recebida na propriedade.

As demais propriedades em topossequência apresentaram de modo geral tons muito escuros e acinzentados desde o seu terço superior, nas camadas superficiais e subsuperficiais, indicando uma topossequência de possível drenagem deficiente.

Foi observado das três propriedades em topossequência, em horizontes tanto de terços superiores quanto médios e inferiores a presença de mosqueados, presença e mescla de mais de uma cor em um mesmo horizonte. Segundo Santos et al. (2005) estas características indicam ocorrência de drenagem deficiente do perfil, possivelmente quando ocorrido nas camadas mais internas e regiões mais baixas, ou ainda acumulação de materiais minerais ou orgânicos, quando nas camadas superficiais.

De acordo com Duarte et al. (2000) os mosqueados encontrados em uma região não necessariamente podem estar em processo de formação, podendo estar em processo de dissolução, ou seja, pela constante transformação das paisagens, não sendo possível afirmar sem conhecimento específico que na região estudada a presença dessa característica indica piora na drenagem na topossequência podendo, conforme estudo dos autores, demonstrar histórico de umidade de condições diferentes de atualmente.

Com os dados encontrados ao longo das topossequências, a presença de estrutura em blocos, típica de horizontes B, pode se dar pela composição textural, presença de argila nos horizontes superficiais, e pouco provável pela utilização da área para pastagem, pois as pastagens possuem grande quantidade de raízes que são componentes que auxiliam positivamente na qualidade do solo. Mesmo considerando a diferença das áreas estudadas, conforme Juhász et al. (2006) a presença de matéria orgânica e raízes fez com que solos de savanas florestadas tivessem horizontes superficiais com estrutura granular e grumosa ao longo de toda a topossequência.

Com relação à consistência do solo, também foi possível verificar uma grande variação conforme posição na paisagem e na medida em que se aumentava a profundidade do perfil. Para as propriedades compreendidas pelos pontos 488, 507,

508 e 509 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) e pontos 553, 554 e 556 (Tabela 9**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) a ocorrência de consistência friável e em um dos casos solta, demonstra que o solo pode requerer um cuidado maior quanto a escolha da cultura, manejo e utilização para pastagem, caso específico desta propriedade.

Não foi possível realizar a análise da consistência com solo úmido na propriedade referente aos pontos 533 a 535. No entanto, considerando a semelhança quanto à consistência seca e molhada das demais propriedades, é possível que não exista diferença desse atributo para a propriedade em questão.

Na propriedade rural 3 houve presença de mosqueado no perfil localizado no topo e terço médio da paisagem, no horizonte B e no terço inferior no horizonte A. No horizonte B no topo e terço médio houve presença de cascalho.

No terço inferior do ponto 533, camada 0,29-0,42 m houve presença de mosqueados com quantidade comum; na camada 0,42-0,64 m houve presença de mosqueados com quantidade abundante. No ponto 534, camada de 0-0,33 m havia presença de cascalho.

Tabela 8 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 1.

Posição na paisagem	Profundidade, m	Transição		Estrutura	Cor		Consistência			
					Úmida	Seca	Seca	Úmida	Molhada	
Terço superior (Ponto 507)	0-0,29	Clara	Plana	Colunar	10YR 2/2	10YR 4/2	Macio	Friável	Plástico	Lig. pegajoso
	0,29-0,62 0,62-0,98 ⁺	Clara	Irregular	Bloco angular	2,5YR 5/4	2,5YR 6/4	Duro	Firme	plástico	Lig. pegajoso
				Laminar	10YR 4/6	10YR 6/6	Lig. duro	Friável	Plástico	Lig. pegajoso
Terço médio (Ponto 509)	0-0,13 0,13-0,55 ⁺	Abrupta	Plana	Bloco subangular	2,5Y 3/3	2,5Y 5/2	Duro	Friável	Plástico	Lig. pegajoso
				Bloco subangular	2,5Y 4/3	2,5Y 4/4	Duro	Friável	Plástico	Lig. pegajoso
Terço inferior (Ponto 488)	0-0,20 0,21-0,53	Gradual	Plana	Bloco angular	10YR 2/1	7,5YR 5/2	Lig. duro	Friável	plástico	Lig. pegajoso
		Clara	Plana	Bloco angular	10YR 3/2	10YR 6/3	Duro	Firme	Plástico	Lig. Pegajoso
	0,53-0,74 ⁺			Bloco subangular	2,5Y 3/2	2,5Y 5/2	Extremamente duro	Firme	Muito plástico	Plástico
Terço inferior (Ponto 508)	0-0,20 0,20-0,50 ⁺	Abrupta	Plana	Bloco angular	10YR 3/2	10YR 5/2	Duro	Solto	Plástico	Lig. Pegajoso
				Colunar	10YR 4/3	10YR 6/3	Duro	Solto	plástico	Não pegajoso

Tabela 9 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 3.

Posição na paisagem	Profundidade, m	Transição		Estrutura	Cor		Consistência			
					Úmida	Seca	Seca	Úmida	Molhada	
Terço superior (Ponto 553)	0-0,65	Abrupta	Plana	Bloco subangular	10YR 3/2 7,5YR	10YR 5/2	Macio	Friável	Lig. plástico	Lig. Pegajoso
	0,65-0,47	Clara	Ondulada	Bloco angular	5/1	10 YR 4/2	Macio	friável	Lig. plástico	Lig. Pegajoso
	0,47-0,55 ⁺			Bloco subangular		2,5 YR		Lig. duro	Friável	Plástico
Terço médio (Ponto 554)	0-0,15	Abrupta	Plana	Bloco subangular	7,5YR3/2	10YR 6/2	Duro	Friável	Lig. plástico	Lig. Pegajoso
	0,15-0,37	Clara	Ondulada	Bloco angular	10YR2/2	10YR 4/2	Lig.duro	Friável	Lig. plástico	Lig. Pegajoso
	0,37-0,46 ⁺			Bloco subangular	10YR4/4	10YR 6/6	Duro	Firme	Muito plástico	Lig. Pegajoso
Terço inferior (Ponto 556)	0-0,20	Gradual	Ondulada	Bloco subangular	10YR2/2	10YR 5/2	Macio	friável	Muito plástico	Lig. pegajoso
	0,20-0,63	Abrupta	Plana	Bloco subangular	10YR2/1	10YR 5/1	Lig. duro	friável	Muito plástico	Não pegajoso
	0,63-0,76 ⁺			Bloco angular	10YR5/4	2,5Y 7/6	Muito duro	Firme	Plástico	Lig. Pegajoso

Tabela 10 – Características morfológicas do solo de acordo com sua posição na paisagem e profundidade na propriedade rural 4.

Posição na paisagem	Profundidade, m	Transição	Estrutura	Cor		Consistência				
				Úmida	Seca	Seca	Úmida	Molhada		
Terço superior (Ponto 534)	0-0,33 0,33-0,43 ⁺	Clara	Plana	Bloco angular Bloco subangular	10YR 3/2 10YR 5/3	10YR 4/3 2,5Y 5/3	Duro Muito duro	* *	Lig.plástico Plástico	Não pegajoso Lig. pegajoso
Terço médio (Ponto 535)	0-0,42 0,42-0,54 ⁺	Clara	Ondulada	Bloco angular Bloco subangular	7,5YR 3/2 10YR 3/3	10YR 4/2 10YR 5/2	Lig. duro Muito duro	* *	Lig. plástico Plástico	Lig. pegajoso Lig. pegajoso
Terço inferior (Ponto 533)	0-0,29 0,29-0,42 0,42-0,64 ⁺	Abrupta Clara	Plana	Bloco subangular Bloco subangular Bloco angular	10YR 3/2 2,5Y 3/3 10YR 3/3	10YR 4/2 2,5Y 5/2 10YR 6/2	Duro Muito duro Duro	* * *	Lig. plástico plástico plástico	Não pegajoso Não pegajoso Lig. Não pegajoso

*Não foi determinado.

A análise de distribuição do tamanho de partículas para as três propriedades em topossequência permitiu reforçar as observações realizadas em campo, explicando, por exemplo, a característica extremamente dura do solo seco para o ponto 488 no terceiro horizonte, uma vez que sua composição possui cerca de 60% de silte (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Este fato que pode ser atribuído à localização do ponto de coleta, pois se encontra no terço inferior da topossequência e na região mais baixa ocorre a deposição de materiais mais finos erodidos das localidades mais altas, uma vez que todo o terço analisado possui menores teores de areia partindo de seu horizonte superficial. Campos et al. (2010) também evidenciaram em seu estudo a presença da fração silte como dominante, no entanto, por ter ocorrido na maior parte dos pontos estudados, o fato foi atribuído a natureza do material de origem.

As tabelas 11, 12 e 13 demonstram a textura nas propriedades rurais, seguindo padrões onde nos terços superiores as camadas superficiais são predominantemente arenosas. Com o pisoteio dos animais e a baixa disponibilidade de forragem pode ocorrer compactação do solo.

Para a propriedade correspondente aos pontos 507 a 509 e 488 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) percebeu-se um aumento dos teores de argila com aumento da profundidade sendo identificado um possível B textural para o ponto 507 na camada entre 0,62-0,98⁺ m e também no ponto 509 na camada de 0,13–0,55⁺ m, de textura franco argilosa **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Para a propriedade correspondente aos pontos 553, 554 e 556 foram encontrados perfis mais argilosos no terceiro horizonte analisado, tendo teores superiores a 40% de argila no terço superior e médio. Para o terço inferior, foi encontrada uma camada superficial mais siltosa, o que pode evidenciar o deslocamento de material mais fino das porções superiores. Considerando a característica favorável para a prática agrícola do solo no terço inferior, é necessário que se analise pontualmente o risco quanto ao processo erosivo, pois pode vir a se tornar área de interesse agrícola e por estar próximo à margem de arroio apresentar uma maior fragilidade ambiental.

O ponto 533, por ter mais de 75% de areia na camada de 0,42-0,64 m pode indicar a presença de um possível horizonte E.

A compreensão da distribuição de tamanho das partículas e a classificação textural são importantes. Marques et al. (2007) analisaram solos em topossequência na região da Amazônia e traçaram relações entre a presença de carbono no solo com características como textura, porosidade e densidade, tornando ainda mais importante os estudos das características básicas e classificação dos tipos de solos encontrados ao longo de todo o território nacional, concluindo ainda que solos com altos teores de areia acabam por ter elevada perda de carbono, sendo então importante a pesquisa no fornecimento de dados para a melhor realização das atividades práticas agrícolas.

As Tabela 12 e Tabela 13 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** apresentam a classe textural considerando a distribuição do tamanho de partículas, o grau de flocculação das partículas e a densidade delas. Segundo Kiehl (1979) a densidade de partículas é considerada como sendo o total de volume de sólidos em uma amostra e deve-se considerar, quando na ausência de dados reais, como sendo valor médio de $2,65 \text{ Mg m}^{-3}$, pois considera-se como tendo no solo a constituição predominante de quartzo e outros minerais. Pela faixa de densidade dos minerais e pelos valores encontrados neste estudo, é possível a presença de uma série de minerais constituintes dos solos da região como caulinita, haloisita, microclima e ortoclásio.

A partir dos dados coletados e de observações de campo é possível somente ter uma ideia geral e insipiente para a classificação do solo, havendo a possibilidade de existência de Argissolos nos relevos superiores e Planossolos nos terços inferiores, sendo necessárias análises químicas e descrições realizadas através de análises que não são objetivos deste trabalho.

Mesmo com classes texturais iguais dentro de um mesmo perfil ou topossequência ficou evidente a diferença estatisticamente significativa do grau de flocculação. Isso ocorre, pois o grau de flocculação está relacionado com a estruturação do solo, onde maiores valores podem indicar solos com melhores condições de matéria orgânica, raízes e maiores teores de argila.

As Tabela 14, Tabela 15 e Tabela 16 apresentam os valores de porosidade, densidade e condutividade hidráulica do solo saturado de acordo com a sua posição na paisagem e ainda conforme sua orientação quanto à coleta.

Estas variáveis são relevantes no conhecimento físico-hídrico de uma localidade, auxiliando no entendimento do fluxo de água, importante para o estudo

do processo erosivo e perda de fertilidade, substâncias químicas e frações do solo (MESQUITA; MORAES, 2004).

Segundo Klein (2008) a condutividade hidráulica do solo expressa a facilidade com que a água move dentro de um perfil ou horizonte e pode ser relacionada diretamente com o manejo e a preservação do solo e dos recursos hídricos, estando dependente do número, continuidade e tamanho dos poros.

Com exceção do ponto 554, terço médio da topossequência, horizonte de 0,10 a 0,20 m, que apresentou diferença estatística, tendo maior condutividade no sentido horizontal, seguido pela posição inclinada e vertical, todos os demais valores não apresentaram diferença entre as posições coletadas. O ponto que apresentou diferença deixa evidente o caminho preferencial da água no sentido horizontal o que associada com a textura franco arenosa pode-se inferir sobre a maior suscetibilidade a erosão.

De acordo com pesquisa realizada por Uhde (2009), desconsiderando a aceitação da estatística para valores discrepantes de condutividade, a maior variabilidade de resultados para um mesmo horizonte em posições distintas pode se dar não só pela influência das demais características físicas do solo, mas também pela presença de raízes, da atividade biológica e também pelo manejo e cultura aplicada no solo.

Os dados de condutividade não apresentaram diferenças estatísticas pelo alto coeficiente de variação, já que foi observada uma grande variabilidade dos dados. Resultado semelhante também foi encontrado por Mesquita; Moraes; Corrente (2003) quando encontraram coeficientes de variação maiores que 70%, não diferindo estatisticamente os dados encontrados, indicando a necessidade de se aumentar o número amostral para que seja possível traçar uma confiabilidade maior e comparação entre condutividade e as demais características analisadas.

Tabela 11 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a posição na paisagem e camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 1).

Camada, m	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila	GF	Dp Mg m ⁻³	Classe textural
%											
Terço superior da paisagem – Ponto 507											
0-0,10	61,70a	10,99b	12,97a	12,58a	13,28a	11,88a	23,30a	15,00c	61,83c	2,56a	Franco arenosa
0,29-0,62	45,84b	12,73b	6,05b	8,79b	9,40b	8,87ab	24,86a	29,30b	99,50b	2,59a	Franco argilo arenosa
0,62-0,98	37,67c	21,77a	2,98c	2,77c	3,42c	6,73b	23,67a	38,66a	99,92a	2,63a	Franco argilosa
CV	2,27	5,98	7,08	15,48	4,36	17,95	4,85	1,13	1,54	0,15	
Terço médio da paisagem – Ponto 509											
0-0,10	70,15a	12,80a	15,30a	15,12a	14,20a	12,73a	18,89b	10,96b	56,30b	2,67a	Franco arenosa
0,13-0,55	38,64b	10,35a	6,32b	6,63b	7,07b	8,27b	21,39a	39,97a	99,76a	2,57b	Franco argilosa
CV	2,45	14,90	5,53	4,63	4,01	3,67	5,03	1,51	0,88	1,13	
Terço inferior da paisagem – Ponto 488											
0-0,10	53,57a	0,03a	0,20a	1,47a	14,35a	37,52a	34,77b	11,66b	42,19a	2,51a	Franco arenosa
0,21-0,53	50,10a	0,00a	0,20a	1,78a	17,57a	30,55a	38,31b	11,59b	41,50a	2,50a	Franca
0,53-0,74	17,23b	0,00a	0,05a	0,66b	4,41b	12,11b	60,29a	22,48a	43,63a	2,41a	Franco siltosa
CV	8,27	300,00	43,03	18,63	11,19	14,78	20,23	4,07	8,17	1,62	
Terço inferior da paisagem – Ponto 508											
0-0,10	67,23a	22,59a	11,00b	12,67a	10,20a	10,77a	23,95a	8,82a	53,06a	2,55a	Franco arenosa
0,20-0,50	66,44a	22,18a	16,53a	9,90a	7,15a	10,68a	26,39a	7,17b	49,97a	2,59a	Franco arenosa
CV	2,25	10,25	6,04	27,52	19,26	29,84	4,67	4,98	7,12	1,80	

AT: areia total (ϕ 2,0 a 0,05 mm); AMG: areia muito grossa (ϕ 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (ϕ 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (ϕ 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (ϕ 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (ϕ 0,125 a 0,05 mm); Silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm), Argila (ϕ < 0,002 mm); CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 12 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de flocculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a posição na paisagem e camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 3).

Camada, m	AT	AMG	AG	AM	AF %	AMF	Silte	Argila	GF	Dp Mg m ⁻³	Classe textural
Terço superior da paisagem – Ponto 553											
0-0,10	62,88a	8,79a	14,67a	12,70a	15,85a	10,87a	22,08a	15,04c	74,82c	2,58a	Franco arenosa
0,065-0,47	57,92b	9,64a	13,92a	11,38b	13,55b	9,43a	20,69a	21,39b	96,79b	2,60a	Franco argilo arenosa
0,47-0,55	36,87c	10,97a	6,72b	5,33c	7,48c	6,37b	16,24b	46,89a	99,39a	2,61a	Argila
CV	2,47	15,66	4,37	2,72	4,15	6,63	4,54	2,07	0,07	1,49	
Terço médio da paisagem – Ponto 554											
0-0,10	64,28a	10,07b	11,55a	11,30a	18,18a	13,18a	21,46a	14,26c	77,22c	2,63a	Franco arenosa
0,15-0,37	59,22b	10,74b	9,72b	9,93b	18,95a	9,88b	20,83ab	19,95b	95,25b	2,61a	Franco arenosa
0,37-0,46	37,14c	14,14a	5,88c	4,20c	7,67b	5,25c	18,49b	44,37a	99,68a	2,64a	Argila
CV	1,86	10,02	3,07	3,44	6,69	12,65	4,85	2,79	1,07	1,00	
Terço inferior da paisagem – Ponto 556											
0-0,10	56,70ab	1,00c	4,17b	11,08b	23,02b	17,43a	34,89a	8,41b	71,76c	2,66a	Franco arenosa
0,20-0,63	67,05a	1,82b	5,98a	15,95a	30,20a	13,10a	24,37a	8,58b	74,60b	2,65a	Franco arenosa
0,63-0,76	51,41c	3,33a	4,17b	7,20c	24,98b	11,73a	28,02a	20,57a	99,35a	2,64a	Franco
CV	8,01	15,27	14,07	8,87	7,70	16,22	16,09	1,44	0,77	1,13	

AT: areia total (ϕ 2,0 a 0,05 mm); AMG: areia muito grossa (ϕ 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (ϕ 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (ϕ 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (ϕ 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (ϕ 0,125 a 0,05 mm); Silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm), Argila (ϕ < 0,002 mm); CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 13 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp) e classe textural de acordo com a posição na paisagem e camada de solo na área rural de Pelotas (propriedade rural 4).

Camada, m	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila	GF	Dp Mg m ⁻³	Classe textural
%											
Terço superior da paisagem – Ponto 534											
0-0,10	65,23a	6,26b	10,88a	13,67a	19,77a	14,65a	22,96a	11,81b	77,29a	2,60a	Franco arenosa
0,33-0,43	59,98b	10,20a	6,62b	9,55b	19,18a	14,43a	26,98a	13,04a	63,17b	2,60a	Franco arenosa
CV	2,95	13,92	2,34	6,37	3,40	3,78	7,48	1,63	3,84	1,35	
Terço médio da paisagem – Ponto 535											
0-0,10	66,68a	7,09b	10,95a	13,87a	21,27a	13,50b	22,90b	10,42a	66,67b	2,56a	Franco arenosa
0,42-0,54	64,40b	13,79a	6,55b	8,43b	19,43a	16,20a	26,22a	9,38b	81,10a	2,60a	Franco arenosa
CV	0,69	8,73	9,91	7,14	5,66	6,88	2,06	1,77	2,16	0,96	
Terço inferior da paisagem – Ponto 533											
0-0,10	65,70b	1,58a	7,62b	19,00b	19,95a	17,55a	25,64b	8,66b	77,67a	2,60a	Franco arenosa
0,29-0,42	52,92c	0,20b	3,83c	17,10b	17,82b	13,97b	34,49a	12,59a	62,00c	2,59a	Franco arenosa
0,42-0,64	75,24a	0,48b	11,10a	34,50a	20,23a	8,93c	18,98c	5,78c	67,28b	2,64a	Areia franca
CV	2,20	36,65	12,68	3,60	2,36	4,32	5,17	0,98	1,98	1,06	

AT: areia total (ϕ 2,0 a 0,05 mm); AMG: areia muito grossa (ϕ 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (ϕ 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (ϕ 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (ϕ 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (ϕ 0,125 a 0,05 mm); Silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm), Argila (ϕ < 0,002 mm); CV: coeficiente de variação. Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 14 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade do solo (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de pastagem (propriedade rural 1) na área rural de Pelotas.

Posição na paisagem	Camada m	Posição de coleta	Macro	Micro m ³ m ⁻³	PT	DS Mg m ⁻³	KS* mm h ⁻¹	
Terço Superior Ponto 507	0-0,10	Vertical	0,201a	0,227a	0,428a	1,40a	153,16a	
		Horizontal	0,196a	0,228a	0,425a	1,40a	150,89a	
		Inclinado	0,191a	0,220a	0,412a	1,36a	75,41a	
		CV, %	14,71	9,40	5,96	3,47	73,41	
	0,29-0,62	Vertical	0,117a	0,223b	0,334a	1,66a	218,80a	
		Horizontal	0,112a	0,219b	0,331a	1,67a	119,10a	
		Inclinado	0,107a	0,257a	0,364a	1,58b	28,60a	
		CV, %	23,29	5,14	5,34	2,39	153,94	
	0,62-0,98	Vertical	0,109a	0,269a	0,378a	1,54a	111,00a	
		Horizontal	0,100a	0,270a	0,370a	1,58a	396,20a	
		Inclinado	0,121a	0,261a	0,381a	1,54a	98,00a	
		CV, %	15,28	6,87	6,40	1,70	134,37	
Terço Médio Ponto 509	0-0,10	Vertical	0,195a	0,289a	0,484a	1,54a	35,70a	
		Horizontal	0,162a	0,289a	0,450a	1,55a	73,05a	
		Inclinado	0,156a	0,274a	0,429a	1,60a	36,56a	
		CV, %	19,30	7,84	8,35	4,76	98,66	
	0,13-0,55	Vertical	0,133a	0,357a	0,489a	1,50a	4,76a	
		Horizontal	0,113a	0,357a	0,470a	1,45a	2,59a	
		Inclinado	0,147a	0,343a	0,490a	1,44a	35,48a	
		CV, %	14,71	3,96	4,22	2,75	205,23	
	Terço Inferior Ponto 488	0-0,10	Vertical	0,077a	0,379a	0,456a	1,35a	6,45a
			Horizontal	0,107a	0,344b	0,451a	1,39a	83,71a
			Inclinado	0,119a	0,365ab	0,483a	1,31a	78,37a
			CV, %	23,31	3,58	6,44	6,00	135,91
0,21-0,53		Vertical	0,119a	0,329a	0,448	1,34a	12,64a	
		Horizontal	0,114a	0,327a	0,441a	1,33a	102,94a	
		Inclinado	0,103a	0,333a	0,436a	1,36a	4,92a	
		CV, %	18,48	2,85	3,73	4,62	274,72	
0,53-0,74		Vertical	0,101a	0,358a	0,459a	1,32a	9,10a	
		Horizontal	0,103a	0,369a	0,472a	1,27a	4,10a	
		Inclinado	0,093a	0,382a	0,475a	1,29a	135,10a	
		CV, %	16,61	3,24	2,49	3,35	316,11	
Terço Inferior Ponto 508	0-0,10	Vertical	0,258a	0,235a	0,432a	1,37a	533,30a	
		Horizontal	0,235a	0,187ab	0,422a	1,41a	311,80a	
		Inclinado	0,216a	0,174b	0,451a	1,46a	388,60a	
		CV, %	13,45	11,65	8,10	4,84	54,79	
	0,20-0,50	Vertical	0,273a	0,210a	0,483a	1,48a	563,10a	
		Horizontal	0,197b	0,270a	0,467a	1,43a	383,30a	
		Inclinado	0,177b	0,265a	0,442a	1,59a	185,20a	
		CV, %	16,25	17,91	7,21	6,53	83,78	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna e na mesma camada de solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. CV: coeficiente de variação. *A condutividade hidráulica do solo saturado está apresentada em seus valores absolutos, mas a análise estatística foi feita e está apresentada com base em seus valores em log, atendendo a normalização dos dados.

Tabela 15 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de pastagem (propriedade rural 3) na área rural de Pelotas.

Posição na paisagem	Camada m	Posição de coleta	Macro	Micro $m^3 m^{-3}$	PT	DS $Mg m^{-3}$	KS* $mm h^{-1}$
Terço Superior Ponto 553	0-0,10	Vertical	0,092a	0,279a	0,371a	1,57a	11,83a
		Horizontal	0,112a	0,279a	0,391a	1,52a	193,88a
		Inclinado	0,070a	0,276a	0,346a	1,63a	5,72a
		CV, %	29,55	6,77	6,15	2,99	126,72
	0,10-0,20	Vertical	0,125a	0,214a	0,339a	1,49a	15,99a
		Horizontal	0,088b	0,271a	0,359a	1,53a	10,60a
		Inclinado	0,097b	0,275a	0,372a	1,51a	60,47a
		CV, %	11,69	16,17	12,46	3,50	164,77
	0,47-0,55	Vertical	0,080a	0,305a	0,386a	1,63a	8,87a
		Horizontal	0,108a	0,337a	0,445a	1,47a	27,20a
		Inclinado	0,095a	0,355a	0,450a	1,40a	18,72a
		CV, %	19,83	15,71	11,62	3,98	100,18
Terço Médio Ponto 554	0-0,10	Vertical	0,084b	0,309a	0,393a	1,53b	33,93a
		Horizontal	0,100ab	0,297a	0,397a	1,56ab	34,54a
		Inclinado	0,120a	0,297a	0,417a	1,62a	26,02a
		CV, %	12,76	6,63	5,07	1,74	76,88
	0,10-0,20	Vertical	0,107b	0,265a	0,371a	1,51a	6,16b
		Horizontal	0,144a	0,217a	0,361a	1,47a	27,17a
		Inclinado	0,135ab	0,244a	0,379a	1,44a	11,57ab
		CV, %	11,55	17,26	14,17	4,87	52,96
	0,37-0,46	Vertical	0,064a	0,384a	0,447a	1,46a	4,72a
		Horizontal	0,070a	0,372a	0,442a	1,40a	7,40a
		Inclinado	0,080a	0,378a	0,458a	1,43a	95,99a
		CV, %	16,60	6,37	5,16	1,91	202,55
Terço Inferior Ponto 556	0-0,10	Vertical	0,121a	0,311a	0,433 a	1,45 a	55,60a
		Horizontal	0,145a	0,312a	0,457a	1,38 a	57,84a
		Inclinado	0,120a	0,297a	0,417a	1,43 a	61,43a
		CV, %	17,50	10,52	5,72	2,30	129,38
	0,10-0,20	Vertical	0,139a	0,256a	0,395a	1,46a	21,54a
		Horizontal	0,164a	0,242a	0,406a	1,45a	30,48a
		Inclinado	0,150a	0,254a	0,404a	1,39a	20,64a
		CV, %	10,85	3,59	3,07	3,46	83,44
	0,20-0,63	Vertical	0,165a	0,224a	0,389a	1,49a	23,00a
		Horizontal	0,182a	0,227a	0,409a	1,48a	82,70a
		Inclinado	0,119a	0,227a	0,347a	1,52a	8,28a
		CV, %	13,87	7,59	7,12	3,00	123,56
0,63-0,76	Vertical	0,089a	0,317a	0,406a	1,59a	**	
	Horizontal	0,092a	0,297b	0,389a	1,60a	**	
	Inclinado	0,087a	0,311ab	0,398a	1,64a	**	
	CV, %	15,79	2,44	3,83	3,52	**	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna e na mesma camada de solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. CV: coeficiente de variação. *A condutividade hidráulica do solo saturado está apresentada em seus valores absolutos, mas a análise estatística foi feita e está apresentada com base em seus valores em log, atendendo a normalização dos dados. **não foi possível realizar a determinação.

Tabela 16 - Macroporosidade (Macro), microporosidade (Micro), porosidade total (PT), densidade (DS) e condutividade hidráulica do solo (KS) de acordo com a posição na paisagem, camada do solo e posição de coleta da amostra, em área de pastagem (propriedade rural 4) na área rural de Pelotas.

Posição na paisagem	Camada m	Posição de coleta	Macro	Micro m ³ m ⁻³	PT	DS Mg m ⁻³	KS* mm h ⁻¹
Terço Superior Ponto 534	0-0,10	Vertical	0,106b	0,297a	0,404ab	1,50a	101,43a
		Horizontal	0,190a	0,264b	0,454a	1,36b	121,56a
		Inclinado	0,118b	0,253b	0,371b	1,52a	16,72a
		CV, %	17,77	3,97	7,58	2,98	91,53
	0,10-0,20	Vertical	0,104a	0,252a	0,356a	1,54a	51,39a
		Horizontal	0,136a	0,224a	0,360a	1,50a	43,18a
		Inclinado	0,127a	0,235a	0,362a	1,56a	13,06a
		CV, %	20,72	9,49	5,14	3,84	111,01
	0,33-0,43	Vertical	0,159a	0,225a	0,384a	1,57a	12,83a
		Horizontal	0,121b	0,223a	0,344a	1,62a	78,86a
		Inclinado	0,135ab	0,227a	0,363a	1,64a	37,20a
		CV, %	10,54	7,05	8,29	2,54	131,55
Terço Médio Ponto 535	0-0,10	Vertical	0,139a	0,296a	0,435a	1,45a	289,60a
		Horizontal	0,129a	0,274ab	0,403a	1,47a	96,10a
		Inclinado	0,129a	0,251b	0,380a	1,48a	145,10a
		CV, %	24,11	5,30	7,46	2,26	88,56
	0,10-0,20	Vertical	0,157a	0,259a	0,416a	1,46a	447,90a
		Horizontal	0,148a	0,229b	0,376b	1,50a	8,70a
		Inclinado	0,145a	0,234b	0,379ab	1,49a	222,00a
		CV, %	11,86	1,77	3,92	2,22	111,25
	0,42-0,54	Vertical	0,147a	0,201a	0,348a	1,62ab	165,29a
		Horizontal	0,147a	0,190a	0,337a	1,53b	35,34a
		Inclinado	0,151a	0,188a	0,339a	1,66a	67,08a
		CV, %	14,38	4,57	6,28	2,37	134,74
Terço Inferior Ponto 533	0-0,10	Vertical	0,089a	0,397a	0,486a	1,29a	100,25a
		Horizontal	0,157a	0,341a	0,498a	1,21a	40,80a
		Inclinado	0,088a	0,360a	0,448a	1,28a	37,88a
		CV, %	49,68	19,50	4,77	4,52	64,17
	0,10-0,20	Vertical	0,151a	0,284a	0,436a	1,32a	47,88a
		Horizontal	0,118a	0,281a	0,399a	1,40a	85,11a
		Inclinado	1,122a	0,287a	0,410a	1,41a	5,86a
		CV, %	13,20	4,80	5,17	3,63	138,38
	0,29-0,42	Vertical	0,102a	0,303a	0,405a	1,39a	3,24a
		Horizontal	0,105a	0,280b	0,386a	1,44a	2,26a
		Inclinado	0,107a	0,286ab	0,393a	1,42a	7,80a
		CV, %	13,82	2,66	4,60	2,11	117,91
0,42-0,64	Vertical	0,108c	0,288a	0,396a	1,44a	19,39a	
	Horizontal	0,201a	0,169c	0,371b	1,39b	207,34a	
	Inclinado	0,142b	0,238b	0,380ab	1,44a	17,20a	
	CV, %	4,54	5,30	2,23	1,07	115,19	

Médias seguidas da mesma letra, na coluna e na mesma camada de solo, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. CV: coeficiente de variação. *A condutividade hidráulica do solo saturado está apresentada em seus valores absolutos, mas a análise estatística foi feita e está apresentada com base em seus valores em log, atendendo a normalização dos dados.

A porosidade do solo é considerada como o espaço vazio por onde circulam e são armazenadas soluções de água e ar e por ser oriunda da disposição aleatório das partículas e, independente de seus tamanhos e arranjos o espaço poroso é em torno de 50% do total do solo (KLEIN, 2008). Genericamente os poros chamados de macroporos são os responsáveis pela condução de água e aeração do solo, já os chamados microporos são responsáveis pelo armazenamento e fornecimento de água para as plantas.

A alta variação dos resultados de condutividade (K_{sat}) resultando valores iguais estatisticamente, e a menor variação dos resultados de macroporos, podem ser explicados conforme descrito por Mesquita; Moraes (2004):

Macroporosidade é o volume de poros com diâmetro maior que 50 μ m, e se correlaciona com K_{sat} . No entanto, a presença de um “megaporo” a mais numa amostra de solo afetará pouco a macroporosidade, mas muito sua K_{sat} . A densidade de fluxo que passa por um poro é proporcional ao quadrado de seu diâmetro (Lei de Poiseville), e por essas razões é “fácil” obter valores discrepantes (altos) para K_{sat} (devido a um “megaporo”), enquanto a macroporosidade não apresentará a mesma tendência. Portanto, a correlação entre a K_{sat} e a macroporosidade dependerá de outros fatores e uma simples análise de correlação não poderá descrever a relação entre estas variáveis (MESQUITA; MORAES, 2004).

Considerando somente o fluxo de água pelos parâmetros de macroporosidade e microporosidade, foram encontrados resultados que demonstram possíveis alterações dos caminhos preferenciais da água no solo. No ponto 507 - terço superior, no segundo horizonte foi possível perceber a maior quantidade de microporos na posição inclinada existindo ainda uma redução da macroporosidade conforme aumento da profundidade. Para o ponto 509 mesmo com dados estatisticamente iguais pode-se perceber um aumento da densidade na camada superficial na porção média quando comparada ao solo da porção superior, com isso infere-se sobre duas possibilidades, ou que as frações menores do solo estão erodindo até a porção média e isso faz com que os poros do solo sejam obstruídos ou que existe um aumento na compactação do solo pela presença de animais da região. Já no ponto 508 foi possível perceber um aumento na posição vertical tanto na microporosidade no primeiro horizonte quanto na macroporosidade na camada subsuperficial.

A propriedade 3 demonstrou uma homogeneidade com relação as posições de coleta, tendo alterações no terço superior, ponto 553, com maior macroporosidade na camada de 0,10 a 0,20 m na posição vertical, o que favorece a aeração e introdução de água para camadas mais inferiores. No ponto 554, terço médio, ficou evidente a menor macroporosidade no horizonte superficial, posição vertical, o que pode indicar uma maior compactação e ao mesmo tempo uma maior suscetibilidade a erosão já que a posição inclinada apresentou maiores quantidades de poros maiores e se associa a textura mais arenosa.

O ponto 556 apresentou igualdade estatística para todas as análises, no entanto, existe também um aumento nos macroporos conforme se tem o aumento de profundidade.

A propriedade 4, no ponto 534, apresentou valores maiores de macroporosidade na posição horizontal, que associada a posição do relevo - terço superior, indica um caminho preferencial da água, podendo dificultar a infiltração vertical da água e ter um aumento no escoamento.

Na mesma propriedade, no terço inferior, ponto 533, horizonte entre 0,42 a 0,64 m, percebeu-se maior macroporosidade no sentido horizontal e posteriormente inclinado, e microporos em maior quantidade na posição vertical. Estas alterações acabaram por alterar os valores de porosidade total e densidade do solo, consequência possível da textura, onde foi encontrado teores maiores de 75% da fração areia.

De modo geral os solos avaliados apresentaram baixos teores de argila e altos teores de areia nos horizontes superficiais. Em alguns solos o perfil apresentou horizonte subsuperficial mais argiloso (mais que o dobro de argila) que o horizonte superficial, evidenciando um gradiente textural em algumas situações. A condutividade hidráulica foi elevada na maioria das situações, e mesmo com uma macroporosidade superior a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ a condutividade foi baixa em alguns pontos, especialmente em subsuperfície onde houve redução brusca da condutividade em algumas situações.

A característica de horizonte superficial arenoso e o maior teor de argila em subsuperfície faz com que a condutividade hidráulica seja reduzida bruscamente em subsuperfície, podendo facilitar a erosão. É importante que a cobertura vegetal esteja presente para evitar o impacto da gota da chuva diretamente sobre o solo

mais arenoso na superfície. No caso das pastagens, a cobertura é permanente, mesmo que a biomassa não seja em quantidade tão significativa.

A análise de correlação foi significativa para densidade de partículas e as frações areia e silte, não havendo significância para areia muito grossa e argila, possivelmente associado aos menores teores destas frações. Isso indica que a característica mineralógica destes solos está associada mais as frações grosseiras do solo. Já o grau de floculação apresentou correlação com as menores frações do solo, especialmente com a argila, podendo ter relação com a reatividade desta fração através de sua atividade iônica.

Tabela 17 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas (Dp) e grau de floculação (GF) com a distribuição do tamanho de partículas do solo de áreas de pastagem e lavoura com o solo revolvido na área rural de Pelotas.

Variável	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila
Dp	0,20 ns	0,31 **	0,35 **	0,33 **	-0,32 **	-0,61 **	0,05 ns
GF	0,23 *	-0,01 ns	-0,09 ns	-0,09 ns	-0,61 **	-0,53 **	0,70 **

AMG: areia muito grossa (\varnothing 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (\varnothing 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (\varnothing 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (\varnothing 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (\varnothing 0,125 a 0,05 mm); Silte (\varnothing 0,05 a 0,002 mm), Argila (\varnothing < 0,002 mm); ns: não significativo a 5% de significância; * e **: significativo a 5% e 1% respectivamente.

6.2 Características dos solos das margens dos arroios

O processo de perdas de solo nas margens tem fundamental importância na compreensão de todo o processo erosivo dentro de uma bacia hidrográfica, pois, conforme Casado et al. (2001) é desta maneira que o rio encontra formas de se reestabelecer e retornar ao seu equilíbrio, uma vez desestruturado.

A Tabela 18 apresenta os dados referentes à análise granulométrica, grau de floculação e densidade de partículas dos pontos coletados nas margens ao longo do curso principal do arroio e afluentes.

A partir dos resultados obtidos, verificou-se que os solos das margens possuem uma textura mais arenosa, com elevados teores de areia, principalmente média, fina e muito fina. Os maiores teores das frações silte, e principalmente argila, foram encontrados nos pontos 527-3, 529-2 e 558-2, todos eles coletados em subsuperfície da margem do arroio. Nestas camadas talvez possa ser caracterizado um horizonte B textural.

Tabela 18 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp), classe textural e estatística descritiva do solo exposto na margem do arroio na área rural de Pelotas.

Pontos	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila	GF	Dp Mg m ⁻³	Classe textural
					%						
519	71,40	1,14	5,35	17,55	28,28	19,08	18,34	10,26	69,72	2,60	Franco arenosa
523-1	73,73	0,02	0,42	5,28	37,83	30,18	17,05	9,22	62,49	2,61	Franco arenosa
523-2	67,77	0,03	0,58	9,17	29,72	28,27	22,53	9,70	64,34	2,58	Franco arenosa
526-1	97,31	2,33	14,05	54,45	24,63	1,85	1,80	0,89	78,12	2,67	Areia
526-2	82,10	1,05	4,15	15,00	38,30	23,60	12,08	5,82	72,22	2,62	Areia franca
526-3	76,88	0,86	4,62	17,90	33,55	19,95	16,01	7,11	61,53	2,60	Areia franca
527-1	72,60	4,25	5,48	14,30	26,77	21,80	19,51	7,89	68,31	2,61	Franco arenosa
527-2	77,52	1,65	4,78	20,22	32,62	18,25	15,56	6,92	63,83	2,68	Areia franca
527-3	56,06	0,07	0,80	6,17	22,42	26,60	30,57	13,37	72,55	2,51	Franco arenosa
529-1	72,84	0,57	8,98	36,33	20,58	6,38	18,08	9,08	65,50	2,63	Franco arenosa
529-2	44,07	0,30	4,02	28,30	7,65	3,80	32,89	23,04	61,67	2,46	Franca
555	67,20	0,03	0,97	11,78	41,32	13,10	24,11	8,69	67,22	2,54	Franco arenosa
557-1	63,63	0,53	3,57	25,00	27,85	6,68	25,50	10,87	69,53	2,47	Franco arenosa
557-2	65,42	1,36	7,68	22,93	22,67	10,78	24,75	9,83	72,54	2,52	Franco arenosa
558-1	80,95	0,90	9,97	32,10	29,58	8,40	13,95	5,10	73,66	2,53	Areia Franca
558-2	51,37	0,64	1,83	16,88	24,00	8,02	33,90	14,73	41,57	2,51	Franca
387-1	62,25	2,99	4,18	14,60	17,88	22,60	26,30	11,45	60,06	2,41	Franco arenosa
387-2	72,68	0,50	4,00	31,33	22,23	14,62	18,74	8,58	51,22	2,45	Franco arenosa
Média	69,76	1,02	4,75	21,07	27,10	15,77	20,65	9,59	65,26	2,55	
Maior	97,85	4,65	21,10	56,50	42,60	30,50	34,76	23,17	91,29	2,70	
Menor	42,40	0,00	0,35	4,95	5,95	1,80	1,34	0,81	38,40	2,41	
DPad	11,97	1,15	4,15	12,72	8,71	9,19	7,87	4,49	9,46	0,08	
CV	17,16	108,13	87,46	60,35	32,14	58,27	38,12	46,89	14,50	3,14	

AT: areia total (ϕ 2,0 a 0,05 mm); AMG: areia muito grossa (ϕ 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (ϕ 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (ϕ 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (ϕ 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (ϕ 0,125 a 0,05 mm); Silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm), Argila (ϕ < 0,002 mm); Média, Maior, Menor: respectivamente valor médio, maior e menor valor considerando todo o conjunto de dados; DPad: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

O ponto 529-2, com o maior teor de argila, aproximadamente 23%, e considerando a média de 9,59% e coeficiente de variação de 46,89%, é possível afirmar que este solo possui uma característica que destoa dos demais pontos analisados. Considerando juntamente o segundo maior teor de argila, com valor aproximado de 14% (ponto 558-2), percebeu-se não existir uma relação ou tendência entre localidade e característica granulométrica das margens dos arroios. Segundo Pimentel-Gomes; Garcia (2002) o coeficiente de variação obtido é considerado muito alto, ou seja, possui grande dispersão dos resultados, o que, para este caso, não representa equívocos de laboratório ou necessidade de alteração no número amostral, mas apenas uma variabilidade natural.

Estatisticamente, para areia muito grossa foi possível perceber um coeficiente de variação muito alto, mais de 100%, no entanto, essa informação não demonstra uma preocupação significativa já que, na prática, os valores de areia muito grossa encontrados são muito pequenos.

A granulometria das margens, tanto do lado direito quanto esquerdo, e genericamente em qualquer profundidade, traçou um perfil arenoso do solo para esta localidade de estudo, fato possivelmente relacionado aos fatores e processos de formação do solo. A maioria das amostras foi classificada com tendência arenosa (classes franco arenosa, areia ou areia franca), sendo os pontos 529-2 e 558-2 os únicos que não apresentaram esta tendência.

Resende et al. (2007) consideram importante a presença de textura mais grosseira no solo uma vez que os materiais mais resistentes formadores do solo acabam por não se intemperizar com a ação do tempo, tornando a fração silte como reserva de nutrientes pela presença de minerais primários facilmente intemperizáveis. No entanto, considerando a localização do solo em margem de arroio, talvez seja importante a presença de um solo mais argiloso, o que poderia fornecer maior resistência ao processo erosivo e daria maior suporte para fixação de plantas, especialmente árvores, nas margens.

As margens demonstraram um grau de flocculação baixo, com média de 65%, indicando solos com menor qualidade quanto à estrutura. Este fato pode ser pela grande presença de areia, que apresenta uma tendência a arranjo em grânulos apresentando menor coerência entre si e tendo desta forma solos mais facilmente deslocáveis pela água tornando-os mais erodíveis (RESENDE et al., 2007). Texturas mais arenosas foram relacionadas ao avanço das perdas de solo por Casado et al.

(2001) quando analisaram o processo de erosão de encosta no Rio São Francisco, encontrando uma grande distribuição das taxas de erosão devido a grande diferença das características morfológicas e sedimentológicas, demonstrando maiores perdas nos barrancos em que a característica argilo-siltosa tinha menores porcentagens. Os autores ainda salientam que fatores como altura do barranco e alteração da linha de talvegue também foram fatores determinantes na avaliação das taxas de erosão.

Este fato pode ainda ser agravado pela falta de cobertura vegetal e pela ausência da mata ciliar.

O processo de erosão de encosta possui influencia direta com as dinâmicas dos canais nas bacias hidrográficas e conseqüentemente com o aporte de sedimento, tendo como principais fatores de remoção de solo a geometria e sinuosidade do canal, morfologia e composição gravimétrica dos taludes, além da velocidade e vazão no curso d'água (SOUZA; CUNHA, 2007; HOLANDA et al., 2009).

Avaliando o ambiente no âmbito geral, considerando fatores econômicos, sociais e naturais, o conhecimento científico sobre os processos erosivos e fluxo e aporte de sedimentos torna-se cada vez mais necessário e evidente e, como mostra Holanda et al. (2011) em estudo sobre a percepção dos ribeirinhos sobre a erosão de encosta e importância da mata ciliar, onde foi evidenciado o conhecimento empírico dos moradores sobre as condições ecológicas e influência do planejamento integrado entre políticas públicas. Este estudo mostrou também a importância da manutenção e do controle dos processos erosivos considerando o papel que a região estudada possui.

Considerando os minerais do solo, de acordo com Kiehl (1979) a relação destes com a densidade das partículas abrange para as amostras de margens minerais como Albita, Caulinita e Ortoclásio.

Na Tabela 19 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** são apresentados os dados de correlação entre densidade de partículas com a análise granulométrica, ficando evidente a influência da textura, especialmente as frações silte, argila e areia fina (frações com maiores coeficientes de correlação) na densidade de partículas. Esta correlação nos permite compreender a influência da mineralogia presente na localidade, que preliminarmente pode ser associada pela densidade das partículas encontradas, nas frações granulométricas do solo, além de

permitir um levantamento inicial de dados que direcionam quanto aos possíveis tipos de solo da região.

Giarola et al. (2002) encontraram correlações positivas com a fração argila e negativas com frações areia grossa e fina, fato explicado pela localidade e material de origem.

Tabela 19 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas e seu tamanho para o solo exposto na margem do arroio na área rural de Pelotas.

AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila
0,13 ns	0,28 *	0,13 ns	0,41 **	0,13 ns	-0,65 **	-0,57 **

AMG: areia muito grossa (\varnothing 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (\varnothing 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (\varnothing 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (\varnothing 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (\varnothing 0,125 a 0,05 mm); Silte (\varnothing 0,05 a 0,002 mm), Argila (\varnothing < 0,002 mm); ns: não significativo a 5% de significância; * e **: significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Com base nos resultados encontrados foi realizada a construção de dendogramas, agrupando os pontos que mais se relacionam entre si, para as principais características físicas analisadas.

Foram criadas para a fração areia grossa (para o dendograma é considerado o somatório das frações areia muito grossa, areia grossa e areia média) quatro grupos distintos, sendo um grupo os pontos 523-1, 527-3, 555 e 523-2 (grupo 2), um outro com pontos 529-1 e 558-1 (grupo 3), um grupo com apenas o ponto 526-1 (grupo 4) e um outro com os demais pontos analisados (grupo 1) (Figura 15).

Dos grupos formados percebeu-se que o grupo 2 englobou os pontos com os menores valores de areia grossa (entre 5,72 e 12,78%), o grupo 3 os pontos com valores mais altos, no entanto, o grupo 4 representa o ponto que mais destoou tendo 70,83% de areia grossa. Especialmente os pontos dentro dos grupos não apresentaram relação entre si.

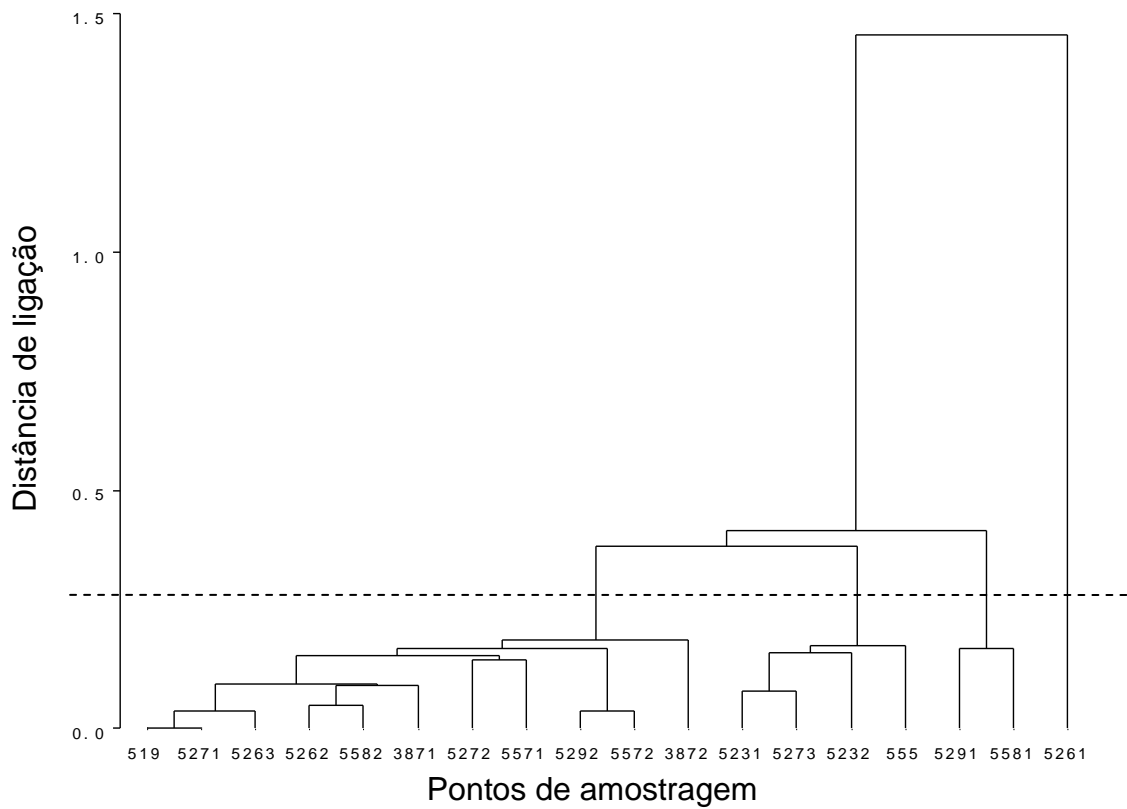


Figura 15 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (ϕ 2,0 a 0,25 mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.

Analisando o dendrograma para areia fina, foram formados quatro grupos, sendo dois deles com os pontos extremos, um com o ponto 523-2, com 68%, e ponto 529-2 com 11,45% de areia fina (Figura 16).

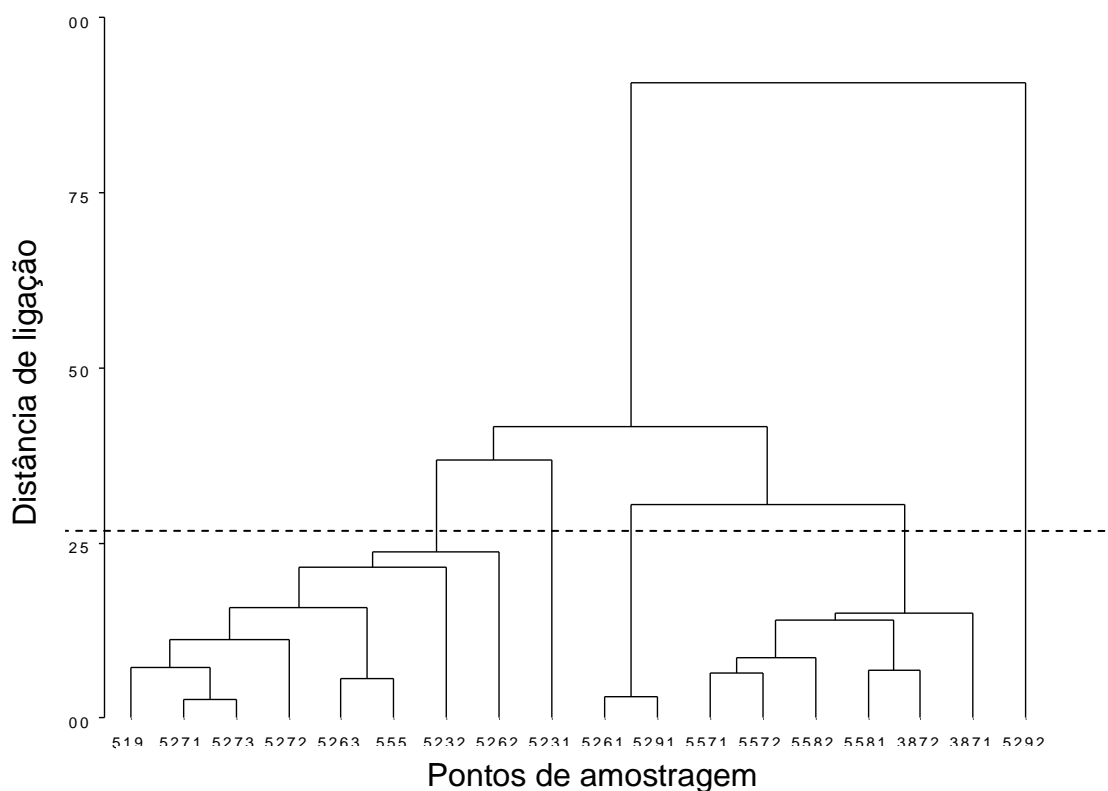


Figura 16 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (\varnothing 0,25 a 0,05 mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.

Para a fração silte a Figura 17 mostra os quatro grupos formados estatisticamente. No grupo 1 e 2 foram unidos os pontos com teores medianos enquanto que o grupo 3 estão os pontos com teores mais altos e o grupo 4 unicamente formado pelo ponto com menor teor de silte. Igualmente com o ocorrido para a fração areia, os grupos formados para este caso não estão espacialmente próximos entre si, eles possuem certa dispersão no espaço.

A Figura 18 mostra os grupos formados para a fração argila. Como salientado anteriormente, esta fração apareceu em menores porcentagens e com poucos pontos que diferem da média, o que fez consequentemente que fossem formados 4 grupos com poucos pontos amostrais, sendo o grupo 2 formado pelos pontos 527-3 e 558-2 (13,37 e 14,73% de argila, respectivamente), grupo 3 com o ponto 526-1 (0,89% de argila), grupo 4 com o ponto 529-2 (maior teor de argila, cerca de 23%) e o grupo 1 com os demais pontos.

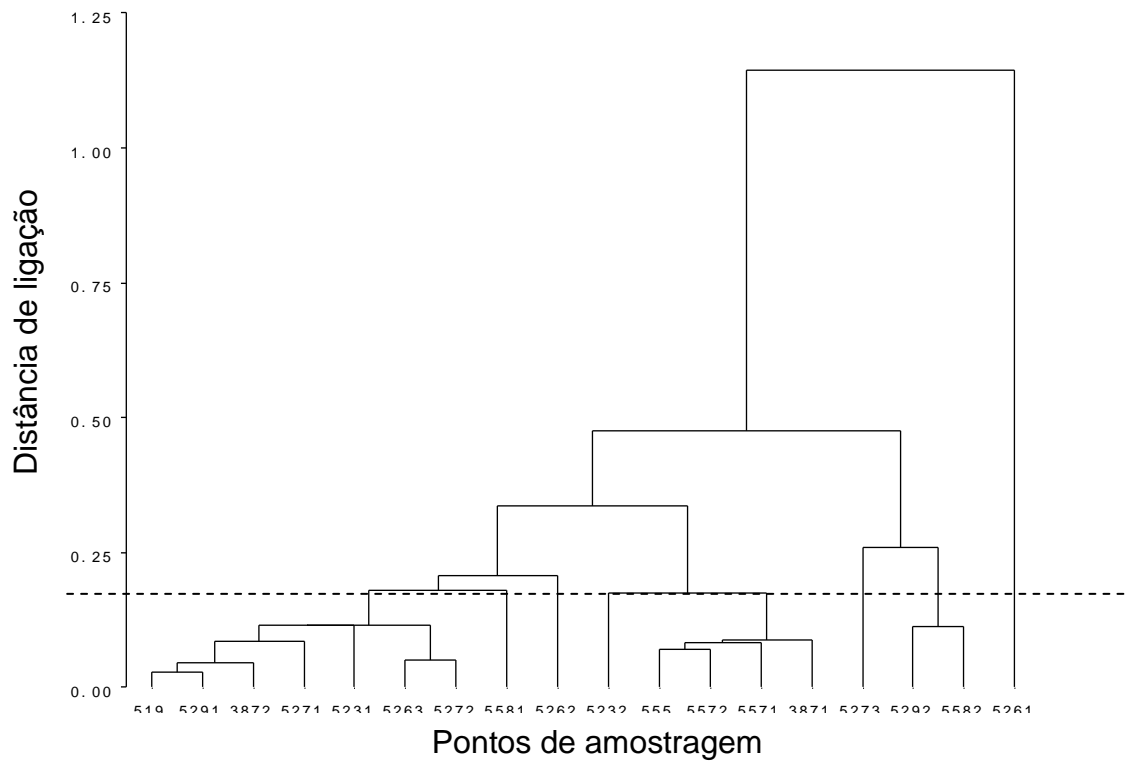


Figura 17 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.

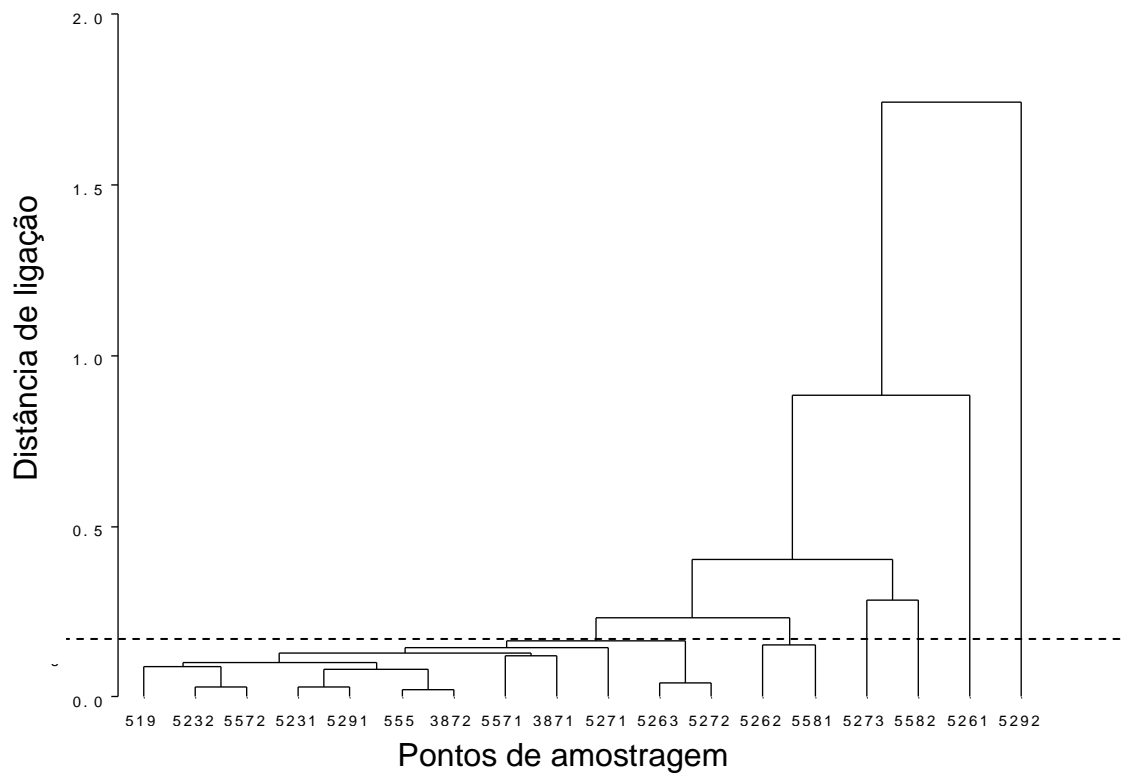


Figura 18 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila ($\phi < 0,002$ mm) nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.

Analisando os quatro dendogramas formados, o ponto 526-1 destaca-se por estar formando um grupo único, ou seja, ele difere isoladamente de todos os demais pontos amostrais. Este ponto corresponde a uma das localidades mais a montante de todos os pontos de amostragem e ao fundo da margem esquerda do corpo hídrico. O ponto caracteriza-se por alto teor de areia média.

Segundo Silva (2009) a região possui poucas concentrações da mata ciliar original sendo substituídas pelas culturas locais e inserção de gramíneas para pastagem, fato encontrado durante as visitas para realização deste estudo, tendo ao longo de toda a bacia áreas mais densas de vegetação na parte inferior da encosta o que faz com que a estrutura do solo se altere ao longo das localidades.

Com base na Figura 19 percebeu-se que com a densidade de partículas foi possível a formação de cinco grupos sendo o primeiro (ponto 519 até 523 – 2) com valores entre 2,58 e 2,63 Mg m^{-3} o que representa minerais como a albita, caulinita (para valores maiores que 2,60 Mg m^{-3}) e ortoclásio (valores até 2,60 Mg m^{-3}). O segundo grupo formado pelos pontos 526-1 e 527-2, com valores entre 2,67 e 2,68 Mg m^{-3} , mostra uma tendência, a presença de minerais como a caulinita e montmorilonita.

O terceiro grupo traz pontos com valores entre 2,51 e 2,54 Mg m^{-3} o que representa minerais como microclima, ortoclásio e novamente a montmorilonita, e o quarto grupo com valores entre 2,45 e 2,47 Mg m^{-3} representa minerais como a montmorilonita e por último o quinto grupo com o ponto 387-1 com densidade de 2,41 Mg m^{-3} que mesmo pertencendo a um grupo a parte por ser numericamente diferente dos demais.

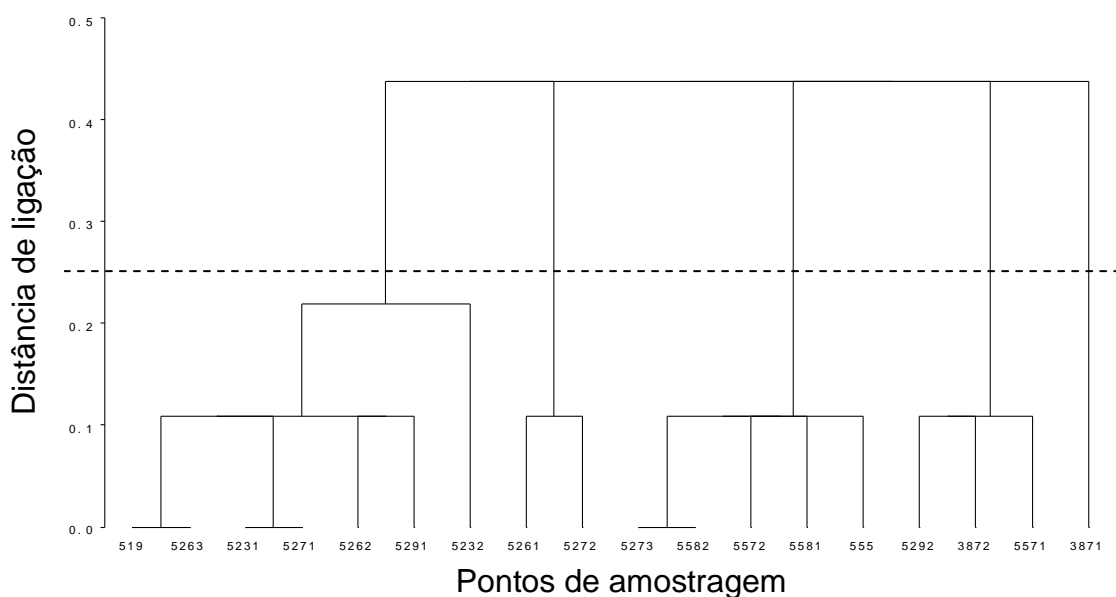


Figura 19 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade na densidade de partículas do solo nas margens expostas no arroio na área rural de Pelotas.

6.3 Características de sedimentos de estradas não pavimentadas

Na Tabela 20 encontram-se os resultados de distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação e densidade de partículas, onde foi possível identificar que os pontos 526, 527, 529, 530, 531 e 519 – 1, que foram coletados depositados na estrada, ou seja, com estrutura solta e diferente daquela que lhes deu origem, o que não garante sua origem exclusivamente do material desagregado da estrada, mas sim, o material que pelos diferentes fluxos são carreados até estas regiões. Esse fato explica os teores mais baixos de argila, pois, além de já estarem desagregados e com característica de grãos individualizados e soltos, todo o material argiloso, por seu menor diâmetro, já foi escoado para regiões de cotas mais baixas, deixando assim o material com textura mais grosseira.

Em contrapartida, percebe-se no ponto 519, na especificação 2 até 5 (519-2 a 519-5), que os teores de argila alcançam valores significativamente maiores, especialmente no ponto 519-5, este fato se deve ao local de coleta ter sido realizado no barranco em subsuperfície, obtendo os teores do perfil do solo, aparentemente já bem estabelecido e com pouco revolvimento.

De maneira geral, os teores de areia obtiveram médias semelhantes considerando todos os tamanhos das partículas, e se mantiveram com a mesma

tendência na maioria dos pontos, com valores inversamente proporcionais aos encontrados para os teores de argila.

Para a granulometria das amostras de estrada, de acordo com a classificação já mencionada por Pimentel-Gomes; Garcia (2002), os coeficientes de variação são considerados como muito altos para AMG, AG, AM, Silte e Argila e altos para AF e AMF, mostrando um comportamento melhor quando comparado com as amostras de margens, ou seja, considerando AF e AMF as amostras demonstraram uma variação menor.

É possível perceber novamente e confirmar a relação do grau de flocculação com a estruturação do solo já que, para o ponto 519-5, com teor de argila próximo a 42%, consequentemente de classe textural argila, alcançou valores de quase 100% de flocculação enquanto que o ponto de classe textural areia com cerca de aproximadamente 2,5% de argila demonstrou grau de flocculação de 61,42%. Este fato se deve novamente a capacidade de estruturação e cimentação da fração argila, pois, por possuir cargas positivas e negativas e maior área superficial específica, apresenta maior capacidade de agregação e estruturação que as partículas de maior tamanho.

As densidades das partículas mais uma vez caracterizaram os possíveis minerais presentes no solo, no entanto, algumas questões surgem através da análise de dados. Primeiramente, excluindo a possibilidade da montmorilonita, pontos como 527 e 529 apresentam possíveis minerais distintos entre si, o que evidencia sedimento depositado nas estradas que possuem origens mineralógicas completamente diferentes, consequentemente podem ter materiais recebidos de fontes também distintas.

Um segundo ponto a se observar, considerando o barranco que compreende os pontos 519-2 até 519-5, é que o material da estrada é diferente do perfil do barranco, dessa forma, a mineralogia também se alterou, passando de minerais como a caulinita, para a microclima ou ortoclásio.

Considerando a densidade de partículas, tem-se na Tabela 21 a correlação desta com as frações texturais do solo, podendo ser observado que, somente as frações de areia fina e argila correlacionaram significativamente conforme alteração da densidade, sendo a primeira inversamente proporcional e a segunda diretamente proporcional.

Tabela 20 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp), classe textural e estatística descritiva dos sedimentos depositados em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas.

Pontos	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila	GF	Dp Mg m ⁻³	Classe textural
	%										
526	62,55	3,47	6,15	12,03	18,45	22,45	27,21	10,24	73,87	2,57	Franco arenosa
527	72,07	8,52	11,05	16,50	21,40	14,60	18,57	9,37	70,81	2,52	Franco arenosa
529	91,65	19,92	25,07	20,47	15,72	10,47	5,88	2,48	61,42	2,62	Areia
530	65,53	12,62	11,12	10,88	15,43	15,48	27,05	7,42	67,67	2,60	Franco arenosa
531	65,25	12,23	12,28	11,35	13,57	15,82	27,37	7,38	34,88	2,59	Franco arenosa
519-1	71,64	21,18	15,78	12,55	12,28	9,85	16,48	11,87	98,33	2,59	Franco arenosa
519-2	44,21	7,55	7,15	7,00	10,63	11,88	27,02	28,77	99,72	2,68	Franco argilo arenosa
519-3	61,33	8,88	10,90	12,20	16,17	13,18	25,37	13,30	72,76	2,57	Franco arenosa
519-4	50,54	11,53	7,35	7,63	11,68	12,35	25,76	23,69	98,64	2,57	Franco argilo arenosa
519-5	33,29	5,58	5,43	5,43	8,00	8,85	24,39	42,31	99,67	2,63	Argila
Média	61,80	11,15	11,23	11,60	14,33	13,49	22,51	15,68	77,78	2,59	
Maior	92,35	30,80	26,70	21,50	23,50	23,20	28,83	43,02	99,81	2,70	
Menor	32,85	3,00	5,25	5,30	7,80	6,85	5,23	2,41	30,56	2,50	
DPad	15,68	6,38	5,66	4,39	4,04	4,04	6,78	11,80	20,75	0,05	
CV	25,36	57,25	50,46	37,85	28,18	29,95	30,13	75,27	26,68	1,86	

AT: areia total (ϕ 2,0 a 0,05 mm); AMG: areia muito grossa (ϕ 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (ϕ 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (ϕ 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (ϕ 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (ϕ 0,125 a 0,05 mm); Silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm), Argila (ϕ < 0,002 mm); Média, Maior, Menor: respectivamente valor médio, maior e menor valor considerando todo o conjunto de dados; DPad: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Tabela 21 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas e seu tamanho para sedimentos depositados em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas.

AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila
0,06 ns	0,02 ns	-0,32 ns	-0,59 **	-0,36 ns	-0,00 ns	0,40 *

AMG: areia muito grossa (\varnothing 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (\varnothing 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (\varnothing 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (\varnothing 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (\varnothing 0,125 a 0,05 mm); Silte (\varnothing 0,05 a 0,002 mm), Argila (\varnothing < 0,002 mm); ns: não significativo a 5% de significância; * e **: significativo a 5% e 1%.

Da mesma forma como realizado com as margens, de posse dos dados de granulometria, foi possível agrupar os pontos com características semelhantes entre si (Figura 20 a 23).

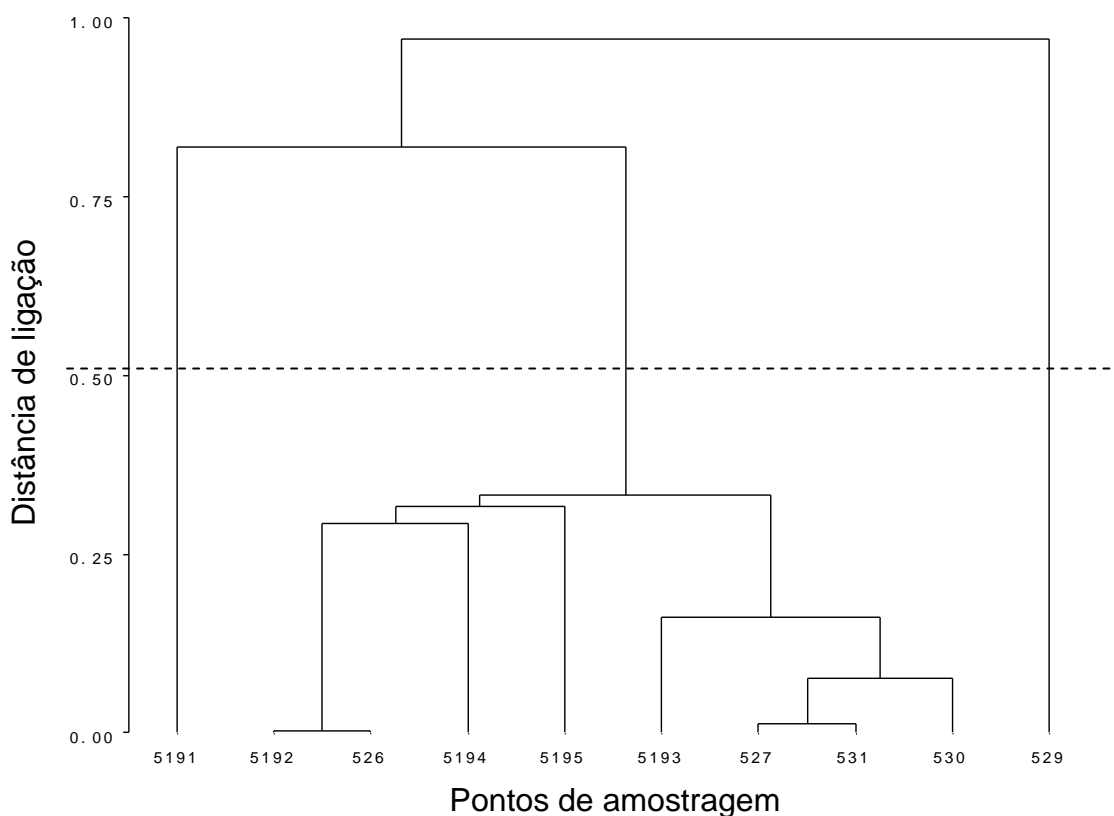


Figura 20 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (\varnothing 2,0 a 0,25 mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.

A Figura 20 demonstra os grupos formados com base na semelhança do somatório dos teores de areia mais grosseiras (AMG, AG, AM), obtendo o primeiro grupo unicamente com o ponto 519-1, com cerca de 50%, um segundo grupo abrangendo a maioria dos pontos, com teores entre 35,86% e 16,44%, e um terceiro contemplando o ponto 529 com maior teor de areia grossa. Novamente os grupos não foram formados setorizando espacialmente as localidades coletadas já que o

ponto 529 encontra-se na porção superior enquanto que o ponto 519-1 na porção inferior, estrada adjacente.

Já considerando o somatório das areias mais finas (AF, AMF), cinco grupos foram formados, salientando-se o grupo três, com ponto 526 com 40,90% de areia fina e o grupo cinco, com 16,85% de areia fina, o terceiro horizonte do ponto 519-5.

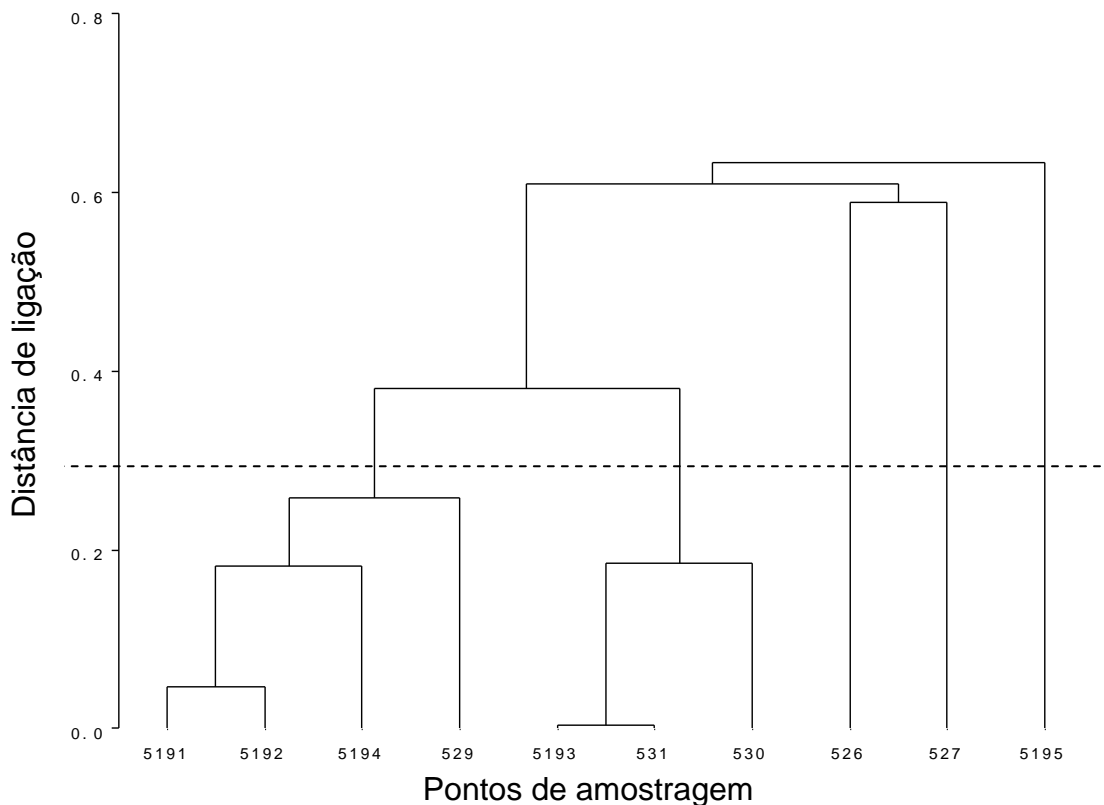


Figura 21 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (ϕ 0,25 a 0,05 mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.

Considerando a fração silte, o dendrograma formou 3 grupos sendo o primeiro com valores intermediários, ponto 519 com 16,48% e 527 com 18,57%, o segundo com valores maiores, no entanto com um grande número de pontos, e um terceiro englobando o ponto 529 com teor de 5,88% de silte.

Dos três grupos formados para a fração argila, dois deles são bem distintos, pois envolvem derivações do ponto 519 que, além de possuir material depositado, também avalia um perfil de barranco de estrada.

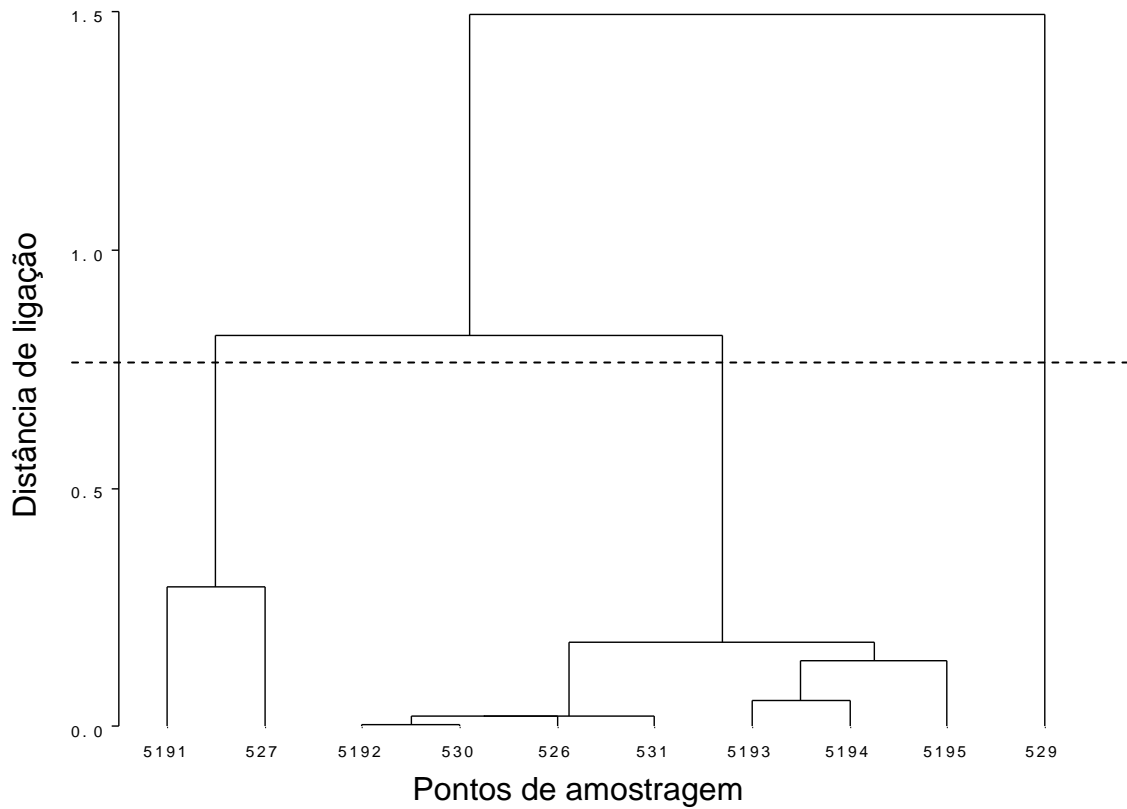


Figura 22 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (\varnothing 0,05 a 0,002 mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.

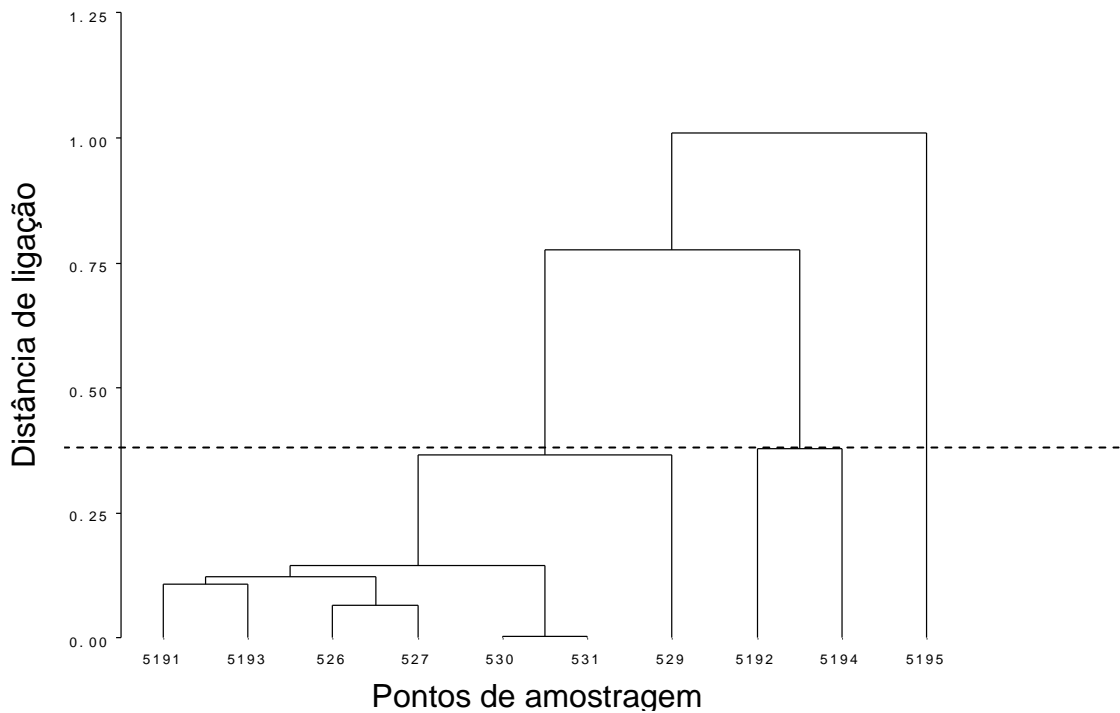


Figura 23 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila ($\varnothing < 0,002$ mm) de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.

A Figura 24 mostra os grupos formados com base na densidade de partículas, formando um grupo com o ponto 527 ($2,52 \text{ Mg m}^{-3}$), com o menor valor, outro grupo com o ponto 519-2 ($2,68 \text{ Mg m}^{-3}$), com o maior valor, e um terceiro com os demais pontos.

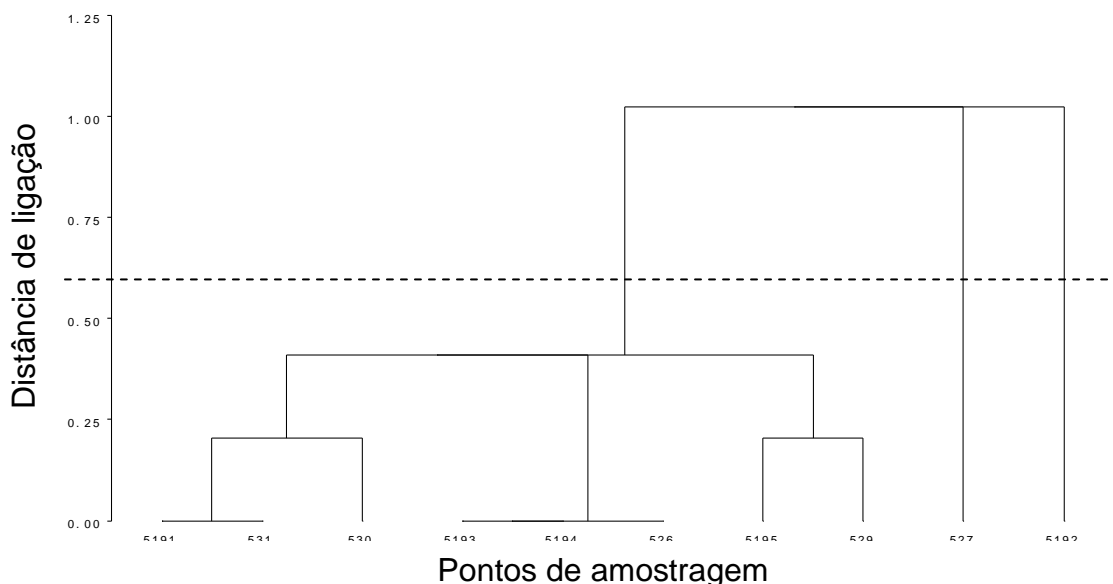


Figura 24 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade na densidade de partículas de sedimentos presentes em estradas rurais não pavimentadas na área rural de Pelotas.

6.4 Características dos sedimentos de depósitos fluviais dos arroios

A caracterização do sedimento de depósitos fluviais é de fundamental importância, pois, esse material é responsável pelo assoreamento dos rios, barragens e estuários. O movimento desses sedimentos em rios pode ocorrer de duas maneiras: transporte de sedimento em suspensão e transporte no leito. O transporte em suspensão é mantido pelo movimento da água, sendo constituído de partículas menores. Já o transporte de leito, caracteriza-se por ser basicamente governado pela gravidade, fazendo com que os sedimentos rolem, saltem e sejam arrastados pelo fluxo, sendo este o modo de transporte das partículas maiores (CAMPOS; FREITAS, 2007).

A Tabela 22 apresenta a granulometria das amostras de sedimento de depósitos fluviais, apresentando um perfil prioritariamente mais arenoso ao longo dos pontos amostrados.

Tabela 22 – Distribuição do tamanho de partículas, grau de floculação (GF), densidade de partículas (Dp), classe textural e estatística descritiva dos sedimentos de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas.

Pontos	AT	AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila	GF	Dp Mg m ⁻³	Classe textural
	%										
519	89,00	31,53	27,50	16,85	10,20	2,92	6,83	4,17	54,05	2,63	Areia
523	98,79	21,90	43,18	28,43	4,05	1,23	0,60	0,61	79,18	2,65	Areia
526	98,34	48,00	24,63	18,46	5,88	1,37	1,20	0,46	69,71	2,65	Areia
527-1	98,05	34,40	34,39	20,64	6,77	1,85	1,38	0,57	79,01	2,67	Areia
527-2	95,06	24,75	25,58	31,98	11,33	1,42	4,13	0,81	76,72	2,68	Areia
529	91,80	3,95	35,42	39,82	9,38	3,23	1,72	6,48	68,84	2,62	Areia
555	97,94	11,77	34,62	38,67	11,66	1,22	1,40	0,66	78,61	2,55	Areia
557	98,41	37,35	53,52	5,40	1,32	0,82	1,26	0,33	62,45	2,70	Areia
558	99,48	53,28	38,82	5,35	1,61	0,42	0,36	0,16	26,56	2,68	Areia
Média	97,23	31,87	34,61	22,21	6,78	1,49	2,24	1,00	67,28	2,65	
Maior	99,80	62,95	58,10	43,10	13,60	3,50	7,68	4,27	85,45	2,70	
Menor	88,25	3,45	22,60	3,10	0,70	0,10	0,09	0,10	20,31	2,53	
DPad	2,94	16,49	8,54	12,44	4,00	0,92	2,13	1,14	15,82	0,05	
CV	3,02	51,76	24,68	56,01	59,08	62,04	95,25	114,39	23,51	1,84	

AT: areia total (ϕ 2,0 a 0,05 mm); AMG: areia muito grossa (ϕ 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (ϕ 1,0 a 0,5 mm); AM; areia média (ϕ 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (ϕ 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (ϕ 0,125 a 0,05 mm); Silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm), Argila (ϕ < 0,002 mm); Média, Maior, Menor: respectivamente valor médio, maior e menor valor considerando todo o conjunto de dados; DPad: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Percebe-se uma relação espacial entre as frações granulométricas pois, o ponto que apresenta maior teor de areia muito grossa localiza-se mais próximo ao ponto considerado como jusante dos pontos de amostragem e o ponto com maior teor de areia muito fina encontra-se mais a montante. A granulometria do ponto 529 está associada possivelmente a granulometria das margens do entorno (Tabela 18) que possui característica mais argilosa, ou ainda por uma maior preservação das margens da localidade.

Com base no transporte de sedimentos, conforme descrito pelos autores Leandro; Souza (2012) que realizaram a caracterização do sedimento de fundo no Rio Paraguai, também encontraram maiores teores de material mais grosseiro, como a fração areia, o que promove o processo de transporte de sedimentos, salientando ainda a facilidade com que são removidos devido a alteração dos volumes de água, ocorrência de cheias e estiagens, e ainda a atividade antrópica da região, provocando o processo de ressuspensão e ainda alterando as formas das calhas dos rios. O sedimento dos depósitos fluviais é caracteristicamente mais grosseiro pois este material é o mais difícil de ser transportado, podendo estar associado também a geologia local, sendo que possivelmente a fração silte e argila estejam se deslocando em suspensão para regiões a jusante.

A Tabela 22 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** demonstra a ocorrência absoluta da classe textural areia nos sedimentos de depósitos fluviais do arroio, no entanto, o grau de flocculação varia significativamente, partindo de médias como no ponto 558 de 26,56% até 79,18% no ponto 523. Este fato é explicado pelas condições diversas entre as localidades, como o fato de estar em regiões opostas do trajeto coletado, e ainda pelos pontos 526, 527 e 529 fazerem parte de um afluente do curso principal, podendo estar arrastando materiais com outras condições.

De acordo com valores apontados por Kiehl (1979), os sedimentos de depósitos fluviais apresentam minerais como calcedônia, quartzo, albita, haloisita, microclima e ortoclásio, além de, na sua grande maioria, apresentar densidades que englobam minerais como caulinita e montmorilonita.

O ponto 555 apresentou comportamento que difere de todos os outros já apresentados até aqui, apresentando tendência a minerais como biotita, muscovita, sericita e talco, possivelmente relacionado ao alto teor de areia fina.

Na Tabela 23 são apresentados os dados de correlação entre densidade de partículas e granulometria. Considerando os baixos teores das frações mais finas,

era de se esperar uma relação não significativa, já que a participação dessas granulometrias não é expressiva na composição do sedimento. As correlações significativas ficaram por conta da areia muito grossa, com uma correlação positiva, e negativa entre AM e AF.

Tabela 23 – Correlação de Pearson entre densidade de partículas e seu tamanho para sedimento de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas.

AMG	AG	AM	AF	AMF	Silte	Argila
0,50 **	0,15 ns	-0,54 **	-0,44 *	-0,16 ns	-0,19 ns	-0,27 ns

AMG: areia muito grossa (\varnothing 2,0 a 1,0 mm); AG: areia grossa (\varnothing 1,0 a 0,5 mm); AM: areia média (\varnothing 0,5 a 0,25 mm); AF: areia fina (\varnothing 0,25 a 0,125 mm); AMF: areia muito fina (\varnothing 0,125 a 0,05 mm); Silte (\varnothing 0,05 a 0,002 mm), Argila (\varnothing < 0,002 mm); ns: não significativo a 5% de significância; * e **: significativo a 5% e 1%.

De acordo com a Figura 25 os sedimentos de fundo podem ser separados em 3 grupos distintos com base no teor de areia grossa, sendo o primeiro com a maior quantidade de pontos, com teores entre cerca de 89% a 97% de areia grossa (AMG, AG, AM). Este grupo apresenta os pontos com os maiores teores das frações grosseiras e estão espacialmente distribuídas, sendo o ponto mais a montante com o menor teor do grupo e o mais a jusante com maior teor.

O segundo grupo, formado pelos pontos com teores médios, entre 79,19% e 85,06%, demonstraram pontos também dispersos espacialmente, mas, diferente do grupo 1, este mostrou uma tendência relacionada a altitude dos pontos coletados onde o ponto 529 apresentou o menor valor e estava a 64m de altitude e o ponto 555 a 44m de altitude com o maior conteúdo de areia grossa.

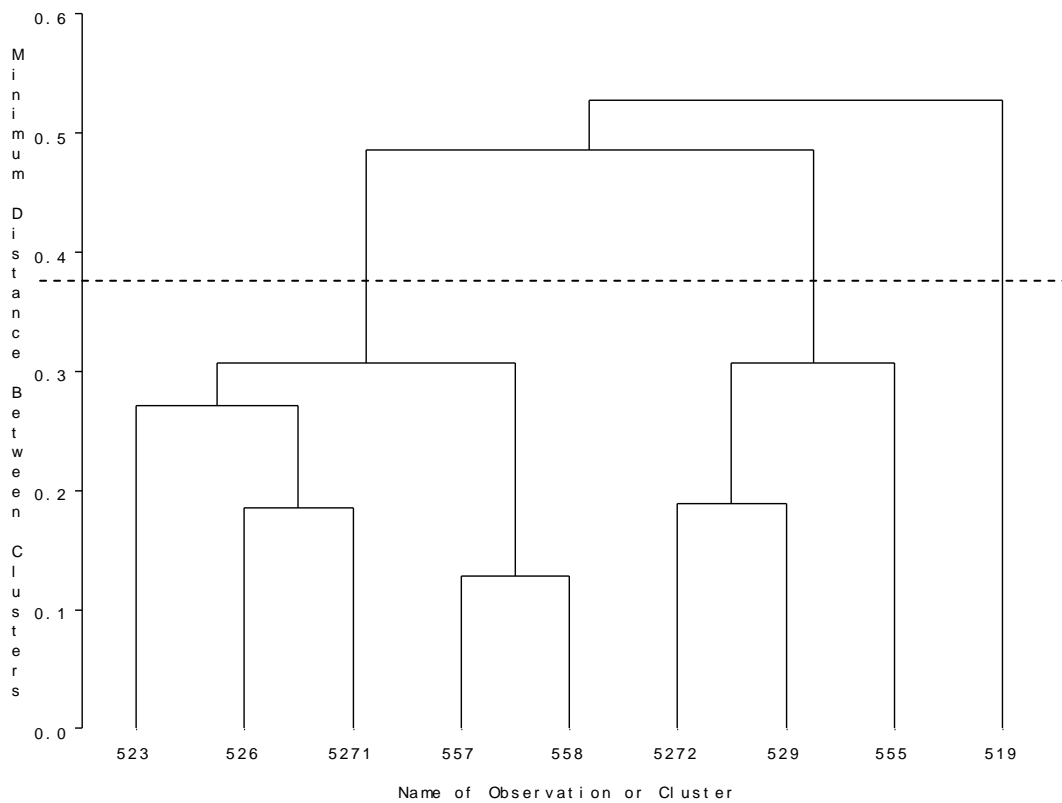


Figura 25 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (ϕ 2,0 a 0,25 mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.

Para a fração areia fina (AF, AMF) são apresentados dois agrupamentos, sendo o grupo um o mesmo formado para as frações mais grosseiras, e o grupo dois todos os demais pontos. Para este caso é possível perceber uma forte similaridade entre os pontos do segundo grupo.

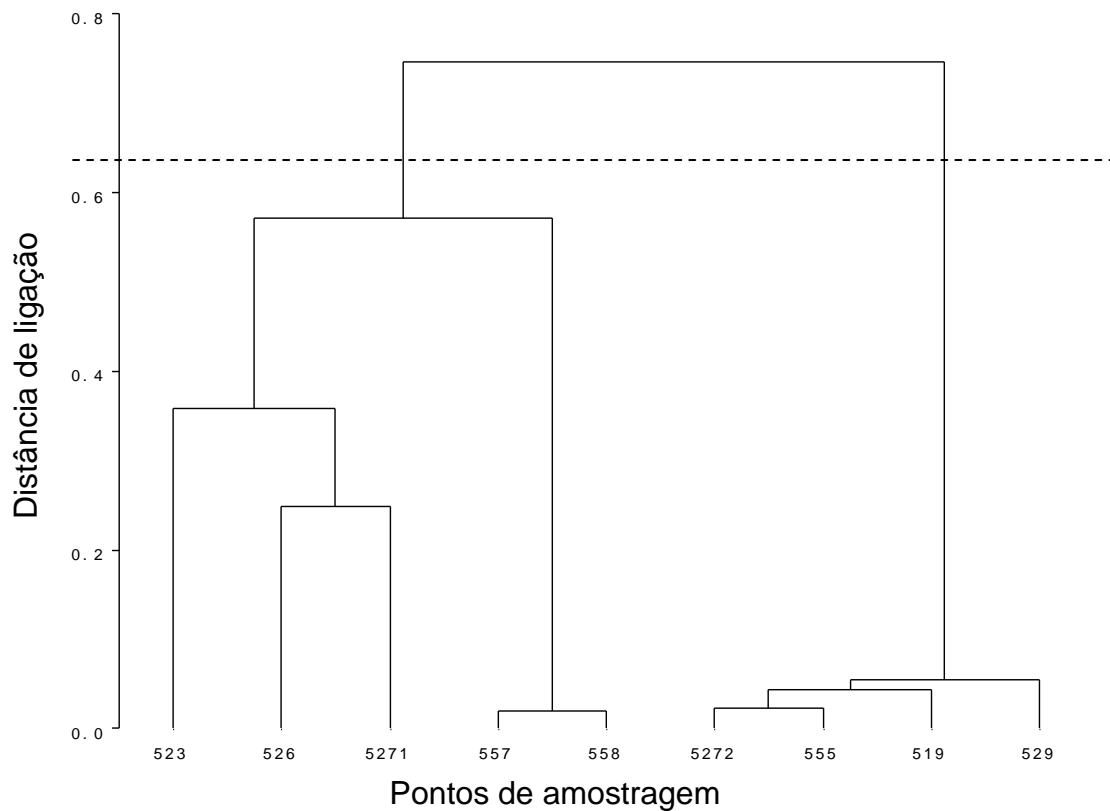


Figura 26 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (\varnothing 0,25 a 0,05 mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.

As Figura 27 e 28 demonstram os agrupamentos para os teores de silte e argila consecutivamente. Para a fração silte tem-se a estruturação de três grupos enquanto que para a fração argila, dois grupos foram formados. Percebeu-se para esses dois casos, juntamente com o demonstrado pela Figura 25, que o ponto 519 possui características que difere dos demais, já que se organiza em separado dos demais pontos. Esta singularidade pode ser atribuída ao fato deste ponto estar localizado em um afluente do curso principal, tendo como contribuição propriedades e localidades diferentes dos outros pontos de amostragem.

Diferente das granulometrias anteriores, o silte apresenta tendência a formar em um mesmo grupo os três pontos coletados no centro do leito, com menores teores, mostrando que, possivelmente ou esta fração é originária das estradas, margens e pastagem/lavoura e/ou que pelo tamanho da partícula o que se desprende dos demais pontos encontra-se dissolvida e não sedimentada.

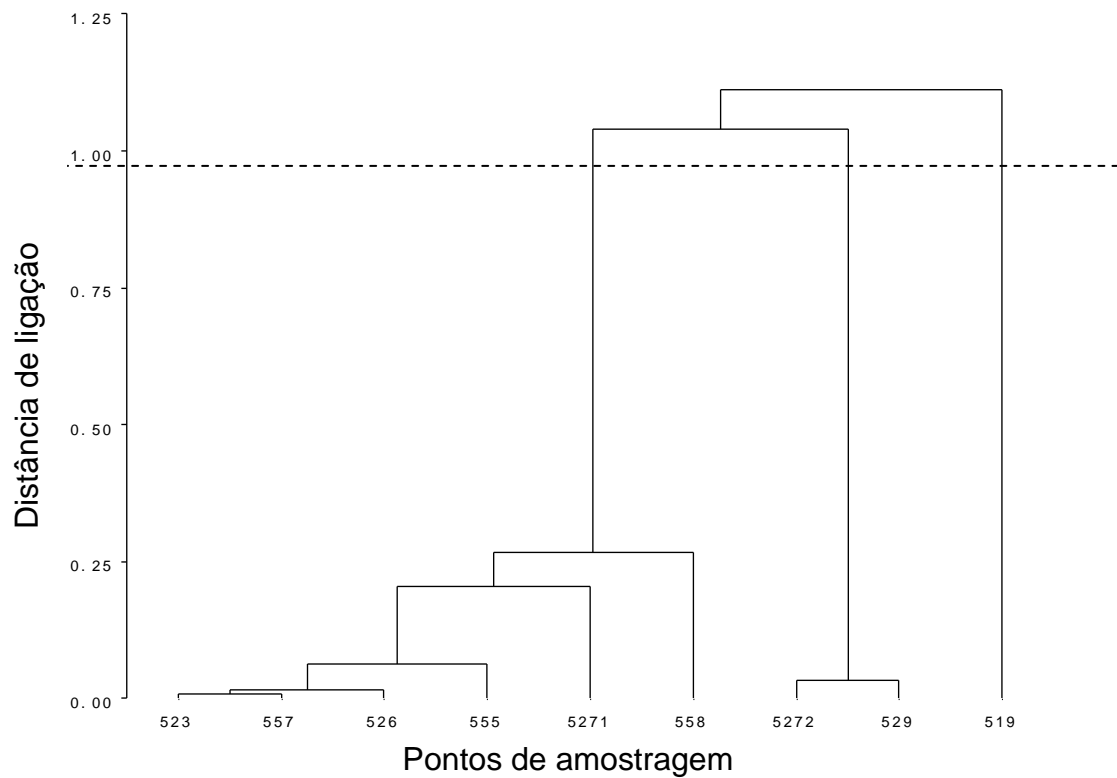


Figura 27 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (\varnothing 0,05 a 0,002 mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.

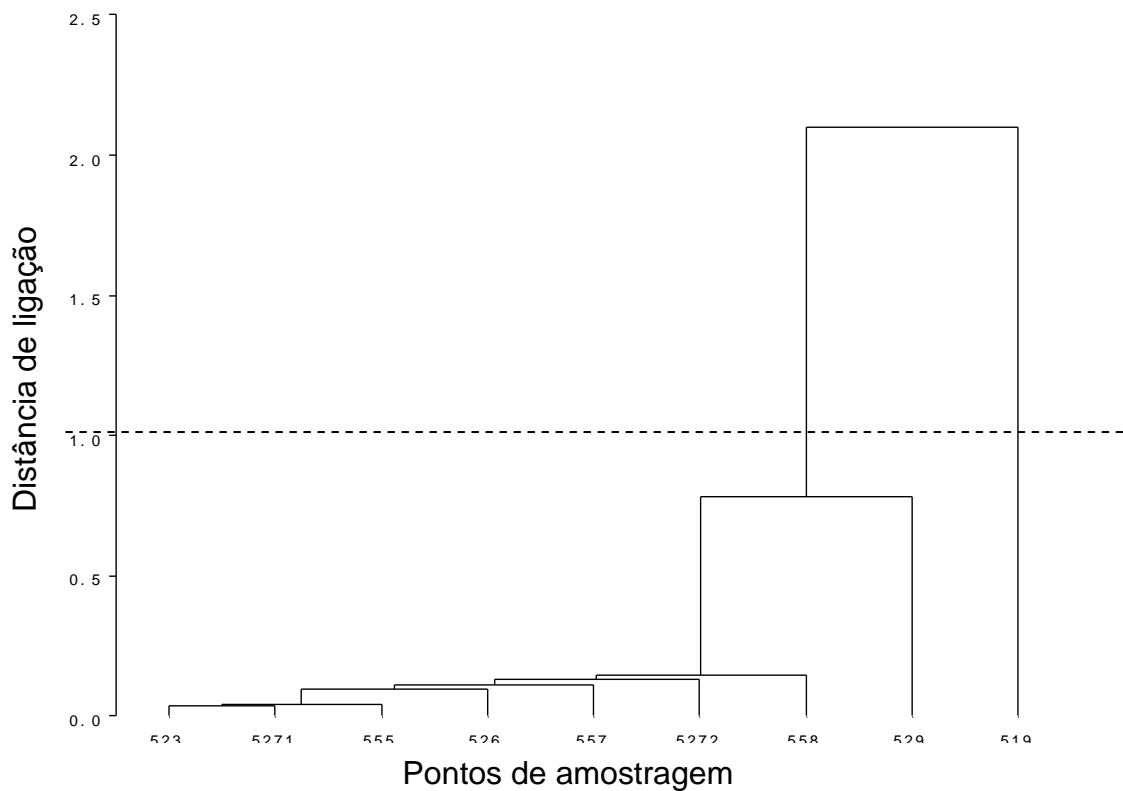


Figura 28 - Dendograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila ($\varnothing < 0,002$ mm) de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.

Para a densidade de partículas foram formados cinco grupos conforme a Figura 29, sendo os dois grupos com um único ponto espacialmente próximos e, os dois pontos coletados no mesmo local, 527-1 e 527-2, meio e lado esquerdo do arroio respectivamente, encontram-se em um mesmo grupo o que demonstra a estabilidade da mineralogia na região.

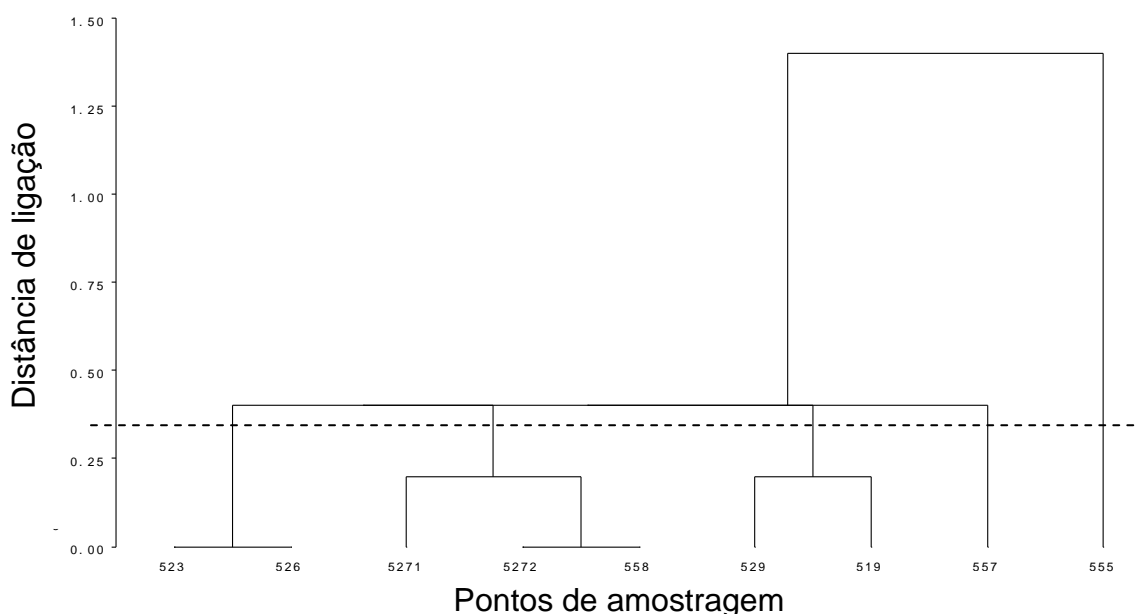


Figura 29 - Dendrograma dos pontos de amostragem, agrupando-os de acordo com a similaridade na densidade de partículas de sedimentos presentes no fundo do arroio na área rural de Pelotas.

6.5 Análise de agrupamento e discriminante das fontes de sedimentos

Com base nos dados obtidos através do levantamento das características dos solos das pastagens e lavoura e margens dos arroios, e dos sedimentos de estradas e dos depósitos fluviais dos arroios, nesta parte do trabalho foi feita a associação entre as localidades e as fontes em potencial para que sejam iniciados os levantamentos de dados da região na tentativa de auxiliar nos estudos futuros.

Cabe salientar que para as áreas de pastagem/lavoura foi utilizado na análise de agrupamentos apenas o solo da camada superficial (0-0,10 m).

Minella; Merten (2011) tratam do monitoramento de bacias hidrográficas e relacionam os impactos ambientais, sejam eles físicos, químicos ou biológicos, com o processo de erosão observado nas áreas de lavoura, estradas e construções. Conseqüentemente, este processo está intimamente ligado à produção de sedimento. O estudo realizado na área traz compreensões quanto a fatores controladores de erosão e transporte de sedimento, proporcionando, também, o

conhecimento da ligação entre calha de recebimento e vertente (exutório e nascentes).

Considerando que a constituição granulométrica das propriedades rurais, das margens e das estradas difere entre si e que a areia é a principal responsável pela identificação da mineralogia, os dados obtidos permitem uma discriminação entre as localidades. Esta diferenciação e possibilidade de identificação também foram observadas, considerando as frações finas do solo, por Minella (2003) ao evidenciar diferença significativa entre os teores de argila entre as lavouras e poteiros não sendo comparada as regiões de estradas uma vez que estas representam uma granulometria de subsolo, por já ter tido parte retirada para aprofundamento ou com material de empréstimo.

A Figura 30 representa o agrupamento da areia grossa ($AMG + AG + AM =$ partículas com diâmetro entre 2 a 0,25 mm) tendo sido formados três grandes grupos. O terceiro grupo formado representa a união de todos os pontos com amostras de sedimento de depósitos fluviais (especificação 4), juntamente com o ponto 529 coletado na estrada e 526-1 coletado na margem. Estes dois pontos encontram-se mais a montante da região amostral da bacia o que permite inferir que ao longo de toda a rede amostral de sedimento de depósitos fluviais existe semelhança com os pontos mais acima, demonstrando a influência e as grandes distâncias percorridas pelo material erodido. A característica desse agrupamento é o elevado teor de areia grossa, com valores superiores a 65%.

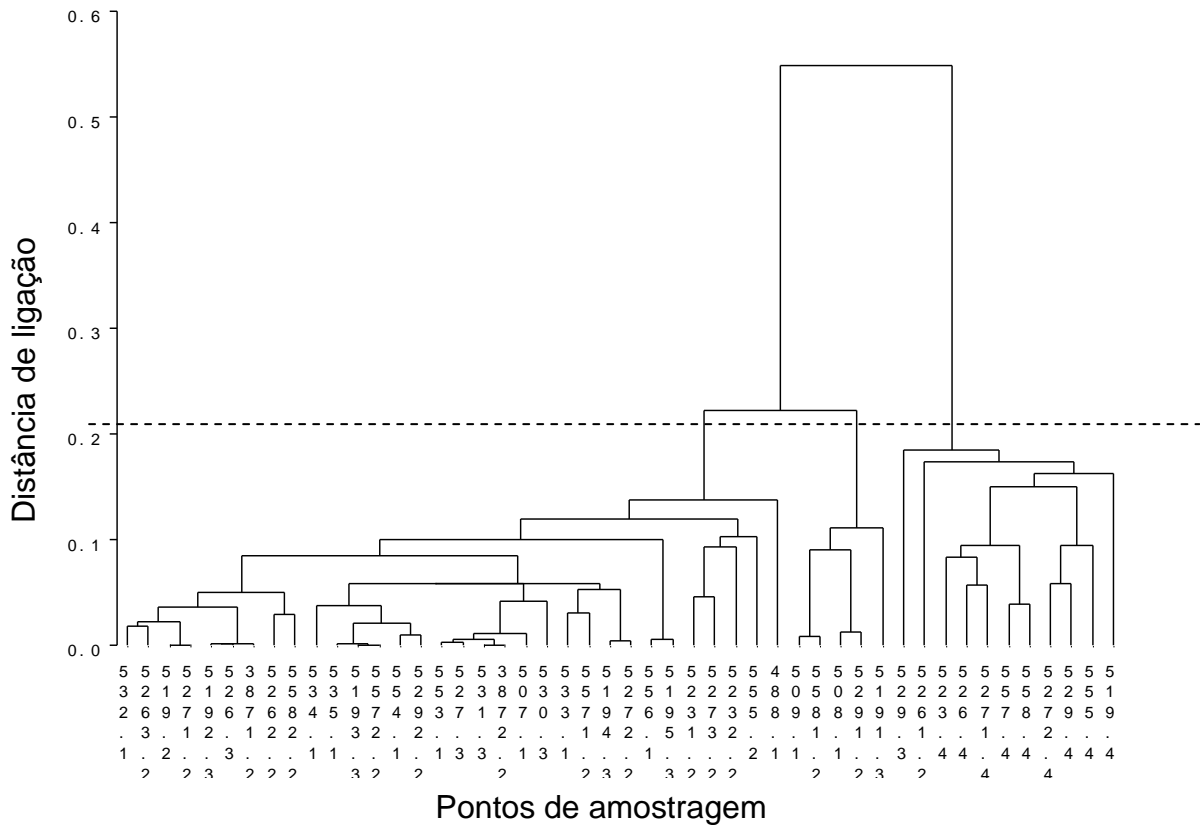


Figura 30 - Dendrograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia grossa (ø 2,0 a 0,25 mm).

Os dois pontos que se assemelham ao sedimento de depósitos fluviais possuem classificação arenosa com teores de 65,46% e 70,83%, ambos quando analisados nos seus grupos amostrais demonstraram perfis diferentes ficando separados dos demais pontos o que já permite observar os compartimentos mais suscetíveis à erosão hídrica e a possibilidade de evidência dos pontos mais críticos em cada uma delas.

Na fFigura 31 foi possível perceber a semelhança a partir da areia fina (AF + AMF = partículas com diâmetro entre 0,25 a 0,05 mm) entre todos os pontos, sendo que as amostras de depósitos fluviais possuem relação com os pontos 519-5 e 529-2, sendo estrada e margem respectivamente. O ponto coletado na estrada representa o horizonte B em perfil de barranco sendo então já caracterizado como solo ainda não revolvido e intrínseco ao local, no entanto, por estar desprotegido e tendo frações mais finas tendendo a ser possivelmente um horizonte B textural traz uma maior suscetibilidade a erosão. De maneira semelhante, o ponto 529-2, coletado na margem, representa uma camada subsuperficial, demonstrando então

que as frações mais finas de areia que aportam e sedimentam no leito do arroio, são oriundas das camadas mais inferiores sendo necessária a tomada de decisão para a identificação do melhor manejo para os solos com foco em profundidade.

De igual maneira, estes dois pontos quando analisados em separado, demonstraram características diferente das demais amostras, apresentando teores de areia fina em torno de 14%.

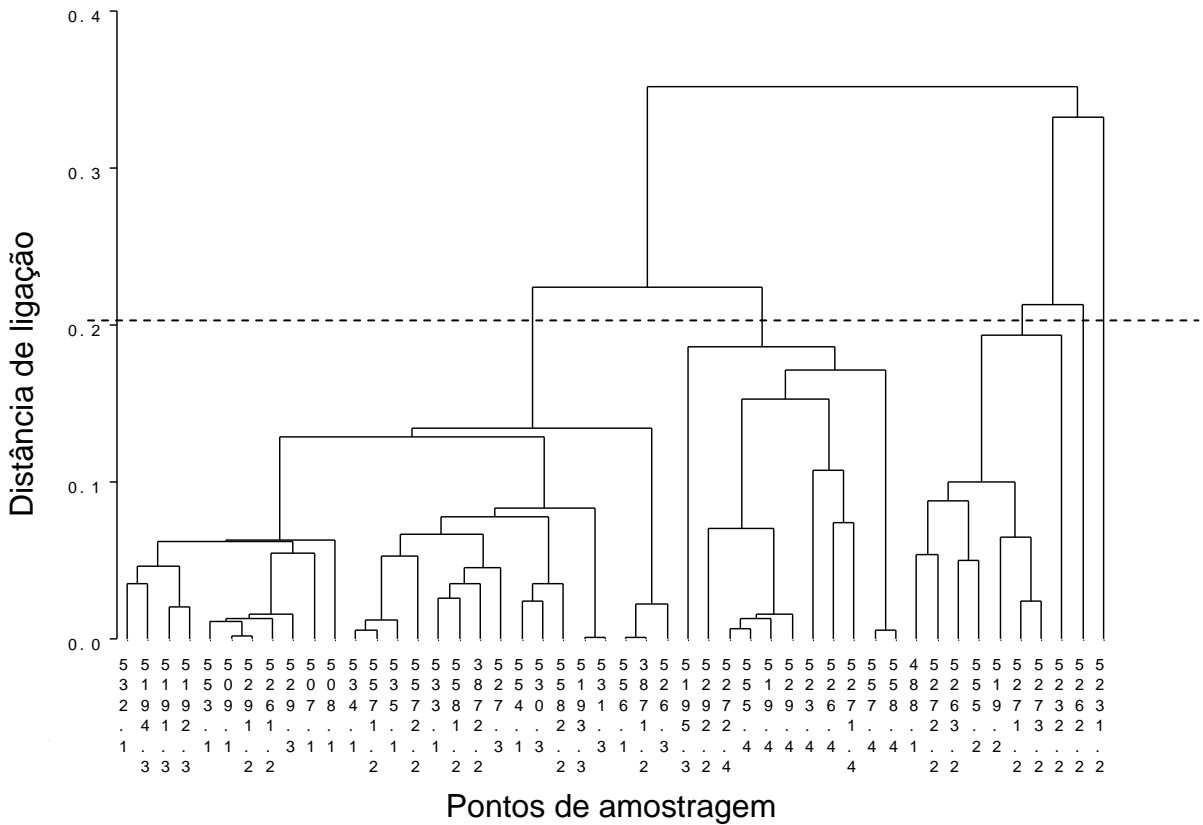


Figura 31 - Dendrograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de areia fina (ø 0,25 a 0,05 mm).

Para os teores de silte (Figura 32) os agrupamentos foram feitos de forma semelhante a areia grossa, agrupando o ponto 529 (sedimento de estrada) e 526-1 (margem de arroio) aos sedimentos de fundo. Este agrupamento é caracterizado por baixos teores de silte, menores que 7%.

Pela participação das margens como fornecedoras de material e conseqüentemente causadoras de assoreamento e outros impactos ambientais, faz-se necessária a compreensão e aplicação de formas corretas de manejo,

principalmente nas propriedades onde se percebe a utilização das áreas protegidas por lei como local para expandir áreas tanto para pastagem quanto para a agricultura assumindo que, determinadas regiões possuem, além de ambiental, significado social e econômico atuando diretamente nas perdas de solo por desmoronamento e alteração direta dos canais fluviais.

A erosão das margens também está associada às dinâmicas dos canais nas bacias hidrográficas e conseqüentemente com o aporte de sedimento, tendo como principais fatores de remoção de solo a geometria e sinuosidade do canal, morfologia e composição gravimétrica dos taludes, além da velocidade e vazão no curso d'água (SOUZA; CUNHA, 2007; HOLANDA et al., 2009). Silva et al. (2007) estudaram o Rio Paraguai na seção do município de Cáceres, Mato Grosso, e em monitoramento evidenciaram o recuo da margem direita, local de maior velocidade do curso d'água estudado, alcançando valores entre 1m e 5m e considerando a localização e os usos do entorno, demonstrando a importância do planejamento urbano e da conscientização dos moradores do entorno.

Esta preocupação é corroborada por Oliveira et al. (2012) pois, considerando as diversas formas de uso e manejo do solo em condições agrícolas, pesquisaram a suscetibilidade quanto à perda de solo em condições distintas do solo na região Centro-Norte do Rio Grande do Sul. Analisando a estabilidade dos agregados do solo, a energia cinética envolvida na chuva simulada e escoamento, e ainda a taxa de desagregação, concluíram que, quando em condições de mata nativa, o solo necessita do dobro de energia para desagregar uma mesma quantidade de solo quando comparado ao plantio convencional, onde existe revolvimento do solo para seu uso, e também com o plantio direto, onde não existe revolvimento do solo e ocorre sucessiva cobertura vegetal, evidenciando assim, uma suscetibilidade maior a erosão causada pela precipitação em áreas sem proteção de vegetação nativa.

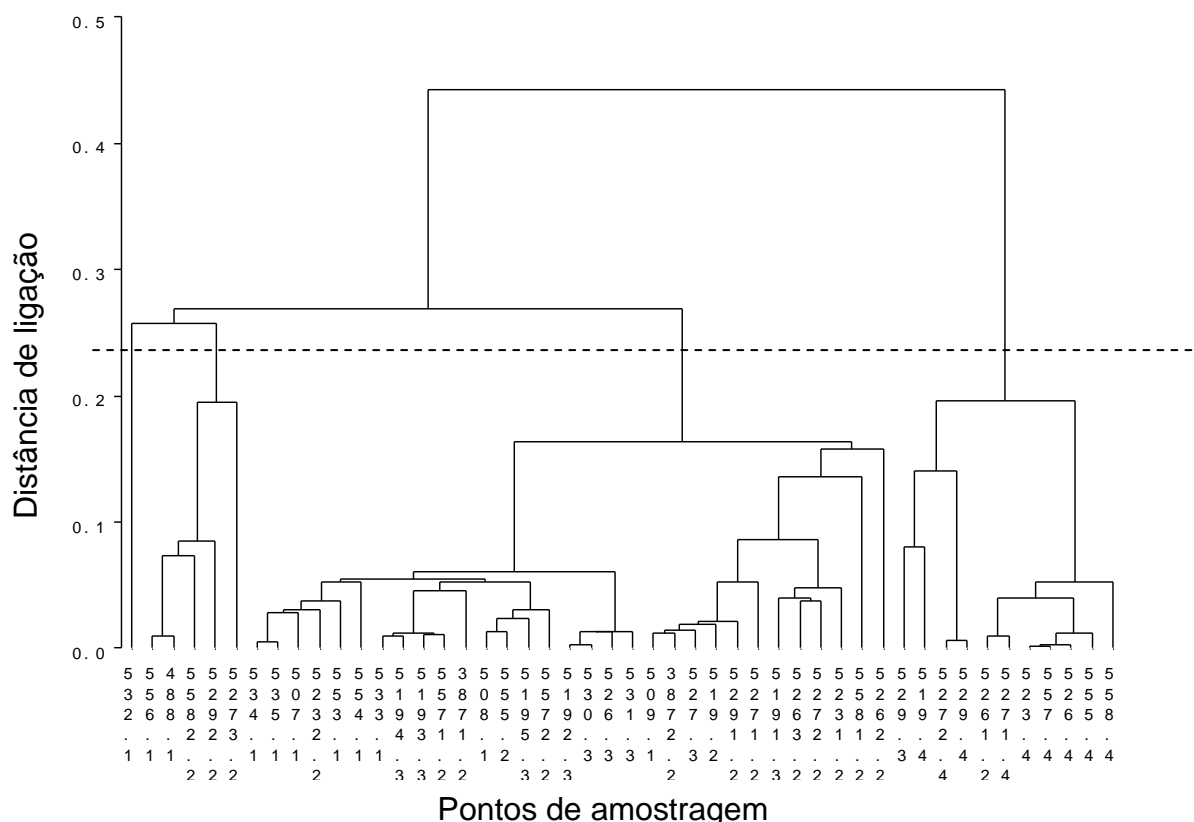


Figura 32 - Dendrograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de silte (ϕ 0,05 a 0,002 mm).

A Figura 33 traz o agrupamento da fração argila, onde foram formados dois grupos associados aos sedimentos de depósito fluvial, um deles com os pontos 526-2 e 558-1, ambos de margem de arroio agrupados com o ponto 519 de sedimento de depósitos fluviais, com teores de argila entre aproximadamente 4 e 6%. O outro grupo foi formado pelos pontos 529 (sedimento de estrada) e 526-1 (margem de arroio) com os demais pontos de sedimento de depósitos fluviais, com teores de argila menor que 2%. A divisão realizada para a formação dos grupos não apresentam sentido quanto a distribuição espacial, este fato pode se dar pelos baixos teores de argila que o sedimento de depósitos fluviais apresenta.

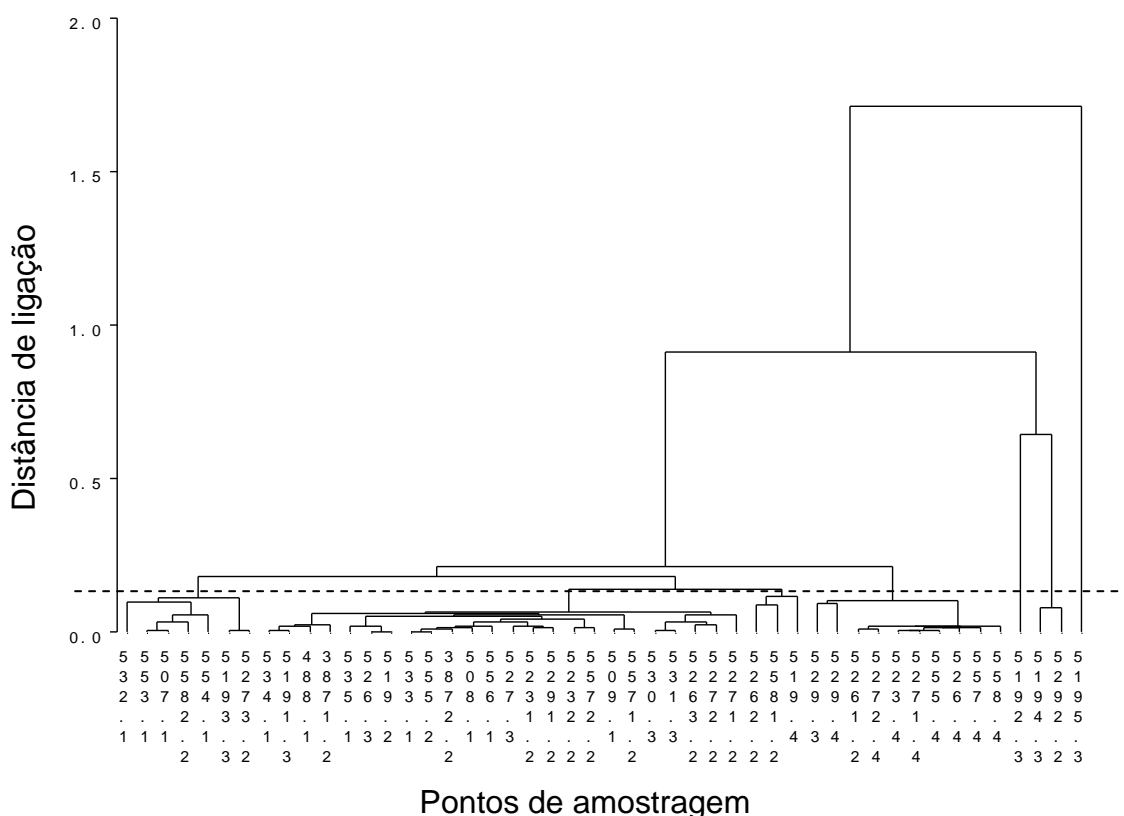


Figura 33 - Dendrograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade no teor de argila ($\phi < 0,002$ mm).

Com base nos dendogramas apresentados percebeu-se a semelhança prioritária das margens e estradas na composição do sedimento de depósitos fluviais. Verificou-se pela pesquisa de Minella et al. (2007) quando utilizaram características químicas dos sedimentos das áreas estudadas, que se discriminavam significativamente, para identificação das fontes de sedimentos, uma evidente participação em ambas as bacias hidrográficas estudadas as lavouras como as que mais contribuíram para o aporte de sedimento em função da falta de práticas conservacionistas quanto ao uso do solo, seguida das estradas, pela declividade e grande comprimento, e por último as redes fluviais. Mesmo identificando as lavouras como principais fontes, os autores lembram que o monitoramento da erosão em estradas é de fundamental importância, pois, mesmo tendo 25 vezes menos área do que as áreas de agricultura, as estradas corresponderam a um terço da produção total de sedimentos. Vale lembrar que esta pesquisa possibilitou além de qualificar a produção também quantificou as contribuições.

Utilizando a caracterização pela densidade de partícula percebeu-se a inclusão de novos pontos no dendograma, inclusive a afinidade entre sedimento de depósitos fluviais e áreas de pastagem, através da formação de cinco grupos, desconsiderando aqueles que não possuem relação com sedimento de depósitos fluviais (Figura 34).

Espacialmente, assumindo os pontos agrupados, pode-se perceber a existência de setores com características de solo semelhantes para densidade de partículas já que, por exemplo, como mostra o primeiro grupo, pontos 554.1, 519-5.3, 529.2 e 519.4, e grupo três, pontos 508.1 e 555.4, não demonstram relações prováveis.

A oscilação espacial dos agrupamentos também pode estar relacionada, conforme Bartels et al. (2013), pela pouca estabilidade dos depósitos fluviais de sedimentos, o que facilita a mistura de material conforme as vazões de cheias e secas.

O agrupamento para densidade de partículas pode não auxiliar na efetiva discriminação de fontes de sedimento, pois não foi observado ao longo de todas as amostras analisadas grandes variações dos resultados pela região estudada ser pequena e apresentar possivelmente o mesmo material de origem, fato contrário ao que aconteceria na identificação utilizando o levantamento de Pedron; Azevedo; Dalmolin (2012) onde foi encontrado diferença de mineralogia entre horizontes, pela ação do clima na aceleração da intemperização em determinados locais de análise com o foco em uma climo-litosequencia.

Segundo Minella (2003) a ocorrência de um mesmo material de origem e tamanho da bacia não foi limitante para a identificação de fontes de sedimento, no entanto, foram utilizadas para esta pesquisa características geoquímicas que permitem uma investigação das partículas menores e por estas manterem em sua composição um histórico significativo de seu local de origem.

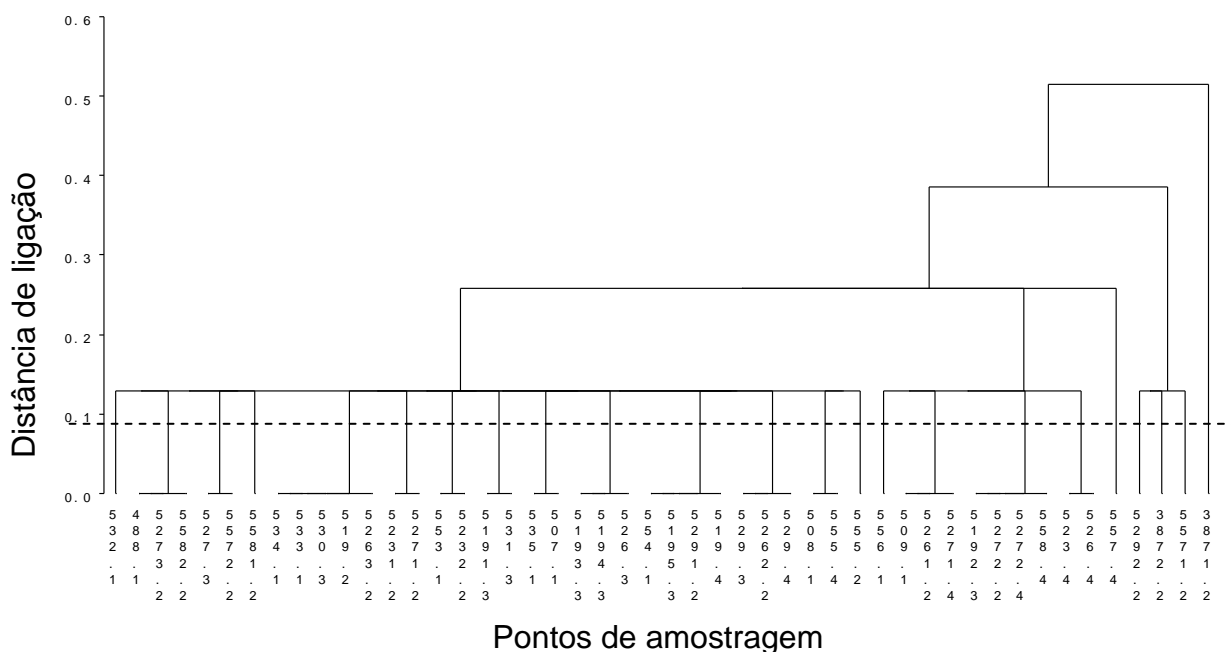


Figura 34 - Dendrograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade de densidade de partículas.

Considerando que a fração argila encontra-se no ambiente sem dispersão com auxílio de soluções químicas, podendo estar aderida a areia ou ao silte, faz necessário o estudo da argila dispersa em água também.

Com isso na Figura 35 são apresentados os grupos formados por semelhança da do teor de argila dispersa em água, sendo que a relação com sedimento de depósitos fluviais é apresentada em dois grupos, sendo eles, o primeiro compreendendo o ponto 533 (pastagem) e 519 (sedimento de depósito fluvial) e o segundo todos os demais pontos de sedimento de depósitos fluviais juntamente com os pontos 519-1, 519-2, 519-5 e 519-4, ambos sedimentos de estrada e 526-1 referente ao solo da margem. Com estes novos agrupamentos percebe-se a inclusão de novos pontos e similaridade com a pastagem.

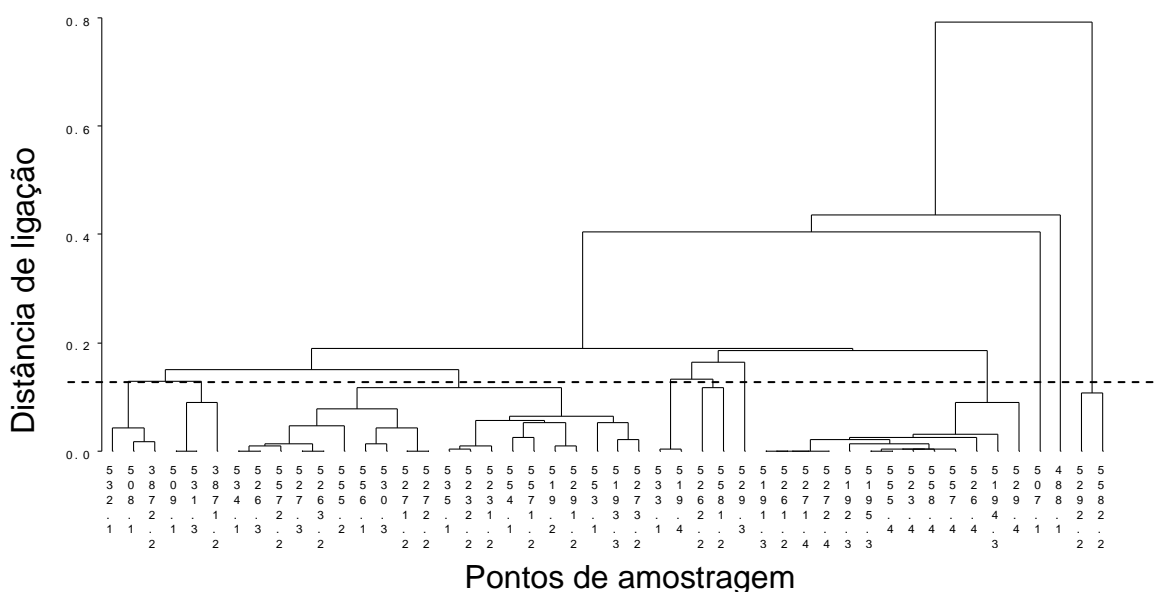


Figura 35 - Dendrograma dos pontos de amostragem (pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4), agrupando-os de acordo com a similaridade de argila dispersa em água.

Por fim, foi realizada análise estatística multivariada através da análise de componentes principais buscando verificar quais parâmetros demonstraram maior significância na região bem como a relação destes com os pontos coletados.

A análise dos fatores, dada pela

Tabela 24, mostrou as variáveis e seus fatores sendo que, para este caso foram escolhidos somente os dois primeiros por ter uma explicação acumulada de mais de 70% dos resultados. Esta escolha foi tomada, pois, segundo Guedes et al. (2012) esta análise estatística busca reorganizar o grupo original de variáveis em um novo grupo com as características mais importantes e, possui um grau de explicação decrescente, ou seja, o primeiro fator busca a explicação máxima das variáveis, já o segundo busca a explicação máxima daquelas não consideradas no primeiro fator.

Ainda na Tabela 24 foi possível verificar a significância de cada parâmetro, e de acordo com a literatura, a significância se dá a partir de 0,7, para a consideração de cada fator (na tabela, em negrito). Com o observado, percebeu-se que 57,23% da explicação já ocorre no primeiro fator, ou componente, e que este é composto por Areia total, Areia muito grossa, Areia grossa, Areia Fina, Areia muito fina, Silte, Argila, Argila dispersa em água. Para o segundo fator, já com menor explicação, percebe-se somente a participação da fração Areia média, sendo esta a única fração não considerada anteriormente, o que auxilia no entendimento que, para as

localidades estudadas, a granulometria mostra-se importante e significativa, sendo possível, seja por questões econômicas ou de ordem prática, a retirada dos parâmetros densidade de partículas e grau de floculação, por não auxiliar de forma direta a compreensão das características da região.

Tabela 24 - Dados das cargas fatoriais para os principais fatores escolhidos.

Variáveis	Fatores	
	1	2
Densidade de partículas	-0,586569	-0,101616
Areia total	-0,719612	0,490753
Areia muito grossa	-0,783430	-0,366641
Areia grossa	-0,906801	-0,021299
Areia média	-0,332501	0,817373
Areia fina	0,740388	0,603618
Areia muito fina	0,901652	-0,002640
Argila	0,840651	-0,280688
Silte	0,920711	-0,136202
Areia Grossa (AMG+AG+AM)	-0,890681	0,193280
Areia fina (AF+AMF)	0,870908	0,375346
Argila dispersa em água	0,750810	0,024110
Grau de floculação	0,015791	0,174866
% explicação	57,23	13,27
% acumulada	57,23	70,50

AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM; areia média; AF: areia fina; AMF: areia muito fina.

Na Figura 36 foi possível perceber a relação entre os dois fatores que mais explicaram as variáveis, sendo uma alta carga positiva para os parâmetros areia fina, areia muito fina, somatório das frações finas, argila, argila dispersa em água e silte e cargas negativas para as frações mais grosseiras. Já para o fator 2 areia média, areia total e areia fina contribuem com cargas positivas, sendo que somente a primeira foi considerada significativa como discutido anteriormente.

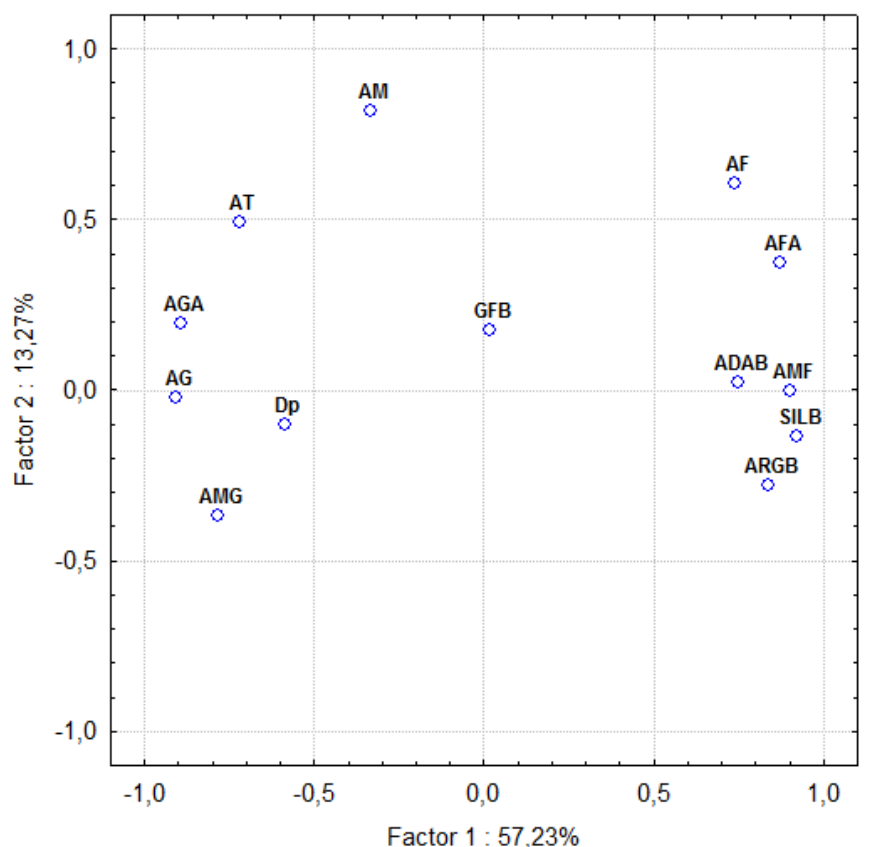


Figura 36- Relação entre fator 1 e fator 2 com as variáveis analisadas. AT: areia total; AMG: areia muito grossa; AG: areia grossa; AM: areia média; AF: areia fina; AMF: areia muito fina; SILB: silte; ARGB: argil; ADAB: argila dispersa em água; GFB: grau de flocculação; AGA: somatório da AMG+AG+AM; AFA: somatório da AF+AMF.

Com base nas contribuições das variáveis para compreender a significância dos parâmetros analisados, fez-se relação dos pontos amostrais com os dois fatores escolhidos, como se observa na Figura 37, onde se percebe a distribuição dos pontos. Com a figura nota-se a distribuição dos pontos em relação as cargas positivas e negativas de cada um dos fatores mostrando que pontos como 557.4 e 558.4, ambos sedimentos de depósito fluvial, possuem forte relação com os parâmetros de alta carga negativa no fator um, sendo eles as frações mais grosseiras como areia total, areia muito grossa, areia grossa e conseqüentemente o somatório destas frações. Já o ponto 488.1 possui relação forte com as altas cargas positivas do fator 1 que vem a ter as frações granulométricas mais finas, este ponto é proveniente das pastagens/lavoura. De maneira geral, percebe-se pela figura que os pontos coletados e nomeados como sedimento de depósitos fluviais (ponto seguido do número 4) estão do lado esquerdo do gráfico, remetendo as frações de granulometria mais grosseira e, os demais pontos encontram-se no lado oposto.

Para o fator 2, nota-se uma dispersão maior já que, para este caso, pouca explicação foi alcançada.

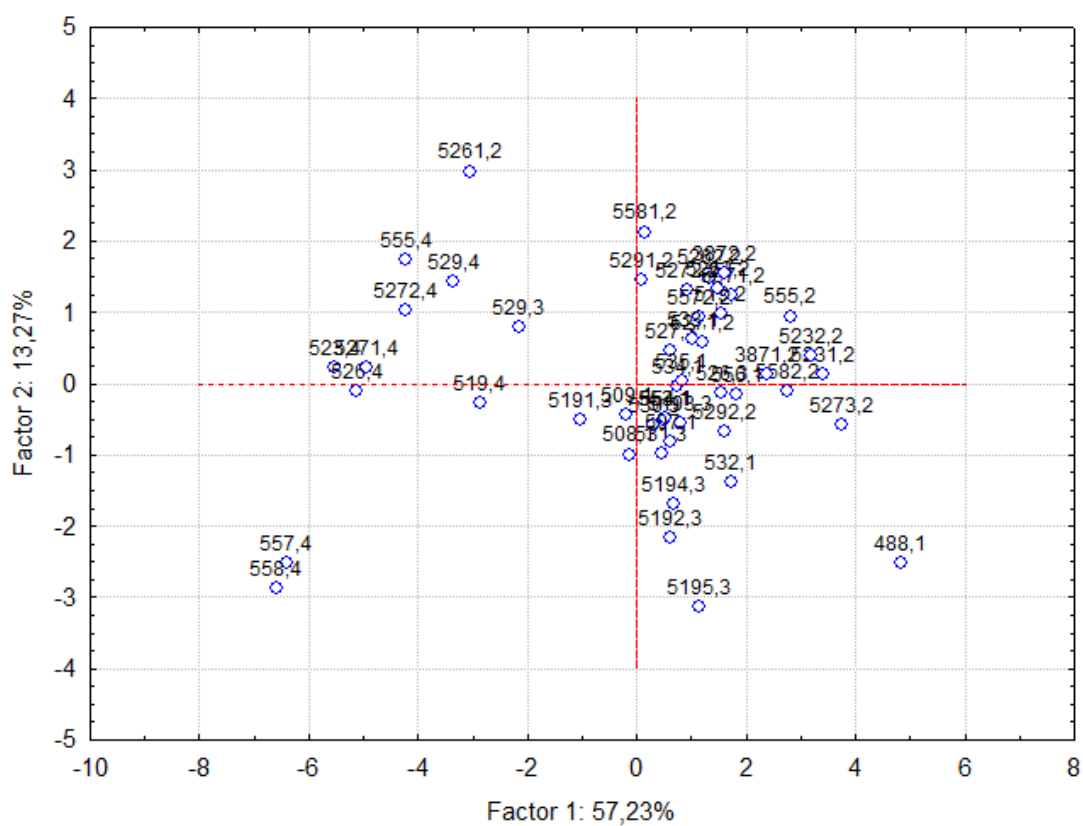


Figura 37 - Relação dos fatores 1 e 2 com os pontos amostrais - pastagem/lavoura.1; margem.2; estrada.3; sedimento de depósitos fluviais.4.

7 Considerações Finais

A partir das condições de realização do trabalho, utilizando variáveis físicas para caracterização de possíveis fontes de sedimentos para os arroios na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, pode-se tecer as seguintes considerações:

A camada superficial dos solos em áreas de pastagem/lavoura e margens de arroios, assim como os sedimentos de estradas rurais não pavimentadas e sedimentos de depósitos fluviais dos arroios possuem uma característica predominantemente arenosa.

Os solos das áreas com pastagem apresentam características intrínsecas que permitem inferir que são suscetíveis à erosão, como camada superficial arenosa e subsuperficial com maior teor de argila, contribuindo para a redução da condutividade hidráulica, além de relevo suave a ondulado.

Por se tratar de solos e sedimentos arenosos, a distribuição do tamanho de partículas se mostra um potencial indicador para continuação das pesquisas para a identificação de fontes de sedimentos para os arroios. Por outro lado, a densidade de partículas e o grau de floculação, evidenciado através da análise dos componentes principais, não se mostram bons indicadores, não caracterizando a região estudada, talvez associado à amplitude dos valores relatados na literatura para os minerais presentes nos solos e nos sedimentos.

Ainda através da análise multivariada, fica evidenciado que, as frações grosseiras (areia muito grossa e areia grossa) e a areia total caracterizam significativamente os pontos coletados nos depósitos fluviais enquanto que, os demais locais são caracterizados pelas demais frações, dificultando assim a compreensão das possíveis fontes de sedimento nas áreas estudadas.

O aporte de sedimentos arenosos nos arroios tem contribuído para a formação de bancos de areia no leito do arroio, como observado em campo, que influenciam no fluxo e vazão da água nos arroios.

Considerando que a pesquisa foi realizada de maneira pontual e de caráter preliminar, é possível perceber a necessidade de medidas que visem a correta alocação de estradas e redução do aporte de sedimentos para outros locais que não

sejam os arroios; também verifica-se a necessidade de maior proteção vegetal nas margens dos arroios, cumprindo a legislação, de forma a evitar a erosão de encosta.

8 Referências

- ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. Saúde e Meio Ambiente. In **Ciências Ambientais**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Tex: Almeida Cabral, p. 419-457, 2010.
- BARTELS, Guilherme Krüger et al. Caracterização físico-hídrica de sedimentos depositados no Arroio Pelotas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. Anais..., 2013. p. 1-8.
- BERTOL, Ildegardis et al. Sedimentos transportados pela enxurrada em eventos de erosão hídrica em um nitossolo háplico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 245-252, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n1/a25v34n1.pdf> Acesso em: 27 nov. 2014.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: **Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods**. Klute, A. 2nd. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison, pp. 363-375, 1968.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2012/lei-12651-25-maio-2012-613076-norma-Atualizada-pl.pdf> Acesso em: 05 mar. 2013.
- BUENO, Célia Regina Paes et al. Análise multivariada na determinação do risco de erosão em solos sob irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 1, p. 23-35, 2010. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4> Acesso em: 05 jan. 2014.
- CAMPOS, Milton César Costa et al. Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma topossequência de transição Campos/Floresta. **Revista de Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 527-535, 2010. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195317568004> Acesso em: 19 jul. 2013.
- CAMPOS, Rogério; FREITAS, Paula Roberta Barros. Características granulométricas e descarga de sedimentos em uma bacia urbana: O rio Maranguapinho no Ceará. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1., 2007, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá, 2007.
- CASADO, Ana Patrícia Barreto et al. Análise do processo erosivo marginal no baixo São Francisco sergipano. In: Simpósio Nacional de Controle de Erosão, 7, 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia, 2001, p. 1-11. Disponível em: http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/T004.pdf Acesso em: 20 mar. 2014.
- CUNHA, N. G. da.; SILVEIRA, R. J. da. **Estudo dos solos do município de Pelotas**. Pelotas, RS: EMPRAPA-CPACT, 1996. 54p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 12).

CUNHA, N. G. da.; SILVEIRA, R. J. da.; SEVERO, C. R. S. **Estudo dos solos do município de Morro Redondo**. Pelotas, RS: EMPRAPA-CPACT, 1996. 28p. (EMBRAPA-CPACT. Documentos, 23/96).

DALBIANCO, Leandro. **Simulação hidrossedimentológica com o modelo lisem em uma pequena bacia hidrográfica rural**. 2013. 92 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

Disponível em:

<http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%E7%F5es%20e%20teses/teses/Tese%20-%20Leandro%20Dalbianco.pdf> Acesso em: 07 nov. 2014

DUARTE, Mariza Nascimento et al. Mineralogia, química e micromorfologia de solos de uma microbacia nos tabuleiros costeiros do Espírito Santo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p. 1237-1250, 2000. Disponível em:

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2000000600021

Acesso em: 06 nov. 2014

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

GIAROLA, Neyde Fabíola Balareza; SILVA, Alvaro Pires, IMHOFF, Sheila. Relações entre propriedades físicas e características de solos da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 4, p. 885-893, 2002. Disponível em:

<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v26n4/05.pdf> Acesso em: 27 nov. 2014.

GRIZIO-ORITA, Edinéia Vilanova, COSTA, Sandra Betineli da. Produção de sedimento em bacias hidrográficas. In: EGAL - REENCUENTRO DE SABERES TERRITORIALES LATINOAMERICANOS, 14., 2013, Perú. **Anais...** Perú, 2013.

GUEDES, H. A. S; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T. SOARES, J. H. P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558-563, 2012.

GUERRA, Antonio José Teixeira; SILVA, Antonio Soares da; BOTELHO, Rosângela Garrido Machado (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 339 p. ISBN 9788528607383.

HOLANDA, Francisco Sandro Rodrigues et al. Controle da erosão em margens de cursos d'água: das soluções empíricas à técnica da bioengenharia de solos. **RA'E GA**, Curitiba, n. 17, p. 93-101, 2009. Disponível em:

<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/view/12404> Acesso em: 13 mai. 2013.

HOLANDA, Francisco Sandro Rodrigues et al. Percepção dos ribeirinhos sobre a erosão marginal e a retirada da mata auxiliar do rio São Francisco no seu baixo curso. **RA'E GA**, Curitiba, v. 22, p. 219-237, 2011. ISSN 2177-2738. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/raega/article/view/21773/14171> Acesso em: 02

out. 2013.

JUHÁSZ, Carlos Eduardo Pinto et al. Dinâmica físico-hídrica de uma topossequência de solos sob savana florestada (cerradão) em Assis, SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 401-412, 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832006000300002 Acesso em: 13 jan. 2014.

KIEHL, Edmar José. **Manual de edafologia: relações solo-planta**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

KLEIN, V. A. **Física do solo**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.

KUINCHTNER, A.; BURIOL, G.A. Clima do Estado do Rio Grande do Sul segundo a classificação climática de Köppen e Thornthwaite. **Disciplinarum Scientia**, v.2, p.171-182, 2001. Disponível em: <http://sites.unifra.br/Portals/36/tecnologicas/2001/clima.pdf> Acesso em: 13 fev. 2014.

LEANDRO, Gustavo Roberto dos Santos; SOUZA, Célia Alves de. Pantanal de Cáceres: composição granulométrica dos sedimentos de fundo no rio Paraguai entre foz do rio Cabaçal e a cidade de Cáceres, Mato Grosso, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 263-276, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v7n2/v7n2a20.pdf> Acesso em: 15 set. 2014.

LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 216 p. ISBN 9788579750083

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 335p., 2005.

MARQUES, Jean Dalmo de Oliveira et al. Variação do carbono orgânico em relação aos atributos físicos e químicos do solo ao longo de uma topossequência na Amazônia Central. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Anais...** Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007. Disponível em: <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/266.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2014.

MARQUES, Rodrigo Diniz. **Análise pedológica em topossequência através da relação entre precipitação e a perda de sedimentos na encosta Itagiba, zona norte de Santa Maria-RS**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppggeo/files/dissertacoes_06-11/DISSERTAcao%20RODRIGO.pdf Acesso em: 24 ago. 2014.

MEGIATO, Érica Insaurriaga. **Análise da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, RS**, 2011. 149 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,

Porto Alegre, 2011. Disponível em:
http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/30379?locale=pt_BR Acesso em: 26 jul.
2014.

MESQUITA, Maria da Glória Bastos de Freitas; MORAES, Sérgio Oliveira;
CORRENTE, José Eduardo. Caracterização estatística de variáveis físicas do solo.
Acta Scientiarum: Agronomy, Maringá, v. 25, n. 1, p. 35-44, 2003. Disponível em:
<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/2342> Acesso em: 11
fev. 2014.

MESQUITA, Maria da Glória Bastos de Freitas; MORAES, Sérgio Oliveira. A
dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo.
Ciência Rural, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 963-969, 2004. ISSN 0103-8478.
Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v34n3/a52v34n3.pdf> Acesso em: 20 dez.
2014.

MIGUEL, Pablo et al. Solo e dinâmica de ocupação das terras em áreas do rebordo
do Planalto do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.
17, n. 4-4, p. 447-455, 2011. Disponível em:
<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/CAST/article/view/2080/1918> Acesso
em: 12 dez. 2014.

MIGUEL, Pablo. Variáveis mineralógicas preditoras de fontes de produção de
sedimentos, em uma bacia hidrográfica do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de
Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 783-796, 2014. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-06832014000300010&script=sci_arttext
Acesso em: 21 dez. 2014.

MIGUEL, Pablo. **Variáveis pedogeoquímicas e mineralógicas na identificação de
fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica de encosta**. 2013. 98 f. Tese
(Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria,
2013. Disponível:
[http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%E7%F5es%20e%20teses/teses/Pablo%20Miguel_
Tese%20de%20Doutorado.pdf](http://w3.ufsm.br/ppgcs/disserta%E7%F5es%20e%20teses/teses/Pablo%20Miguel_Tese%20de%20Doutorado.pdf). Acesso em: 14 mar. 2014.

MINELLA, Jean Paolo Gomes et al. Identificação e implicações para a conservação
do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de
Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1637-1646, 2007 Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v31n6/39.pdf> Acesso em: 14 mar. 2014.

MINELLA, Jean Paolo Gomes. **Identificação de fontes de produção de sedimento
em uma pequena bacia rural**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Recursos
Hídricos e Saneamento Ambiental), Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
Porto Alegre, 2003. Disponível em:
<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1764/000357198.pdf?sequence=1>
Acesso em: 8 mai. 2013.

MINELLA, Jean Paolo Gomes; MERTEN, Gustavo Henrique. Monitoramento de bacias hidrográficas para identificar fontes de sedimento em suspensão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 3, p. 424-432, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v41n3/a879cr3315.pdf> Acesso em: 16 mar. 2014.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. Malden, MA: Blackwell, 3 ed.. 304 p. 2005: ISBN 1405117818

Oliveira, Flávio Pereira de et al. Fatores relacionados à suscetibilidade da erosão em entressulcos sob condições de uso e manejo do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p. 337-346, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662012000400002&script=sci_arttext Acesso em: 13 ago. 2013.

PEDRON, Fabrício de Araújo; AZEVEDO, Antonio Carlos de; DALMOLIN, Ricardo Simão Diniz. Alteração mineralógica de Neossolos em um clima-litosequência no Planalto do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 451-458, 2012. ISSN 0103-8478. Disponível em: <http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/39341/S0103-84782012000300011.pdf?sequence=1> Acesso em: 07 jan. 2015.

PIMENTEL-GOMES, Frederico; GARCIA, Carlos Henrique. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. São Paulo: FEALQ, 2002. 309 p. (Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz; 11) ISBN 857133014X

PRUSKI, Fernando Falco (Ed.). **Conservação de solo e água**: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2. Ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. 279 p. ISBN 9788572693646

RESENDE, Mauro et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 5. ed. Lavras: UFLA, 2007. 322 p. ISBN 9788587692405

SANTOS, Raphael David dos et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100 p.

SILVA, Aguinaldo et al. Avaliação da erosão na margem direita do Rio Paraguai a jusante da praia do Julião município de Cáceres-MT. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 1, n. 1, p. 5-19, 2007. Disponível em: <http://rga.ggf.br/index.php?journal=rga&page=article&op=viewArticle&path%5B%5D=1> Acesso em: 18 abr. 2014.

SILVA, Alexandre Marco; SCHULZ, Harry Edmar; CAMARGO, Plínio Barboza de. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas**. São Carlos: RiMa Editora, 2004. 140 p. ISBN 85-86552-52-6.

SILVA, Rafael Cruz da. **Análise das áreas suscetíveis à erosão na Bacia do Arroio Pelotas (RS), com auxílio do geoprocessamento**. 2009. 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2009.

Disponível em:

<http://www.posgeografia.furg.br/index.php/documentos/dissertacoes?download=10%3Adissertacao-rafael-cruz-da-silva> Acesso em: 07 out. 2014.

SISTEMA LEGIS - Assembléia Legislativa do Estado do RS. Disponível em: <
<http://www.al.rs.gov.br>> Acesso em 03 dez. 2007.

SOUZA, Célia Alves de; CUNHA, Sandra Maptista. Pantanal de Cáceres – MT: Dinâmica das margens do Rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da Ilha de Taiamã. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**. Três Lagoas, v.1, n. 5, 2007. Disponível em:
http://www.ceul.ufms.br/revista-geo/artigo_celia_sandra_2.pdf Acesso em: 22 abr. 2013.

STRECK, Edemar Valdir et al. (Org.). **Solos do Rio Grande do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: EMATER, 2008. 222 p. ISBN 9788598842042.

TEN CATEN, Alexandre et al. Extrapolação das relações solo-paisagem a partir de uma área de referência. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 812-816, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-84782011000500012&script=sci_arttext Acesso em: 27 out. 2014.

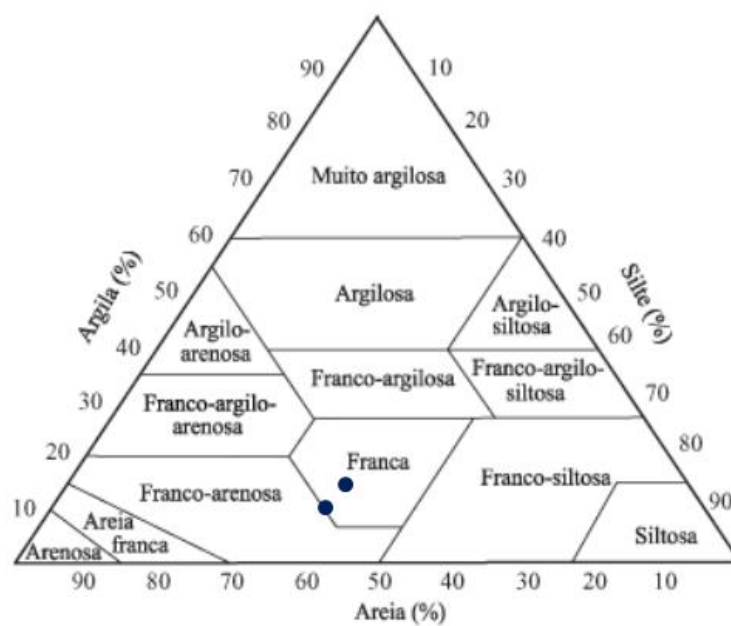
THOMAZ, Edivaldo Lopes; ANTONELI, Valdemir; DIAS, Wolliver Anderson. Estimativa de proveniência de sedimento em cabeceira de drenagem com alta intensidade de estradas rurais não pavimentadas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 2, p. 25-37, 2011 Disponível em:
https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/22c52e2b021e8d1223f4849c196d4792_ad3493144c346997f509c4b338b26580.pdf Acesso em: 22 mai. 2013.

TOY, T.J; FOSTER, G. R; RENARD, K.G. **Soil Erosion**: processes, prediction, measurement and control. Wiley, 2001. 339 p. Nova Iorque. ISBN 0-471-38369-4

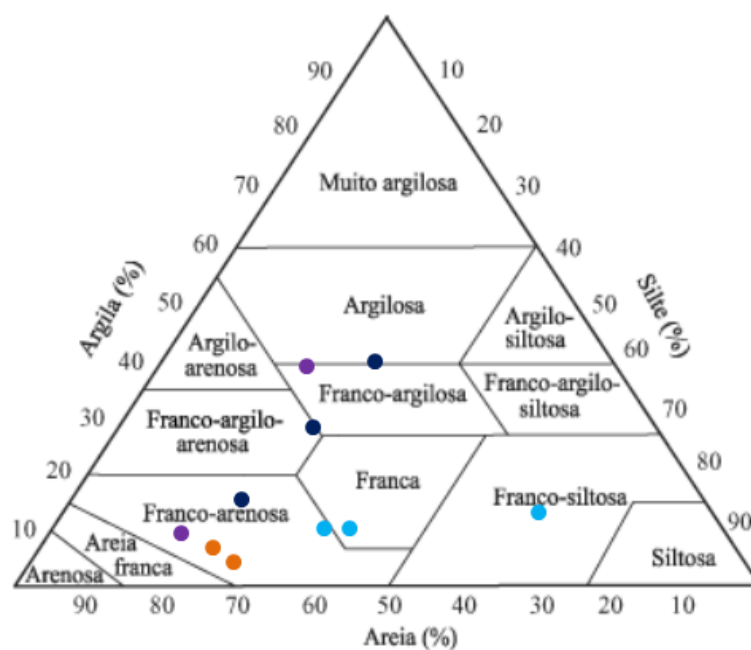
UHDE, Leonir Terezinha. **Sistema pedológico em um ambiente antropizado da depressão central do RS**. 2009. 226 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009. Disponível em:
http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/DetalheObraForm.do?select_action=&co_obra=167651 Acesso em: 10 jun. 2013.

WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses – A guide to conservation planning**. Washington, USDA, 1978. 58p. (USDA AH-537)

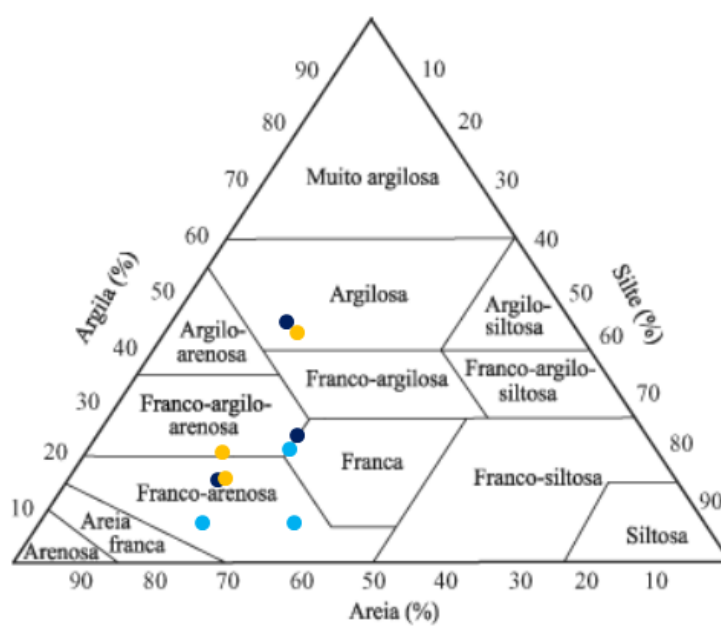
Apêndice A – Triângulo com as classes texturais da propriedade 2, ponto 532 (●).



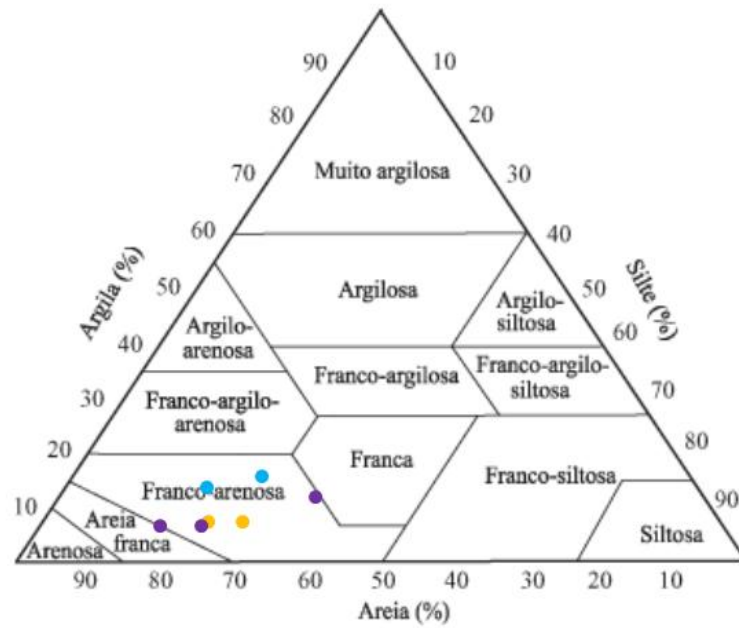
Apêndice B – Triângulo com as classes texturais da propriedade 1, pontos 507 (●), 508 (●), 488 (●) e 508 (●).



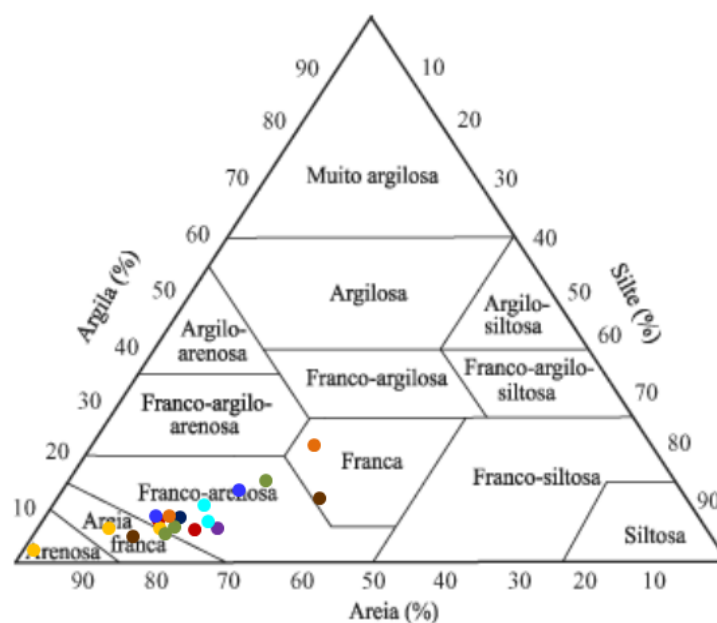
Apêndice C – Triângulo com as classes texturais da propriedade 3, pontos 553 (●), 554 (●) e 556 (●).



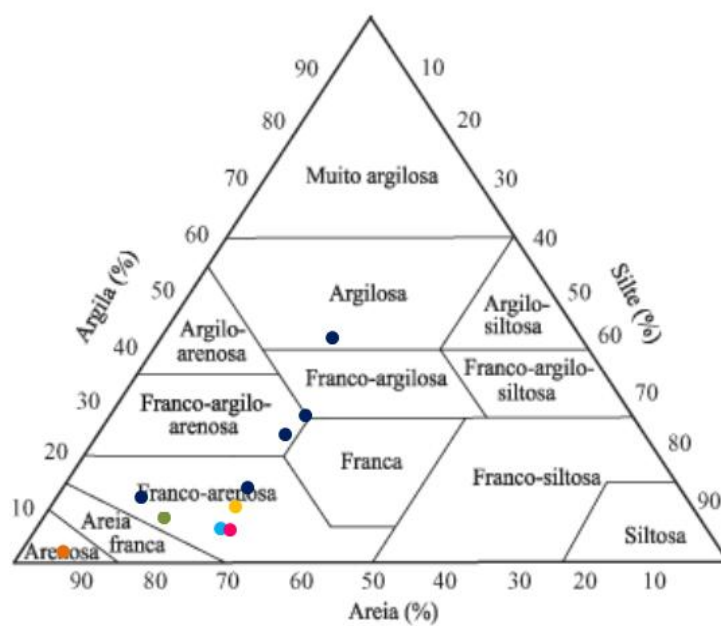
Apêndice D – Triângulo com as classes texturais da propriedade 4, pontos 534 (●), 535 (●) e 533 (●).



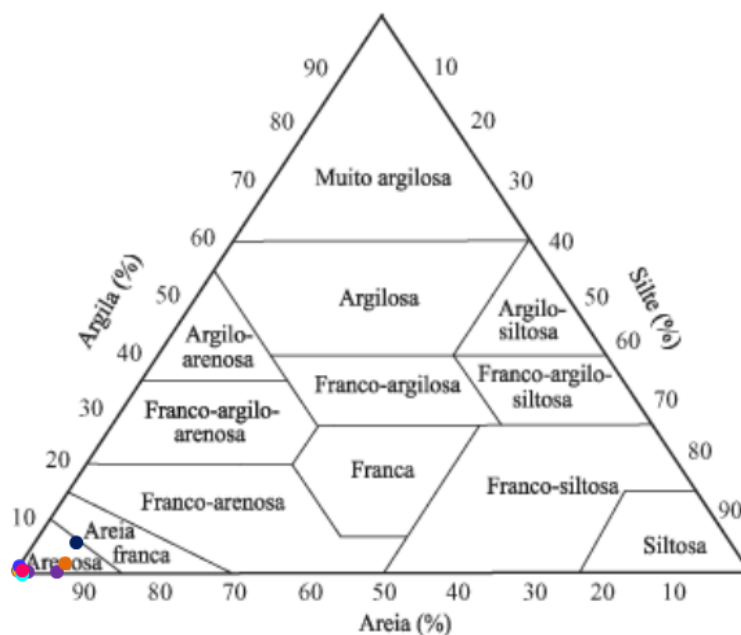
Apêndice E – Triângulo com as classes texturais das margens coletadas nos pontos 519 (●), 523 (●), 526 (●), 527 (●), 529 (●), 555 (●), 557 (●), 558 (●) e 387 (●).



Apêndice F – Triângulo com as classes texturais das estradas coletadas nos pontos 526 (●), 527 (●), 529 (●), 530 (●), 531 (●) e 519 (●).



Apêndice G – Triângulo com as classes texturais do sedimento de depósitos fluviais coletado nos pontos 519 (●), 523 (●), 526 (●), 527 (●), 529 (●), 555 (●), 557 (●) e 558 (●).



Apêndice H – Coordenadas geográficas aproximadas dos pontos de amostragem em áreas de pastagem e lavoura com solo revolvido na área rural de Pelotas.

Pontos	Latitude	Longitude
507	31° 34' 25,40" S	52° 27' 51,68" W
509	31° 34' 23,84" S	52° 27' 51,03" W
508	31° 34' 23,22" S	52° 27' 52,42" W
488	31° 34' 20,81" S	52° 27' 54,45" W
532	31° 34' 7,86" S	52° 28' 23,04" W
553	31° 34' 11,04" S	52° 29' 53,08" W
554	31° 34' 9,76" S	52° 29' 53,00" W
556	31° 34' 4,73" S	52° 29' 49,54" W
534	31° 33' 31,19" S	52° 30' 26,76" W
535	31° 33' 32,05" S	52° 30' 27,14" W
533	31° 33' 29,16" S	52° 30' 25,59" W

Apêndice I – Coordenadas geográficas aproximadas dos pontos de coleta do solo exposto na margem do arroio na área rural de Pelotas.

Pontos	Latitude	Longitude
519	31° 34' 08,38" S	52° 28' 28,61" W
523-1	31° 33' 48,14" S	52° 29' 55,51" W
523-2	31° 33' 48,14" S	52° 29' 55,51" W
526-1	31° 33' 28,63" S	52° 30' 25,95" W
526-2	31° 33' 28,63" S	52° 30' 25,95" W
526-3	31° 33' 28,63" S	52° 30' 25,95" W
527-1	31° 33' 22,63" S	52° 30' 30,89" W
527-2	31° 33' 22,63" S	52° 30' 30,89" W
527-3	31° 33' 22,63" S	52° 30' 30,89" W
529-1	31° 33' 10,77" S	52° 30' 35,02" W
529-2	31° 33' 10,77" S	52° 30' 35,02" W
555	31° 34' 3,92" S	52° 29' 48,53" W
557-1	31° 34' 4,97" S	52° 29' 49,56" W
557-2	31° 34' 4,97" S	52° 29' 49,56" W
558-1	31° 34' 20,94" S	52° 27' 52,90" W
558-2	31° 34' 20,94" S	52° 27' 52,90" W
387-1	31° 34' 15,85" S	52° 27' 56,80" W
387-2	31° 34' 15,85" S	52° 27' 56,80" W

Apêndice J – Coordenadas geográficas aproximadas dos pontos de coleta de sedimentos depositados em estradas não pavimentadas na área rural de Pelotas.

Pontos	Latitude	Longitude
526	31° 33' 28,63" S	52° 30' 25,95" W
527	31° 33' 22,63" S	52° 30' 30,89" W
529	31° 33' 10,77" S	52° 30' 35,02" W
530	31° 34' 27,61" S	52° 28' 50,35" W
531	31° 34' 11,11" S	52° 29' 34,94" W
519-1	31° 34' 08,38" S	52° 28' 28,61" W
519-2	31° 34' 08,38" S	52° 28' 28,61" W
519-3	31° 34' 08,38" S	52° 28' 28,61" W
519-4	31° 34' 08,38" S	52° 28' 28,61" W
519-5	31° 34' 08,38" S	52° 28' 28,61" W

Apêndice K – Coordenadas geográficas aproximadas dos pontos de amostragem de sedimento de depósitos fluviais dos arroios na área rural de Pelotas.

Pontos	Latitude	Longitude
519	31° 34' 08,38" S	52° 28' 28,61" W
523	31° 33' 48,14" S	52° 29' 55,51" W
526	31° 33' 28,63" S	52° 30' 25,95" W
527-1	31° 33' 22,63" S	52° 30' 30,89" W
527-2	31° 33' 22,63" S	52° 30' 30,89" W
529	31° 33' 10,77" S	52° 30' 35,02" W
555	31° 34' 3,92" S	52° 29' 48,53" W
557	31° 34' 4,97" S	52° 29' 49,56" W
558	31° 34' 20,94" S	52° 27' 52,90" W