

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO E
CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA**



DISSERTAÇÃO

**QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SINNOTT – PELOTAS, RS**

MARTA SÓRIA

PELOTAS, 2013

MARTA SÓRIA

**QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SINNOTT – PELOTAS, RS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Vítor Emanuel Quevedo Tavares
Co-orientador: Prof. Dr. Fioravante Jaekel dos Santos

PELOTAS, 2013

Universidade Federal de Pelotas/Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

S111q Sória, Marta

Qualidade da água na bacia de contribuição da estação de tratamento de água Sinnott – Pelotas, RS/Marta Sória; Vítor Emanuel Quevedo Tavares, orientador; Fioravante Jaekel dos Santos, co-orientador. Pelotas, 2014.

101 f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2014.

1. Abastecimento público. 2. Enquadramento da água. 3. Conservação da água. 4. Gestão de recursos hídricos. I. Tavares, Vítor Emanuel Quevedo, orient. II. Santos, Fioravante Jaekel dos, co-orient. III. Título.

CDD: 628.3

MARTA SÓRIA

**QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA
ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUA SINNOTT – PELOTAS, RS**

Aprovada em/...../2013

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Vitor Emanuel Quevedo Tavares (Presidente)
Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel” – UFPel

Professor Dr. Jocelito Saccol de Sá
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense

Pesq. Dra. Lilian Terezinha Winckler Sosinski
EMBRAPA – Clima Temperado

Dedico

À minha mãe Ivone, meu pai Darcy e minha afilhada Betina.

...cada momento, cada situação que enfrentamos em nossas trajetórias é um desafio, uma oportunidade única de aprender, de se tornar uma pessoa melhor. Só depende de nós, das nossas escolhas...

Não sei se estou perto ou longe demais, se peguei o rumo certo ou errado. Sei apenas que sigo em frente, vivendo dias iguais de forma diferente. Já não caminho mais sozinho, levo comigo cada recordação, cada vivência, cada lição. E, mesmo que tudo não ande da forma de que eu gostaria, saber que já não sou o mesmo de ontem me faz perceber que valeu a pena...

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as bênçãos que já me concedeu.

Aos Professores Drs. Vitor Emanuel Quevedo Tavares e Fioravante Jaekel dos Santos, pela orientação e coorientação do trabalho.

À Universidade Federal de Pelotas, ao Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação da Água e do Solo da Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, pela oportunidade de realização deste curso.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação da Água e do Solo pela troca de informações e estímulo a pesquisa.

Ao Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas, pela disponibilidade dos dados de qualidade de água

Aos estagiários, Amanda Silva, Bernardo Nörenberg, Guilherme Reinhardt, Jéssica Bubolz, José Henrique Flores e Marcos Kolland Júnior, pela ajuda prestada durante o mestrado.

A Professora Dra. Rita de Cássia Fraga Damé pela ajuda, apoio e conselhos.

Ao Professor Dr. Orlando Pereira Ramirez que motivou o início dessa jornada.

Aos colegas da Secretaria de Qualidade Ambiental e da Escola Monsenhor Queiroz pelo apoio.

Aos colegas de mestrado pelos momentos agradáveis de convivência e estudo.

Ao José Montes Vannuci, pelo carinho, paciência, incentivo e colaboração ao longo desta etapa.

Aos meus pais pelo apoio em todas as etapas da minha formação.

Às minhas grandes amigas Daiane Zarnott, Elza Barros, Ioni Medeiros, Lizete Stumpf e Marília Alves que sempre me deram apoio, me ouviram nas horas mais difíceis da minha caminhada, dando-me coragem para prosseguir.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

SÓRIA, Marta. **Qualidade da água na bacia de contribuição da estação de tratamento de água Sinnott – Pelotas, RS**, 2013. 101f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

A bacia de contribuição da Estação de Tratamento de Água (ETA) Sinnott, no município de Pelotas-RS, é utilizada para captação de água para irrigação, bem como para abastecimento humano do município, entre outros usos. Até o presente momento, são poucos os estudos relacionados aos fatores que influenciam a qualidade de suas águas, bem como ações para a gestão destas. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo relacionar a variação da qualidade das águas com a precipitação pluviométrica e tipos de solo na bacia de contribuição da ETA Sinnott. Os dados relativos aos parâmetros de qualidade da água bruta utilizados neste estudo são resultantes do monitoramento realizado pelo Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas (SANEP), incluindo um ponto de coleta no Arroio Quilombo (31°31'18.62"S e 52°29'9.89"O) e outro ponto no Arroio Pelotas (31°35'16.70"S e 52°21'50.67"O). As amostras de água foram coletadas e analisadas pelo SANEP, de acordo com a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Para este estudo, foram utilizados dados médios diários e mensais, do período correspondente aos anos de 2007 a 2012. Os parâmetros físicos e químicos utilizados para avaliar a qualidade da água foram a turbidez, a temperatura, cor, pH, dureza, oxigênio dissolvido, matéria orgânica e alcalinidade. Os parâmetros de qualidade da água cor, turbidez e matéria orgânica apresentaram uma correlação positiva significativa com a precipitação, indicando um provável efeito de transporte de sedimentos na bacia. Para os parâmetros analisados, ocorreu aumento na qualidade das águas durante períodos de estiagem. Em relação aos padrões estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA nº 357/2005), para águas doces da classe 2, o parâmetro cor foi o que apresentou o menor índice de atendimento, especialmente no ponto de coleta do Arroio Pelotas, onde este parâmetro, chegou a ficar 76,2% dos dias acima do limite, em 2009. Este resultado indica a necessidade de estabelecer ações de conservação na referida bacia, especialmente considerando a importância deste parâmetro para a avaliação da qualidade da água, visando o abastecimento público, tanto em termos de custos de tratamento, como em termos de saúde pública.

Palavras-chave: abastecimento público, enquadramento da água, conservação da água, gestão de recursos hídricos.

ABSTRACT

SÓRIA, Marta. **Water quality in the Sinnott Water Treatment Plant catchment in Pelotas, RS**, 2013. 101f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

The catchment area of the Sinnott Water Treatment Plant (SWTP) in Pelotas (RS/Brazil) is used for the abstraction of water for irrigation and human supply for the city, among other uses. To date, few studies related to the factors driving the water quality in the catchment were developed, as well as actions for the management of its waters. In this context, the present study aimed to relate the variation in water quality with rainfall and with the soil types in the catchment of the SWTP. The raw water quality parameters data sets used in this study were obtained from the monitoring carried out by the Autonomous Service of Sanitation of Pelotas (SANEP), including a collection point on the Arroyo Quilombo (31°31'18.62" S; 52°29'9.89" W) and another point on the Arroyo Pelotas (31°35'16.70" S; 52°21'50.67" W). Water samples were collected and analyzed by SANEP, according to the methodology described in Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Daily and monthly average data were used, covering the period from 2007 to 2012. The physical and chemical parameters used to evaluate the quality of water were: turbidity, temperature, color, pH, hardness, dissolved oxygen, alkalinity and organic matter. The water quality parameters color, turbidity and organic matter showed a significant positive correlation with rainfall, indicating a likely effect of sediment transport in the catchment area. In relation to the national water quality standards set by legislation (CONAMA nº 357/2005), for Class 2 freshwater, the parameter color presented the lowest level of achievement, especially at the point of collection on the Arroyo Pelotas, where this parameter, remained 76.2% of the days over the limit in 2009. This result indicates the need for conservation actions in the catchment, especially considering the importance of this parameter for the assessment of water quality for public supply, both in terms of treatment costs as in terms of public health.

Keywords: public water supply, water classification, water conservation, water resources management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Hidrografia da região de abrangência do Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas da Lagoa Mirim e do Canal São Gonçalo .	35
Figura 2	Localização da área de estudo.....	36
Figura 3	Mapa da rede hidrográfica da bacia de contribuição da ETA Sinnott	37
Figura 4	Localização da ETA Sinnott e dos pontos de tomada de água no Arroio Pelotas e no Arroio Quilombo	40
Figura 5	Planilha manuscrita com dados referentes à qualidade de água, dos arroios Pelotas e Quilombo.....	41
Figura 6	Mapa de declividades (%) da área da bacia de contribuição da ETA Sinnott	46
Figura 7	Mapa de solos da bacia de contribuição da ETA Sinnott (obtido a partir de Flores, Filippini e Wrege, 2009).....	47
Figura 8	Dados médios diários de temperatura da água em 2007	49
Figura 9	Dados médios diários de temperatura da água em 2008	50
Figura 10	Dados médios diários de temperatura da água em 2009	50
Figura 11	Dados médios diários de temperatura da água em 2010	50
Figura 12	Dados médios diários de temperatura da água em 2011	51
Figura 13	Dados médios diários de temperatura da água em 2012	51
Figura 14	Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2007	52
Figura 15	Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2008	52
Figura 16	Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2009	53
Figura 17	Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2010	53
Figura 18	Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2011	53
Figura 19	Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2012	54
Figura 20	Dados médios diários de turbidez em 2007	55
Figura 21	Dados médios diários de turbidez em 2008	56
Figura 22	Dados médios diários de turbidez em 2009	56
Figura 23	Dados médios diários de turbidez em 2010	56
Figura 24	Dados médios diários de turbidez em 2011	57
Figura 25	Dados médios diários de turbidez em 2012	57
Figura 26	Dados médios diários de cor em 2007	59
Figura 27	Dados médios diários de cor em 2008	59
Figura 28	Dados médios diários de cor em 2009	59
Figura 29	Dados médios diários de cor em 2010	60
Figura 30	Dados médios diários de cor em 2011	60
Figura 31	Dados médios diários de cor em 2012	60
Figura 32	Dados médios diários de pH em 2007.....	62
Figura 33	Dados médios diários de pH em 2008.....	62
Figura 34	Dados médios diários de pH em 2009.....	63
Figura 35	Dados médios diários de pH em 2010.....	63
Figura 36	Dados médios diários de pH em 2011.....	63
Figura 37	Dados médios diários de pH em 2012.....	64
Figura 38	Dados médios diários de alcalinidade em 2007	65
Figura 39	Dados médios diários de alcalinidade em 2008	65
Figura 40	Dados médios diários de alcalinidade em 2009	66
Figura 41	Dados médios diários de alcalinidade em 2010	66

Figura 42	Dados médios diários de alcalinidade em 2011	66
Figura 43	Dados médios diários de alcalinidade em 2012	67
Figura 44	Dados médios diários de dureza em 2007	68
Figura 45	Dados médios diários de dureza em 2008	68
Figura 46	Dados médios diários de dureza em 2009	68
Figura 47	Dados médios diários de dureza em 2010	69
Figura 48	Dados médios diários de dureza em 2011	69
Figura 49	Dados médios diários de dureza em 2012	69
Figura 50	Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2007	70
Figura 51	Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2008	71
Figura 52	Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2009	71
Figura 53	Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2010	71
Figura 54	Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2011	72
Figura 55	Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2012	72
Figura 56	Dados médios diários de gás carbônico livre (CO ₂) em 2007	73
Figura 57	Dados médios diários de gás carbônico livre (CO ₂) em 2008	73
Figura 58	Dados médios diários de gás carbônico livre (CO ₂) em 2009	73
Figura 59	Dados médios diários de gás carbônico livre (CO ₂) em 2010	74
Figura 60	Dados médios diários de gás carbônico livre (CO ₂) em 2011	74
Figura 61	Dados médios diários de gás carbônico livre (CO ₂) em 2012	74
Figura 62	Autovetores das variáveis de qualidade da água do Arroio Pelotas, onde: OD: oxigênio dissolvido, MO: matéria orgânica, CO ₂ : gás carbônico livre e T água: temperatura da água	77
Figura 63	Autovetores das variáveis de qualidade da água do Arroio Quilombo, onde: OD: oxigênio dissolvido, MO: matéria orgânica, CO ₂ : gás carbônico livre e T água: temperatura da água	78
Figura 64	Médias mensais dos valores de turbidez e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012	80
Figura 65	Médias mensais dos valores de cor e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012	81
Figura 66	Médias mensais dos valores de matéria orgânica (MO) e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012	81
Figura 67	Médias mensais dos valores de pH da água e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo nos anos de 2007 a 2012 ..	82
Figura 68	Médias mensais dos valores de temperatura da água e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012	82
Figura 69	Médias mensais dos valores de dureza da água e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo nos anos de 2007 a 2012	83
Figura 70	Médias mensais dos valores de alcalinidade da água e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012	83
Figura 71	Médias mensais dos valores de oxigênio dissolvido da água (OD) e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012	83
Figura 72	Médias mensais dos valores de gás carbônico livre da água (CO ₂) (OD) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012 ..	84

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Usos pretendidos por classe de qualidade para as águas	22
Tabela 2	Padrões de qualidade do corpo hídrico, segundo os parâmetros utilizados neste trabalho, associados às diversas classes dos corpos d'água	23
Tabela 3	Parâmetros avaliados e suas respectivas unidades.....	42
Tabela 4	Características morfométricas da bacia de contribuição da ETA Sinnott	44
Tabela 5	Valores mínimos (Min), máximos (Máx) diários e médios (Média) anuais diários dos indicadores de qualidade de água dos arroios Pelotas e Quilombo (Pelotas, RS).....	48
Tabela 6	Porcentagem de dias em que os valores de oxigênio dissolvido (OD) ficaram abaixo dos valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n° 357/2005) para águas doces da classe 2...	54
Tabela 7	Porcentagem de dias em que os valores de turbidez ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n° 357/2005) para águas doces da classe 2	57
Tabela 8	Porcentagem de dias em que os valores de cor ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n° 357/2005) para águas doces da classe 2.....	61
Tabela 9	Porcentagem de dias em que os valores pH ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n° 357/2005) para águas doces da classe 2.....	64
Tabela 10	Porcentagem de dias em que os valores de oxigênio dissolvido (OD), turbidez, cor e pH ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n° 357/2005) para águas doces da classe 2.....	75
Tabela 11	Autovalor e proporção acumulada dos componentes principais- Arroios Pelotas e Arroio Quilombo	76
Tabela 12	Matriz de correlação entre as médias mensais dos indicadores de qualidade da água e as médias mensais da precipitação pluvial para os arroios Pelotas e Quilombo	79

LISTA DE SIGLAS

ACP	Análise de Componentes Principais
ANA	Agência Nacional de Águas
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LANDSAT	Land Remote Sensing Satellite
MDT	Modelagem Digital de Terreno
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
PMP	Prefeitura Municipal de Pelotas
PNRH	Plano Nacional dos Recursos Hídricos
SANEP	Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
SIG	Sistema de Informações Geográficas
Singreh	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbidez
UTM	Universal Mercator Transvector

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 HISTÓRICO DOS RECURSOS HÍDRICOS	16
2.2 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	19
2.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	20
2.3.1 Temperatura da água	23
2.3.2 Oxigênio dissolvido	23
2.3.3 Turbidez	24
2.3.4 Cor	25
2.3.5 pH	25
2.3.6 Alcalinidade	26
2.3.7 Dureza	26
2.3.8 Matéria orgânica.....	27
2.3.9 Gás carbônico livre	28
2.4 CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS PELAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS	28
2.5 CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO	30
2.5.1 Argissolos.....	30
2.5.2 Cambissolos	31
2.5.3 Gleissolos	32
2.5.4 Neossolos	32
2.5.5 Planossolos	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	34
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	34
3.1.1 Localização da bacia de contribuição da ETA Sinnott.....	34
3.1.2 Clima.....	36
3.1.3 Rede hidrográfica da bacia de contribuição da ETA Sinnott	37
3.1.4 Solos da bacia de contribuição da ETA Sinnott	38
3.1.5 Mapa de declividades da bacia de contribuição da ETA Sinnott	38
3.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT.....	38

3.2.1 Características básicas	38
3.2.2 Tempo de concentração	39
3.2.3 Fator de forma	39
3.2.4 Índice de compacidade	39
3.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA - LOCAL DE AMOSTRAGEM..	39
3.4 PERÍODO DE AMOSTRAGEM.....	40
3.5 PARÂMETROS DE QUALIDADE ANALISADOS.....	41
3.6 PRECIPITAÇÃO PLUVIAL.....	42
3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS	43
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
4.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT.....	44
4.2 MAPA DE DECLIVIDADES DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT.....	45
4.3 SOLOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT	46
4.4 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA.....	47
4.4.1 Temperatura da água	49
4.4.2 Oxigênio dissolvido	51
4.4.3 Turbidez	55
4.4.4 Cor	58
4.4.5 pH	61
4.4.6 Alcalinidade	64
4.4.7 Dureza	67
4.4.8 Matéria orgânica	70
4.4.9 CO₂ livre	72
4.5 RELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA	75
4.6 VARIABILIDADE TEMPORAL DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO PLUVIAL	78
5 CONCLUSÕES	85
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	86
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
8 APÊNDICES	96

1 INTRODUÇÃO

No Planeta, os recursos hídricos têm sofrido alterações em decorrência das atividades humanas nas bacias hidrográficas. Em contraposição, há uma necessidade crescente de água em quantidade e em qualidade adequadas para os diferentes requisitos que o desenvolvimento socioeconômico exige.

Anteriores aos problemas com consequências diretas sobre o ser humano, mas inerentes a estes, estão os problemas ecológicos gerados pela carência de critérios no uso da terra e da água.

O avanço de áreas degradadas em regiões anteriormente produtivas tem sido constatado em diferentes regiões do Brasil. A erosão tem-se apresentado sob todas as suas formas (laminar, sulcos e voçorocas), carreando solo, sementes, adubos e agrotóxicos para os corpos d'água. O resultado é a perda de produção, o assoreamento e a contaminação dos corpos hídricos, ocasionando perda da biodiversidade nos diversos biomas brasileiros.

Do ponto de vista da conservação do solo e da água, a unidade de terreno para planejamento de ações necessita ser uma bacia hidrográfica ou microbacia, sendo esta mais comumente citada, porque é nessa unidade que todos os processos erosivos, associados aos hidrológicos, estão elencados.

O monitoramento da qualidade da água consiste num dos principais instrumentos para manutenção de uma política relacionada à gestão de recursos hídricos, sendo necessárias coletas frequentes, nos mesmos pontos de amostragem, e análises em laboratório, de amplo número de parâmetros físicos e químicos. O estudo desses parâmetros pode ser um indicativo da qualidade da água do local coletado ou mesmo de uma área além do ponto de coleta da amostra. Estas variáveis, apesar de se inter-relacionarem, podem ser influenciadas pelo meio externo, como eventos de precipitação, estações do ano, da localização geográfica e da ação antrópica.

A bacia de contribuição da Estação de Tratamento de Água (ETA) Sinnott, Pelotas, RS foi escolhida para esse estudo, por se tratar da bacia de captação de água para irrigação, bem como de abastecimento humano do município. Até o presente momento, são poucos os estudos relacionados ao uso intensivo estabelecido nas suas vertentes, bem como ações para a gestão compartilhada

desta área. Nesse contexto, o presente trabalho foi desenvolvido a partir da hipótese de que a partir de dados de parâmetros físicos e químicos da água, de precipitação pluvial e tipos de solos, é possível estabelecer a relação entre a precipitação e qualidade da água na bacia de contribuição da ETA Sinnott.

Portanto, este trabalho teve como objetivo geral, relacionar a qualidade das águas com as precipitações na bacia de contribuição da ETA Sinnott no município de Pelotas, RS. Como objetivos específicos definiram-se: analisar a variação sazonal de parâmetros de qualidade da água, em função das precipitações pluviométricas e tipo de solo; verificar o atendimento aos padrões legais correspondentes aos diversos parâmetros de qualidade de água monitorados.

Por sua vez, acredita-se que os dados obtidos neste estudo podem não apenas nortear os tomadores de decisão, mas ainda facilitar a identificação de áreas prioritárias de ação do poder público e de aplicação da legislação ambiental vigente, o que, certamente, constitui uma contribuição significativa para a área de gestão dos recursos hídricos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 HISTÓRICO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Avanços importantes foram feitos com relação à política de recursos hídricos no Brasil. Partindo-se de uma época marcada pelo centralismo e burocracia do Estado, na década de 30, o Código de Águas foi instituído pelo Decreto nº 24.643, em 10/07/1934 e, como outros instrumentos legais que disciplinam as atividades do setor, provém de um modelo de gerenciamento de águas pautado por tipos de uso. Trata-se da etapa da administração dos recursos hídricos no Brasil denominada “modelo burocrático”. Nessa fase, a administração pública tinha como objetivo principal cumprir e fazer cumprir os dispositivos legais sobre águas. Havia ampla legislação, referente a concessões e autorizações de uso, licenciamento de obras, ações de fiscalização, interdição, multas, entre outros. A visão do processo de gestão era fragmentada, uma vez que o desempenho estava restrito ao cumprimento de normas, além do mais, havia problema de adaptação a mudanças internas ou externas, centralização do poder decisório, excesso de formalismo e rara importância dada ao ambiente externo.

A partir do ano de 1980, começaram as discussões em torno dos pontos críticos da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Verificava-se que o setor de energia era o único que instituíra demanda por regulação e, em consequência, assumia o papel de gestor dos recursos hídricos, em função de possuir todas as informações disponíveis a respeito da água (BORSOI; TORRES, 1997).

Em 1984, o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), do Ministério de Minas e Energia, finalizou o diagnóstico sobre as bacias hidrográficas e foi criado o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Em 1986, o CONAMA estabeleceu a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o território brasileiro (BORSOI; TORRES, 1997).

A partir da Constituição de 1988, foram instituídas as condições iniciais para a concretização da terceira etapa da gestão de recursos hídricos, denominado “modelo sistêmico de integração participativa”. Objetivando regulamentar o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal de 1988, foram criadas a Política Nacional de Recursos Hídricos e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

(Singreh) pela Lei nº 9.433/1997, conhecida por Lei das Águas. Esta política evidencia o valor da água e reforça sua importância como elemento indispensável a todo o ecossistema terrestre, como bem dotado de valor econômico. Além disso, estabelece que sua gestão deva ser organizada de forma integrada, com necessidade da efetiva participação da sociedade (CASTRO, 2008).

A Lei nº 9.433/1997, por seu método de construção e por seu conteúdo, constitui-se em um marco de significativa relevância para a construção de um desenvolvimento sustentável no Brasil. Por seu caráter inovador, representa uma das mais modernas propostas de gestão pública do País e revela-se um marco histórico para a implementação do sistema de gestão integrado e participativo no Brasil (CASTRO, 2008).

No ano seguinte à Lei das Águas, o Conselho Nacional dos Recursos Hídricos (CNRH), órgão consultivo e deliberativo, criado pela mesma lei, foi regulamentado e instalado, por meio do Decreto nº 2.612/1998. O CNRH é a instância máxima do Singreh e suas principais atribuições são:

- Analisar propostas de alteração da legislação pertinente a recursos hídricos;
- Estabelecer diretrizes complementares para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos;
- Promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regionais, estaduais e dos setores usuários;
- Arbitrar conflitos sobre recursos hídricos;
- Deliberar sobre os projetos de aproveitamento de recursos hídricos cujas repercussões extrapolem o âmbito dos estados em que serão implantados;
- Aprovar propostas de instituição de Comitês de Bacia Hidrográfica;
- Estabelecer critérios gerais para a outorga de direito de uso de recursos hídricos e para a cobrança por seu uso;
- Aprovar o PNRH e acompanhar sua execução (BRASIL, 1998).

O progresso na estrutura institucional seguiu com a criação da Agência Nacional de Águas (ANA), em 17 de julho de 2000, por meio da Lei nº 9.984, autarquia sob regime especial, com autonomia administrativa e financeira e vinculada ao Ministério do Meio Ambiente. Seu desígnio é de executar, em sua esfera de atribuições, a Política Nacional de Recursos Hídricos, integrando o

Singreh. Ainda no propósito da Lei das Águas, foi instituído o Plano Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH) como um dos principais instrumentos para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos. O PNRH foi formado em 2006, graças a um amplo empenho dos órgãos de governo, aliado aos segmentos sociais que interatuam com o tema. Sua execução cooperou para o fortalecimento do Singreh, na medida em que gerou a participação de um grande número de atores sociais em todas as regiões hidrográficas brasileiras, além de representantes do governo federal, dos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Segrehs), dos usuários e da sociedade civil organizada. O Plano define, como objetivos estratégicos, o avanço da disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, a redução dos conflitos pelo uso da água e a percepção da conservação da água como valor socioambiental relevante (ANA, 2000).

No âmbito estadual, devido à deficiência de um marco legal em nível nacional até 1997, os estados se comportavam de maneira diferenciada em seus processos de administração do setor de recursos hídricos. Com a sanção da Lei nº 9.433/1997, os mesmos passaram a priorizar políticas relacionadas aos recursos hídricos, tendo como referência a legislação federal. Estados onde os conflitos pelos recursos hídricos eram mais relevantes, quer seja por restrições quantitativas e/ou por qualitativas, já haviam organizado suas políticas estaduais de recursos hídricos, como o caso de São Paulo (1991), Ceará (1992), Distrito Federal (1993), Minas Gerais (1994), Santa Catarina (1994), Rio Grande do Sul (1994), Sergipe (1995), Bahia (1995), Rio Grande do Norte (1996) e Paraíba (1996), (ANA, 2012).

O artigo 171 da Constituição Estadual instituiu um modelo sistêmico para a gestão das águas do Rio Grande do Sul, no qual a bacia hidrográfica foi apontada como unidade básica de planejamento e gestão. A Lei Estadual n.º 10.350, de 30 de dezembro de 1994 regulamentou este artigo e estabeleceu, para cada bacia do Estado, a formação de um comitê de gerenciamento. Para o Rio Grande do Sul, de acordo com a referida lei, foi determinada a existência de três Regiões Hidrográficas, as quais foram subdivididas em bacias hidrográficas, totalizando, até o presente momento, vinte e cinco unidades. Para cada uma destas, está previsto a constituição de um comitê para a gestão integrada dos seus recursos hídricos (SEMA, 2013).

2.2 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A água do planeta está em constante movimento e sob diversos estados físicos, sendo este processo conhecido como ciclo hidrológico. Em função deste ciclo contínuo, mares, oceanos, lagos e rios estão interligados. Essa troca de matéria e energia se dá por meio dos processos hidrológicos de precipitação, infiltração, evaporação, transpiração, escoamento superficial, subterrâneo, e percolação.

Neste contexto, a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 2002).

Considerando a conservação do solo e da água, a unidade de terreno para planejamento de ações deve ser uma bacia hidrográfica, porque é nessa unidade que todos os processos erosivos, associados aos processos hidrológicos, estão elencados (ANDRADE et al., 2010).

O Brasil possui 12% das reservas de água doce do planeta, 80% das quais estão localizadas na bacia de drenagem do rio Amazonas. Desse total, $1.568\text{m}^3\text{s}^{-1}$ são retirados para diferentes fins, mas cerca de $840\text{m}^3\text{s}^{-1}$ são efetivamente consumidos, não regressando às bacias hidrográficas. A maior parte desta água é utilizada na agropecuária (61%), no consumo humano (21%) e no industrial (18%) (ANA, 2013).

A bacia hidrográfica, mesmo quando preservada, influencia na qualidade das águas de seus corpos hídricos, por meio do transporte de substâncias e partículas dos solos decorrentes da precipitação pluvial. A água, ao percorrer os trechos de uma bacia, tem sua qualidade modificada. Neste caso, a cobertura e composição do solo da bacia hidrográfica, em questão, terão ampla influência na determinação da qualidade de suas águas. Pode-se ressaltar, também, que as condições sazonais do clima influenciam indiretamente na qualidade das águas (RUAS, 2006).

Para que ocorra evolução no sistema de planejamento e gerenciamento das águas, segundo Tundisi (2003), faz-se necessária a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento, bem como a integração

econômica e social, adequando tecnologias de proteção, conservação, recuperação e tratamento.

2.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

A água está se tornando um elemento cada vez mais escasso, tanto em termos qualitativos como quantitativos, devido ao crescimento urbano e industrial, ao manejo inadequado na atividade agrícola e pecuária, à falta de planejamento e gestão dos recursos hídricos (QUEIROZ et al., 2010).

Solo e água desenvolvem uma intrínseca relação na qual o uso de um recurso influencia na qualidade e disponibilidade do outro. Deste modo, o conhecimento sobre a qualidade da água é de extrema importância, uma vez que a partir dessas informações é possível inferir sobre as condições da bacia hidrográfica como um todo (QUEIROZ et al., 2010).

A água é um exímio indicador ambiental da qualidade da manipulação do solo pelo homem (SANTOS, 2007); no entanto, a qualidade da água não se restringe à determinação da pureza da mesma, mas às suas características desejadas para os seus diversos usos (BILICH; LACERDA, 2005). Logo, a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas (ROMITELLI; PATERNIANI, 2007), que devem estar associados às características do local, usos da água e seus objetivos de qualidade (AMARAL, 2011).

O conhecimento da qualidade da água mostra-se um fator indispensável para o consumo humano, pesca, balneabilidade, controle de doenças de veiculação hídrica e dessedentação animal, bem como a elaboração de propostas para um plano integrado dos recursos hídricos para a irrigação. Este plano deve integrar quatro fatores: (1) se a qualidade de água pode comprometer a operacionalização do sistema de irrigação; (2) se há risco de contaminação dos alimentos irrigados; (3) se há risco de toxidez às plantas ou (4) se há risco de salinização do solo (VANZELA, 2008).

Um dos principais problemas de qualidade de água para a irrigação relaciona-se à obstrução física de tubulações e emissores, principalmente em sistemas de irrigação localizada (NAKAYAMA; BUCKS, 1986). O excesso de nitrogênio e elementos traços na água de irrigação pode também afetar o

desenvolvimento das plantas, enquanto o excesso de sais pode provocar a salinização do solo e redução da taxa de infiltração de água no solo (AYERS; WESTCOT, 1991).

Os conceitos de qualidade da água e poluição estão comumente interligados; porém, a qualidade da água decorre de mudanças nas qualidades físicas, químicas, radiológicas ou biológicas do ar, da água e do solo, causadas pelo homem ou por outras atividades antropogênicas que podem ser prejudiciais ao uso presente, futuro e potencial do recurso (PINTO, 2007). Os principais agentes poluidores das águas são: sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, nutrientes, organismos patogênicos (coliformes), matéria orgânica não biodegradável (agrotóxicos, alguns detergentes, produtos farmacêuticos, etc.), metais, sólidos inorgânicos dissolvidos (VON SPERLING, 2005; AMARAL, 2011).

A precipitação é uma informação importante na análise da qualidade da água, pois influencia diretamente na vazão e na qualidade de um corpo de água. Entretanto, especialmente no meio rural, é difícil estabelecer uma relação direta entre precipitação e qualidade de água, uma vez que diferentes intensidades de precipitação estabelecem diversos níveis de impactos no solo, deflagrando processos erosivos de diversos graus, de acordo com o uso e ocupação das terras, umidade do solo e outros fatores que influenciam diretamente na taxa de escoamento superficial (FRAGA, 2012).

Para que haja um monitoramento da qualidade das águas superficiais, um conjunto de condições e padrões foi criado para avaliar a qualidade de um corpo d'água, num determinado momento, e em termos dos possíveis usos futuros. O CONAMA, na Resolução 357/2005 classificou os corpos d'água segundo a qualidade requerida para seus usos preponderantes (SILVA et al., 2008 e SILVA et al., 2009), descritos na Tabela 1. Os padrões devem ser atendidos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada. Além dos padrões, também é previsto que a qualidade dos ambientes aquáticos poderá ser avaliada por indicadores biológicos, quando necessário, utilizando-se de organismos e/ou comunidades aquáticas.

A Tabela 2 apresenta os padrões de qualidade do corpo hídrico, segundo os parâmetros utilizados nesse trabalho, associados às diversas classes dos corpos d'água, segundo a Resolução CONAMA n.º 357/2005.

De acordo com França (2009), pesquisas de longo prazo e programas de monitoramento de qualidade da água são primordiais para um melhor entendimento sobre o comportamento do corpo hídrico, isto é, a falta de informações acarreta resultados negativos no uso e aproveitamento dos recursos hídricos.

Tabela 1. Usos pretendidos por classe de qualidade para as águas.

Classes de Qualidade	Usos Pretendidos
Classe Especial	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimento para consumo humano, com desinfecção; - Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; - Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
Classe 1	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; - Proteção das comunidades aquáticas; - Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho (a); - Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película; - Proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas.
Classe 2	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; - Proteção das comunidades aquáticas; - Recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho (a); - Irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esportes e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; - Aquicultura e atividade de pesca.
Classe 3	<ul style="list-style-type: none"> - Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; - Irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; - Pesca amadora; - Recreação de contato secundário; - Dessedentação de animais.
Classe 4	<ul style="list-style-type: none"> - Navegação; - Harmonia Paisagística.

Fonte: Resolução CONAMA, 357/2005.

Tabela 2. Padrões de qualidade do corpo hídrico, segundo os parâmetros associados às diversas classes dos corpos d'água.

Parâmetro	Unidade	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Cor	mg Pt/L	Igual do corpo d'água	Até 75	Até 75	Sem valor
Turbidez	UNT	Até 40	Até 100	Até 100	Sem valor
OD	mg/L de O ₂	Não inferior a 6,0	Não inferior a 5,0	Não inferior a 4,0	Não inferior a 2,0
pH	-	De 6,0 a 9,0	De 6,0 a 9,0	De 6,0 a 9,0	De 6,0 a 9,0

Fonte: Resolução CONAMA, 357/2005

2.3.1 Temperatura da água

A temperatura da água é um importante fator ecológico, pois pode influenciar diretamente os organismos aquáticos (ROMITELLI, 2006). Este parâmetro influencia a densidade e viscosidade da água, alterando a sedimentação de materiais, aumentando a taxa de transferência de gases entre a água e a atmosfera, diminuindo a solubilidade dos gases na água (como no caso do oxigênio, do gás carbônico, da amônia e do nitrogênio gasoso), e elevando a concentração de amônia livre (FRANÇA, 2009). É importante analisar a temperatura em conjunto com outros parâmetros (VON SPERLING, 2005; FRANÇA, 2009), já que esta exerce influência sobre as reações químicas, bioquímicas e processos biológicos (TAVARES, 2006). A relação com o OD se refere a sua diminuição pelo aquecimento durante o dia e o aumento pelo resfriamento no período noturno (MAIER, 1987). Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano; no entanto, o lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo, prejudicando o crescimento e reprodução de organismos aquáticos (LUÍZ, 2011).

2.3.2 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido constitui-se uma variável de suma importância para a avaliação do estado de poluição em que se encontra determinado rio, pois indica o grau de poluição por matéria orgânica e, em casos de baixa concentração desse gás, pode-se afirmar que a matéria orgânica, presente na água, encontra-se em intensa decomposição (GUEDES, 2009). De acordo com Tavares (2006), águas superficiais de boa qualidade devem estar saturadas de oxigênio. Por outro lado, em

águas com pouco oxigênio há reprodução de bactérias anaeróbias que, ao decomporem a MO, liberam metano, amônia e gás sulfúrico.

O oxigênio na água é oriundo de duas fontes principais: da atmosfera e da assimilação fotossintética das plantas submersas. É um elemento essencial à manutenção dos processos metabólicos de produção, energia e reprodução dos seres vivos (LIMA e GARCIA; 2008). Este parâmetro pode variar, principalmente, devido à temperatura e à altitude, ou seja, águas mais frias retêm maior quantidade de oxigênio (PINTO, 2007).

De acordo com a CETESB (2010), os níveis de oxigênio dissolvido indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática. Portanto, águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, já que o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica, enquanto as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas (ANA, 2009).

2.3.3 Turbidez

A turbidez representa o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar uma amostra de água devido à presença de sólidos em suspensão (FRANÇA, 2009), que pode ser de origem natural (partículas de rocha, argila e silte, algas ou outros micro-organismos) ou antropogênica (despejos domésticos, despejos industriais, micro-organismos e erosão) (ROMITELLI, 2006), ambas conferindo uma aparência turva à água (CALIJURI et al., 2012).

De acordo com Raposo et al. (2009), a turbidez consiste num dos principais parâmetros de qualidade das águas, capaz de demonstrar alterações na dinâmica hidrossedimentar de uma bacia como consequência da erosão acelerada. Logo, esse parâmetro é muito útil em análises ambientais em bacias hidrográficas (LUÍZ, 2011), visto que se associa com o uso e cobertura do solo e, conseqüentemente, os danos nos cursos d'água relacionados a atividades humanas (RAPOSO et al., 2009).

A alta turbidez reduz a fotossíntese da vegetação submersa e das algas, que por sua vez influencia nas comunidades aquáticas (FRANÇA, 2009), bem como é necessário usar uma quantidade maior de coagulantes nas estações de tratamento de águas, aumentando os custos (LUIZ, 2011).

2.3.4 Cor

De acordo com Romitelli (2006), a cor de uma água decorre de substâncias dissolvidas que podem ter origem natural (decorrente da decomposição da matéria orgânica, principalmente vegetais, e minerais – ferro e manganês) e antropogênica (resíduos industriais e esgotos domésticos).

De acordo com Macedo (2004), as águas superficiais estão mais sujeitas a ter cor do que as águas subterrâneas, pelo fato deste parâmetro ser resultado, principalmente, dos processos de decomposição de matéria orgânica. Além disso, pode-se ter cor devido à presença de alguns íons metálicos, como ferro e manganês, plâncton, macrófitas e despejos industriais.

Uma água corada levanta sérias objeções por parte dos consumidores, pelas dúvidas que provoca sobre a sua potabilidade, bem como em certas indústrias pode causar perturbação na qualidade dos produtos fabricados (indústria de celulose e algodão) (PEIXOTO, 2008).

2.3.5 pH

O pH da água pode ser considerado uma das variáveis ambientais mais importantes. Todavia sua interpretação é complexa, pois nos valores de pH da água influenciam inúmeros fatores, tais como concentração de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH, e pelas reações de carbonatos e bicarbonatos com a molécula de água, que elevam os valores do pH (ROMITELLI, 2006).

A escala de pH varia entre o valor mínimo 0 (acidez máxima) e o máximo 14 (basicidade máxima), indicando a concentração de H^+ numa solução (ARNDT, 2011). É um parâmetro que deve ser sempre avaliado, uma vez que pode interferir no processo de coagulação-precipitação química durante o tratamento da água, na corrosão de tubulações e equipamentos, no crescimento microbiano dos sistemas biológicos de tratamento, na toxidez de certos compostos e nos constituintes da alcalinidade e acidez da água (LIMA e GARCIA, 2008).

Valores fora das faixas recomendadas podem alterar o sabor da água e contribuir para a corrosão do sistema de abastecimento, além de dificultar a descontaminação das águas (TAVARES, 2006). Valores elevados de pH em um

corpo d'água podem estar associados à proliferação de algas, indicativo da presença de efluentes (ROMITELLI, 2006). Em contra partida, uma pequena diminuição no pH pode estar associado ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a conseqüente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água (MAIER, 1987).

O pH sofre influência de inúmeros fatores, como presença de sólidos gases dissolvidos, dureza e alcalinidade, temperatura e fatores abióticos (TAVARES, 2006), sendo que a alteração de seus limites, por longos períodos de tempo, ou fortes oscilações em curto prazo, resultam na inibição dos processos metabólicos, na redução de espécies de organismos ou no poder de autodepuração (FRANÇA, 2009).

2.3.6 Alcalinidade

A alcalinidade da água é a quantidade de íons que reagirão para neutralizar os íons de hidrogênio, ou seja, é uma medição da capacidade da água em resistir às mudanças de pH (VON SPERLING, 2005).

Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), os carbonatos (CO_3^-) e os hidróxidos (OH^-); logo, esse parâmetro relaciona-se com a dureza (PEIXOTO, 2008).

Em termos de tratamento e abastecimento público de água, a alcalinidade e o pH estão inter-relacionados, isto é, em $\text{pH} > 9,4$ há presença de hidróxidos e carbonatos; em pH entre 8,3 e 9,4 há presença de carbonatos e bicarbonatos e em pH entre 4,4 e 8,3 há, apenas, bicarbonato (VON SPERLING, 2005).

2.3.7 Dureza

De acordo com Hércias (2007), Lima e Garcia (2008), a dureza da água é causada pela presença dos íons de cálcio e magnésio, como também outros metais polivalentes, como ferro, alumínio, manganês, estrôncio e zinco que podem aparecer em águas naturais em quantidades insignificantes, além da possibilidade dos cloretos e sulfatos formados ou não, na presença de hidróxidos. Os íons de cálcio e magnésio são normalmente os únicos presentes em quantidades significativas;

portanto, a dureza é geralmente considerada como uma medida do teor em cálcio e magnésio na água (PEIXOTO, 2008).

Uma água dura contém carbonatos metálicos, sobretudo CaCO_3 e, por isso, tem alcalinidade elevada. Inversamente (a menos que os carbonatos sejam de sódio e/ou potássio, que não contribuem para a dureza), uma água leve também tem alcalinidade baixa e baixa capacidade de tamponamento, ficando mais suscetível a contaminações ácidas, naturais ou antropogênicas (PEIXOTO, 2008).

As águas muito duras ocasionam incrustações nas tubulações e indesejáveis entupimentos, ocasionando transtornos na irrigação, por conta da incrustação de carbonato nos canos e bombas. Além disso, ocorre redução da transferência de calor, com aumento da ação das resistências dos chuveiros, através da deposição de calcários, acelerando a corrosão pela formação de carbonatos e hidróxidos corrosivos, terminando em queima das mesmas. Igualmente, a dureza elevada confere um sabor desagradável à água (LIMA; GARCIA, 2008).

2.3.8 Matéria orgânica

A matéria orgânica presente nos corpos d'água revela-se uma característica de primordial importância, sendo associado ao consumo do oxigênio dissolvido pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica (BOTELHO, 2003).

De acordo com Alves e Garcia (2006), Lima e Garcia (2008), a decomposição da matéria orgânica acumulada no meio começa a ser decomposta por ação de bactérias e fungos, formando a amônia ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$), que é um composto tóxico para os peixes. A decomposição continua, onde a amônia, por ação das bactérias aeróbicas do gênero *Nitrosomonas*, é oxidada a nitrito (NO_2^-), também tóxico. Seguindo o ciclo, as bactérias aeróbicas do gênero *Nitrobacter* oxidam o nitrito a nitrato (NO_3^-), um composto relativamente bem menos tóxico que seus precursores, e utilizado como nutriente por algas e plantas. Fecha-se, assim, o ciclo do nitrogênio.

2.3.9 Gás carbônico livre

Apesar de não ser um parâmetro estabelecido pela legislação brasileira, a determinação do CO₂ mostra-se relevante, visto que o gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibrocimento) de um sistema de abastecimento de água e, por essa razão, o seu teor deve ser conhecido e controlado (FUNASA, 2006; OLIVEIRA et al., 2012).

O CO₂ tem inter-relação com os valores de pH, ou seja, um pH maior que 8,2 indica CO₂ livre ausente; pH entre 4,5 e 8,2 indica pH influenciado por gás carbônico e um pH menor que 4,5 indica acidez por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais (FUNASA, 2006).

2.4 CONTAMINAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS PELAS ATIVIDADES AGRÍCOLAS

O solo, embora seja um recurso vital assim como a água, é explorado até a sua exaustão em algumas regiões do mundo (ARNDT, 2011). Logo, a relação entre homem e natureza vem se tornando preocupante nas últimas décadas e o município de Pelotas não foge à regra. A não preservação das matas nativas e ciliares, o uso de defensivos agrícolas, o lançamento de efluentes não tratados nos corpos d'água e o destino incorreto do lixo produzido têm contribuído para a degradação dos recursos naturais de diferentes bacias hidrográficas (FILHO et al., 2012).

Solo e água desenvolvem uma intrínseca relação na qual o uso de um recurso influencia na qualidade e disponibilidade do outro. Desconsiderar tal interação, nas atividades agrícolas, tem ocasionado processos acelerados de degradação em bacias hidrográficas do Brasil. Dessa forma, o planejamento ambiental em bacias hidrográficas representa o caminho mais propício para o desenvolvimento de atividades de enfoque sistêmico na aplicação de projetos de pesquisa e desenvolvimento (ANDRADE et al., 2010). A alteração da cobertura vegetal da bacia hidrográfica pode ser considerada como fonte de poluição, uma vez que influencia na resposta da bacia aos eventos de chuva, alterando seu comportamento hidrológico (GUEDES, 2009). Nesse sentido, a exploração agrícola em áreas frágeis, com o uso e manejo inadequado do solo, o desflorestamento desordenado, as queimadas, o plantio no sentido do declive do terreno, o

superpastoreio e a falta do hábito de rotação de culturas têm induzido a uma intensificação dos processos de erosão hídrica do solo (DILL, 2002). As decorrências desses fatores são o carreamento de grandes quantidades de solo, matéria orgânica e insumos agrícolas para o leito dos cursos d'água no período chuvoso, contribuindo, significativamente, para o aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais (VANZELA et al., 2010).

Por sua vez, a perda da cobertura florestal aumenta a quantidade e a velocidade do escoamento superficial com o conseqüente aumento da capacidade de arraste e transporte de material (DILL, 2002). O sedimento é transportado para o curso d'água, prejudicando a qualidade das águas superficiais, além de servir como veículo a outros poluentes que são absorvidos a esses materiais. Quando a capacidade de transporte dos cursos receptores torna-se insuficiente, tais sedimentos são depositados em canais de irrigação, rios, estuários, reservatórios, portos, reduzindo a capacidade destas estruturas (BRANCO et al., 1998).

De acordo com Carvalho (1994), os sedimentos que chegam ao curso d'água possuem diversas granulometrias e sofrem um processo de transporte diferenciado, de acordo com as condições do local e do escoamento. Existem forças que atuam sobre as partículas, mantendo-as em suspensão ou no fundo do rio, saltando para o escoamento, deslizando ou rolando ao longo do leito. As forças são em função do tamanho, peso e forma da partícula, do regime de escoamento, da velocidade da corrente, de obstáculos no leito, da declividade e forma do canal, entre outras (DILL, 2002).

Em áreas agrícolas, o escoamento da água das chuvas em solos que receberam fertilizantes também é uma fonte de Nitrogênio, assim como a drenagem de águas pluviais em áreas urbanas (MORETTO, 2011).

O crescente uso de fertilizantes químicos, pesticidas e herbicidas está poluindo os aquíferos e ameaçando pessoas e animais (COLLARES, 2000). De acordo com Resende (2002), a adubação nitrogenada pode apresentar um alto impacto sobre as águas subterrâneas, pois sua ocorrência, principalmente na forma de nitrato, pode contaminar extensas áreas, devido à alta mobilidade em água e por ser pouco adsorvido ao solo. Em águas superficiais, o aumento na carga de nitrato está diretamente relacionado ao processo de eutrofização dos mananciais.

Da mesma forma, o uso frequente e inadequado de agrotóxicos aumentam o risco de contaminação do solo e das águas (superficiais e subterrâneas). A

decorrente exposição aos agrotóxicos pode comprometer os usos múltiplos da água pelas comunidades humanas, principalmente, próximas às áreas cultiváveis (AMARAL, 2011). Em humanos, a exposição direta (intoxicação de produtores rurais) ou indireta (pelo consumo de água e alimentos contaminados) vem sendo reportada como constante causa de intoxicação (SPADOTTO et al., 2004).

Para que a gestão dos recursos hídricos tenha um resultado efetivo, é necessário haver um monitoramento adequado, com capacidade de identificar e apontar possíveis locais sujeitos ou não à contaminação, poluição, erosão ou outros danos ambientais (NASCIMENTO; VILLAÇA, 2008).

2.5 CARACTERIZAÇÃO DOS TIPOS DE SOLOS DA ÁREA DE ESTUDO

Os solos que compreendem a área de contribuição da ETA Sinnott, e suas principais características são apresentados a seguir:

2.5.1 Argissolos

São solos geralmente profundos a muito profundos, variando de bem drenados a imperfeitamente drenados, apresentando um perfil com uma sequência de horizontes A-Br-C ou A-E-Bt-C, onde o horizonte Bt é significativamente mais argiloso do que os horizontes A e E. De acordo com a cor que predomina no horizonte Bt os Argissolos podem ser classificados em: Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Bruno-Acizentados, Argissolos Acizentados, Argissolos Amarelos. Os Argissolos também são classificados conforme suas características químicas como: distróficos (saturação por bases menor que 50%); eutróficos (saturação por bases maior ou igual a 50%); alíticos (Alumínio (Al) extraível maior ou igual a 4cmol_c/kg, saturação por Al maior ou igual a 50% e atividade de argila maior ou igual a 20cmol_c/kg de argila) e alumínicos (Al extraível maior ou igual a 4 cmol_c/kg, saturação por Al maior ou igual a 50% e atividade de argila menor que 20cmol_c/kg de argila). Os Argissolos ocorrem em relevo desde suave ondulado até forte ondulado ocupando em termos percentuais a maior parte da área territorial do RS. As diversas classes de Argissolos apresentam uma grande diversidade de características físicas e químicas, cuja interpretação permite recomendações gerais de uso e manejo agrícola desses solos. Isto é, as cores vermelhas e vermelho-

amarelas indicam ambientes de boa drenagem; as cores bruno-acizentadas e acizentadas indicam solos com drenagem moderada ou imperfeita que os mantém saturados com água em determinados períodos do ano, proporcionando um ambiente anaeróbico, prejudicial ao desenvolvimento das plantas. A saturação com água nos horizontes superficiais será alcançada tanto mais rapidamente quanto menor for a espessura dos horizontes A+E, dando início ao escoamento superficial da água. Como resultado tem-se uma erosão em sulcos, culminando com a formação de voçorocas. As principais limitações nas características químicas dos Argissolos referem-se à baixa fertilidade natural (distróficos), forte acidez e alta saturação por alumínio (alíticos e alumínicos). Portanto, os Argissolos exigem investimentos em corretivos, fertilizantes e sistemas de manejo para alcançar rendimentos satisfatórios, seja em campo nativo ou lavoura (STRECK et al., 2008).

2.5.2 Cambissolos

Os Cambissolos são solos rasos a profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Bi-C ou O-A-Bi-C, onde o horizonte Bi é do tipo B incipiente. As condições de drenagem desses solos variam de bem drenados a imperfeitamente drenados, dependendo da posição que ocupam na paisagem. A presença de fragmentos de rocha é comum no perfil dos Cambissolos, atestando um baixo grau de alteração do material. No RS, os Cambissolos foram diferenciados em função da acumulação de material orgânico (MO) no horizonte superficial, sendo classificados em Cambissolos Húmicos e Cambissolos Háplicos. Os Cambissolos Húmicos são alumínicos e, portanto, extremamente ácidos (Al trocável maior ou igual a 4cmol_c/kg; saturação por bases menor que 50%). A maioria dos Cambissolos Háplicos são, geralmente, distróficos (saturação por bases menor que 50%) ou eutróficos (saturação por bases maior ou igual a 50%). Os Cambissolos Húmicos ocorrem em ambientes onde a alta pluviosidade e baixas temperaturas, que favorecem a acumulação de MO, ocorrendo em relevo ondulado a forte ondulado. Os Cambissolos Háplicos ocorrem em qualquer situação de relevo. Pelo fato de ocorrerem em diversas condições de material de origem, clima e relevo, com fertilidade química variável, a aptidão agrícola dos Cambissolos deve ser avaliada caso a caso (STRECK et al., 2008).

2.5.3 Gleissolos

Os Gleissolos são solos pouco profundos a profundos, muito mal drenados, de cor acinzentada ou preta, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-Cg, ou A-Bg-Cg, ou H-Cg, onde os horizontes Bg e Cg são horizontes glei. Os Gleissolos são classificados em Gleissolos Melânicos ou Háplicos, podendo ser eutróficos ou distróficos. Os Gleissolos ocorrem em depressões mal drenadas em todo o Estado do RS, no entanto os Gleissolos que ocorrem em áreas de nascentes dos rios devem permanecer em preservação permanente. Já nas áreas de várzeas de rios e planícies são solos aptos para o cultivo com arroz irrigado, e quando drenados, com culturas anuais como milho, soja, feijão e pastagens (STRECK et al., 2008).

2.5.4 Neossolos

Os Neossolos são solos rasos ou profundos, apresentando no perfil uma sequência de horizontes A-R, A-C, A-C-R, A-Cr-R, O-R ou H-C. São solos de formação muito recente que se encontra em diversas condições de relevo e drenagem. No RS, os Neossolos são distinguidos em Neossolos Litólicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Quartzarênicos. Entre os solos, os Neossolos Regolíticos são os de maior frequência no RS, enquanto que os Neossolos Flúvicos ocupam a menor extensão. Podem ocupar as encostas de relevo mais acentuado, relevo plano a suavemente ondulado e relevo ondulado a forte ondulado. Os Neossolos Litólicos, devido a pouca profundidade efetiva para o desenvolvimento das raízes e para o armazenamento de água e, por ocorrerem em regiões com pedregosidade e afloramento de rochas, apresentam fortes restrições para as culturas anuais; em consequência disso devem ser mantidos em preservação permanente. Os Neossolos Regolíticos podem ser cultivados mediante práticas intensivas de conservação, com mínima mobilização do solo (STRECK et al., 2008).

2.5.5 Planossolos

Os Planossolos são solos imperfeitamente drenados ou mal drenados, encontrados em áreas de várzea, com relevo plano a suave ondulado. Apresentam

perfis com sequência de horizontes A-E-Bt-C. O Horizonte Bt é mais argiloso e adensado, de cor acinzentada com ou sem mosqueados vermelho e/ou amarelos. No RS, a maioria dos Planossolos são Háplicos Eutróficos, sendo aptos ao cultivo de arroz irrigado e, com sistemas de drenagem eficientes, podem ser cultivados com milho, soja e pastagens (STRECK et al., 2008).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A ETA Sinnott foi construída entre os anos de 1913 a 1915 para melhorar o sistema de abastecimento de água da cidade de Pelotas que nesta época já se tornava deficitário, pois era servido apenas pela ETA Moreira. No município, o SANEP é responsável pela captação, tratamento e distribuição de água potável. A ETA Sinnott abastece os bairros Pestano, Sanga Funda, Areal, Jardim Europa, COHAB Tablada, COHAB Lindóia, Santa Rita de Cássia, Getúlio Vargas, Colônia Z3, Balneários Santo Antônio e dos Prazeres, abastecendo 120 mil consumidores (SANEP, 2013).

3.1.1 Localização da bacia de contribuição da ETA Sinnott

A área de estudo compreende a bacia de contribuição da ETA Sinnott, a qual se encontra na região de abrangência dos Comitês de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas da Lagoa Mirim e do Canal São Gonçalo (Figura 1), no sudeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geodésicas 31°30' a 34°35' de latitude Sul e 53°31' a 55°15' de longitude Oeste. Abrange as Províncias Geomorfológicas Planície Costeira e Escudo Uruguaio-Sul-Rio-Grandense. Possui área de 25.961,04Km², abrangendo municípios como Arroio Grande, Candiota, Canguçu, Capão do Leão, Chuí, Jaguarão, Pelotas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. Os principais cursos de água são os arroios Pelotas, Passo das Pedras, Basílio, Chasqueiro, Grande, Juncal, Chuí, do Vime, Seival, Minuano, Lageado, Taquara, Candiota, Butiá, Telho, do Quilombo e os rios Piratini e Jaguarão, além do Canal São Gonçalo, que faz ligação entre a Lagoa Mirim e a Laguna dos Patos. Os principais usos da água se destinam à irrigação, ao abastecimento humano e à dessedentação animal (SEMA, 2013).

A bacia de contribuição da ETA Sinnott é formada, principalmente, pelas áreas de drenagem do Arroio Pelotas e seu afluente, o Arroio Quilombo, localizadas a montante da ETA Sinnott. O Arroio Pelotas abrange parte de quatro municípios da região sul do Estado do Rio Grande do Sul: Arroio do Padre, Canguçu, Morro Redondo e Pelotas. Além de ter importância econômica e ambiental, é considerado

como patrimônio cultural do Estado do Rio Grande do Sul pela Lei nº 11.895 de 2003. As nascentes do Arroio Pelotas e de seus tributários (arrosios Andrade, Cadeia, Caneleiras e Quilombo) se encontram, em sua totalidade, no município de Canguçu, enquanto a foz encontra-se no Canal de São Gonçalo, a 4km do porto de Pelotas, sendo que a capacidade de recalque de água é de 36 milhões de litros diários (SANEP, 2013). Dentre as atividades agrícolas, destacam-se as lavouras de milho, soja e fumo. Na fruticultura, os cultivos de pêssego e laranja, bem como na pecuária, a criação de aves e bovinos representa a maior parte, seguida pela criação de ovinos e suínos (IBGE, 2010). Destacam-se, no distrito de Monte Bonito, áreas de mineração de granito e areia.

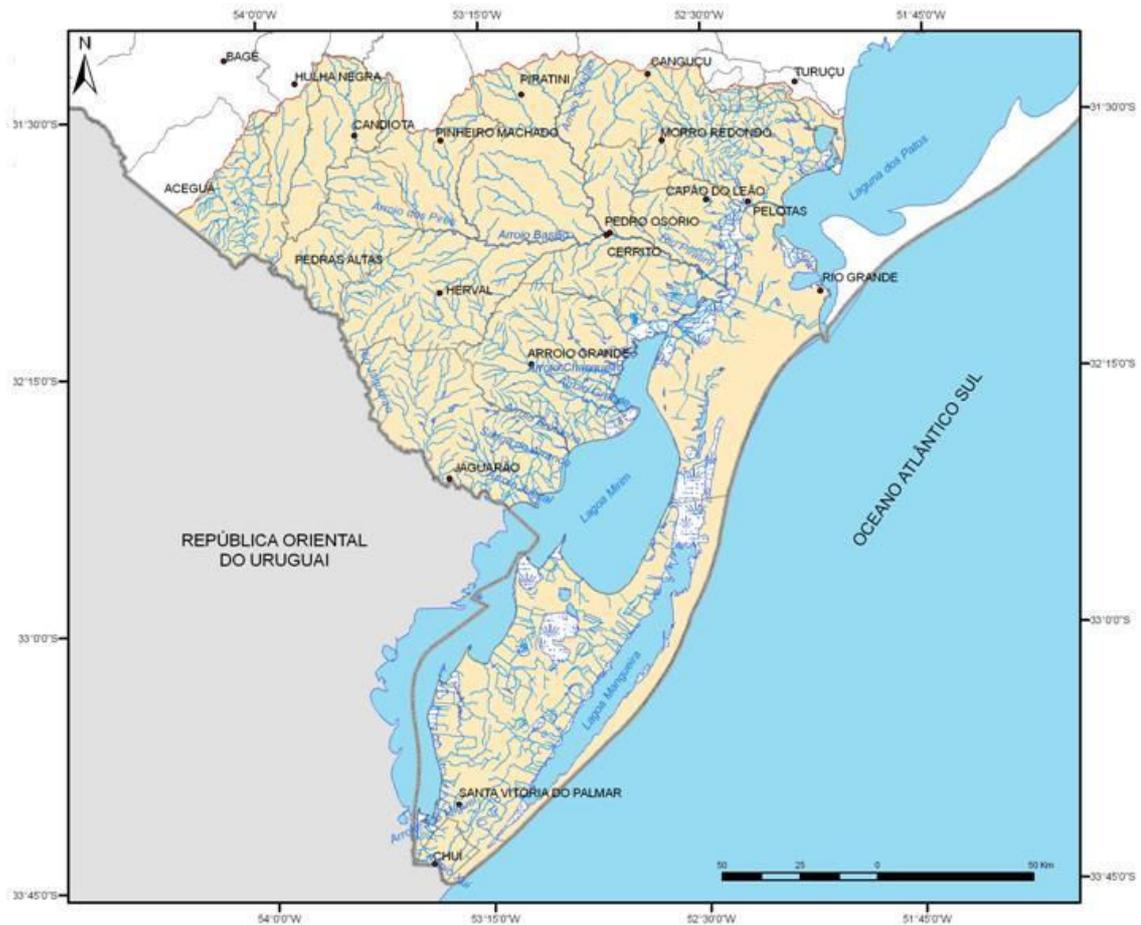


Figura 1. Hidrografia da região de abrangência do Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas da Lagoa Mirim e do Canal São Gonçalo. Fonte: SEMA, 2013.

A região onde está localizado o Arroio Quilombo, distrito do Quilombo no município de Pelotas, é caracterizada por áreas tipicamente coloniais, onde há uma concentração expressiva de imigrantes de descendências principalmente alemã,

italiana e francesa, cujos antepassados, pela formação cultural, muito contribuíram para deixar, como herança, práticas europeias no cultivo de várias espécies rurais. A bacia de contribuição pluvial do sistema Represa e Represinha do Arroio Quilombo ocupa uma área de aproximadamente 90km² (SANEP, 2013).

As águas do Arroio Pelotas e de seu afluente, Arroio Quilombo são fontes de captação para a Estação de Tratamento de Água (ETA) Sinnott (SANEP, 2013). A bacia de contribuição dessa estação de tratamento encontra-se na porção superior da bacia do Arroio Pelotas, à montante de uma Estação Pluviométrica da Agência Nacional de águas (ANA), com área de aproximadamente 69.600ha, situando-se entre as coordenadas geodésicas 31°39'3.31"S e 52°21'35.53"O e foi definida como área de pesquisa (Figura 2).

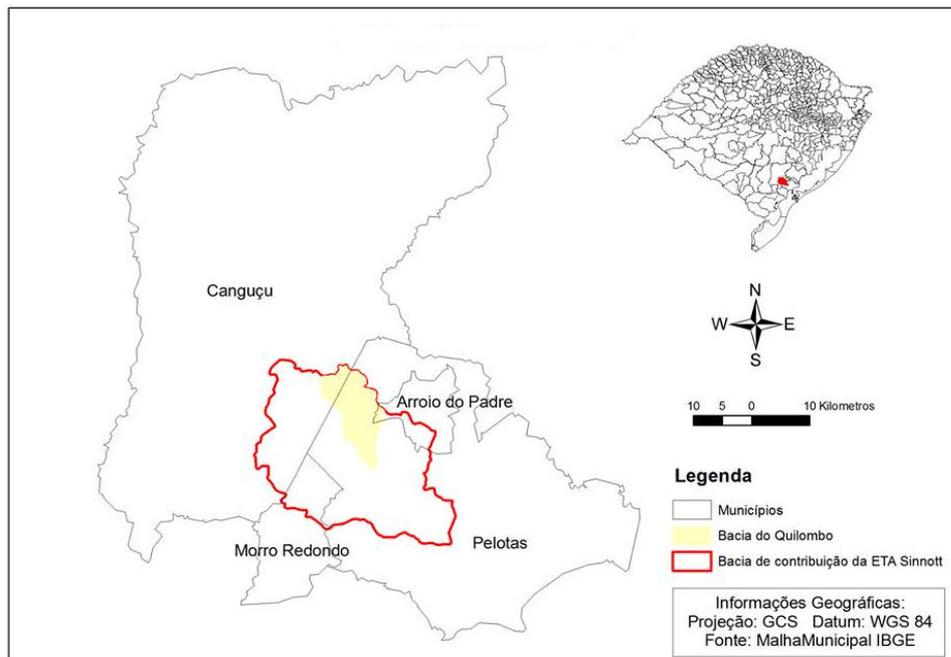


Figura 2. Localização da área de estudo

3.1.2 Clima

O clima da área de acordo com o sistema internacional de classificação climática de Köppen é classificado pelo código Cfa, caracterizado por ser subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas durante o ano e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (KUINCHTNER; BURIOL, 2001). A média anual dos totais de precipitação pluvial é de 1.379mm, sendo fevereiro o mês mais chuvoso,

com média mensal de 145mm. A umidade relativa do ar é elevada (com média anual de aproximadamente 80%) (PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS, 2013).

3.1.3 Rede hidrográfica da bacia de contribuição da ETA Sinnott

Na Figura 3 está apresentada a rede hidrográfica da área de estudo já delimitada, a qual foi gerada através da hidrografia retirada da base cartográfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, elaborada por HASENACK e WEBER (2010) e, posteriormente, processados pelo software Spring 5.1

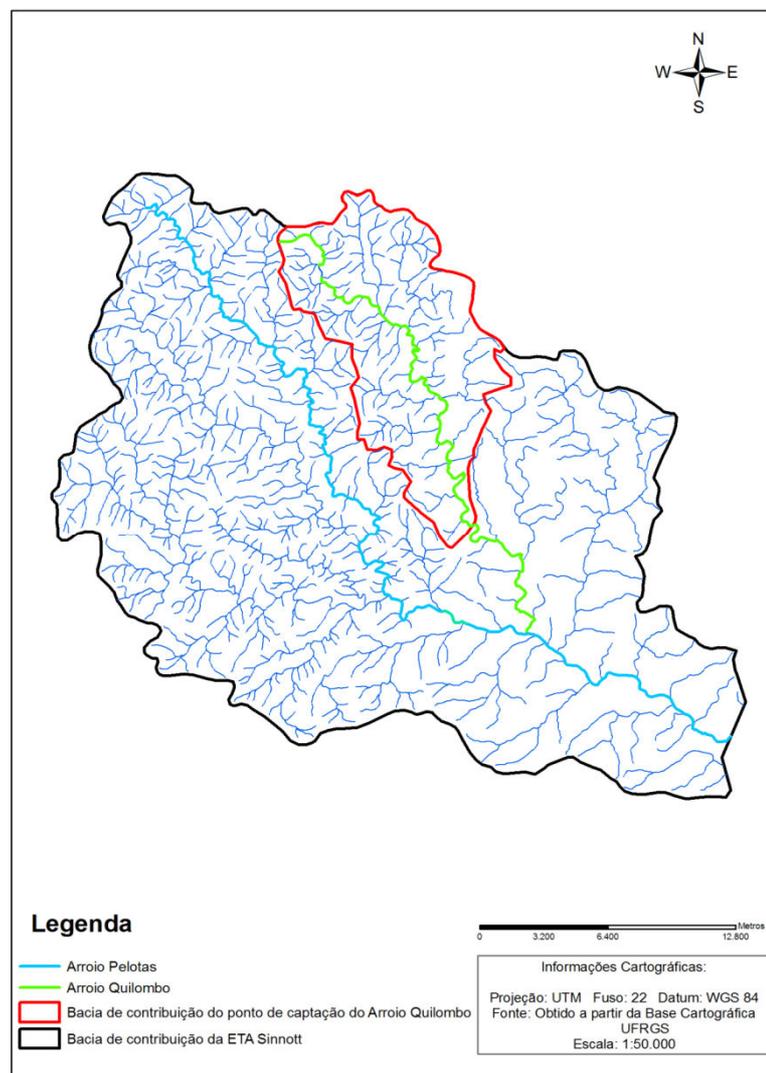


Figura 3. Mapa da rede hidrográfica da bacia de contribuição da ETA Sinnott

3.1.4 Solos na bacia de contribuição da ETA Sinnott

O mapa de solos utilizado foi obtido a partir da classificação realizada por Flores, Filippini e Wrege (2009). Com a base de dados existentes e o limite da área pesquisada obteve-se a delimitação dos solos presentes na área de estudo, processados pelo software Spring 5.1. Os tipos de solos existentes são os Argissolos, Cambissolos, Gleissolos, Neossolos e Planossolos.

3.1.5 Mapa de declividades da bacia de contribuição da ETA Sinnott

As declividades foram construídas a partir de dados obtidos do Modelo Numérico do Terreno da Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), liderada pela NGA (U.S. National Geospatial-Intelligence Agency) e a NASA (U.S. National Aeronautics and Space Administration). A resolução do SRTM é de 30m dentro os EUA e 90m nos demais países (EVARISTO, 2005). Posteriormente, os dados, foram processados por meio do software Spring 5.1 (INPE, 2013).

3.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT

As características morfométricas quantificadas foram: Área, altitude do ponto mais alto, altitude do ponto mais baixo, perímetro da bacia, declividade média da bacia, comprimento do talvegue total, declividade média do talvegue, tempo de concentração, fator de forma e índice de compacidade.

3.2.1 Características básicas

Para a estimativa do valores de área, altitude do ponto mais alto, altitude do ponto mais baixo, perímetro, declividade média da bacia, comprimento do talvegue total e declividade média do talvegue índices das características morfométricas, foi utilizado o software Spring 5.1 (INPE, 2013).

3.2.2 Tempo de concentração

O tempo de concentração (T_c) foi calculado pela fórmula de Dodge (TUCCI, 2002), utilizando-se a seguinte equação:

$$T_c = 21,88 \times A^{0,77} \times S^{-0,17} \quad (1)$$

em que:

T_c - tempo de concentração (h);

A - área da bacia (km^2);

S - declividade média do talvegue (m/m).

3.2.3 Fator de forma

O fator de Forma (K_f), cuja fórmula foi descrita por Villela e Mattos (1975) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Sendo:

A - área da bacia (km^2)

L - o comprimento do eixo da bacia (km).

3.2.4 Índice de compacidade

O índice de compacidade (K_c), cuja fórmula foi descrita por Villela e Mattos (1975) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$K_c = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (3)$$

Sendo:

P - perímetro da bacia (km)

A - área da bacia (km^2)

3.3 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA - LOCAL DE AMOSTRAGEM

Os dados utilizados neste estudo são resultados do monitoramento da água bruta realizado pelo SANEP, incluindo um ponto de captação no Arroio Quilombo e outro ponto no Arroio Pelotas. A tomada de água bruta do Arroio Quilombo localiza-

se entre as coordenadas geodésicas 31°31'18.62"S (latitude Sul) e 52°29'9.89"O (longitude Oeste), sendo efetuada por tubos com 21km de extensão e 500mm de diâmetro que conduzem a água até a ETA Sinnott.

A captação de água bruta do Arroio Pelotas localiza-se entre as coordenadas geodésicas 31°35'16.70"S e 52°21'50.67"O, e é obtida através de uma adutora que conduz a água até a ETA Sinnott, com diâmetro de 500mm e extensão de 3,2km, com capacidade de recalque de 36.000m³/dia. O Arroio Pelotas é o que mais fornece água bruta para o SANEP. Ele tem suas nascentes na Serra dos Tapes, no vizinho município de Canguçu e vem desaguar no Canal São Gonçalo, em Pelotas.

As coletas das amostras de água bruta para as análises físico-químicas localizam-se em dois pontos na entrada da ETA Sinnott, entre as coordenadas geodésicas 31°39'3.31"S e 52°21'35.53"O (Figura 4).

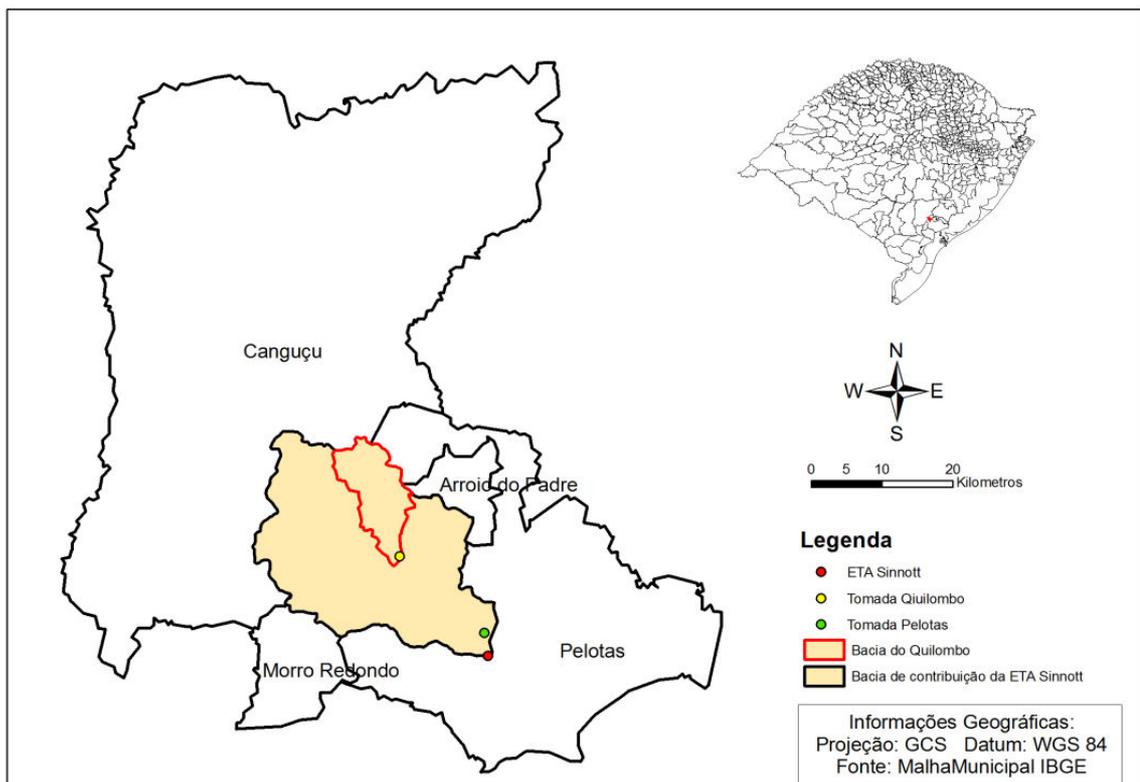


Figura 4. Localização da ETA Sinnott e dos pontos de tomada de água no Arroio Pelotas e no Arroio Quilombo.

3.4 PERÍODO DE AMOSTRAGEM

As amostras de água foram coletadas e analisadas pelo SANEP, de acordo com a metodologia descrita no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (CLESCERI; GREENBERG; EATON, 1998). Para este estudo foram

Resolução CONAMA nº 357 de 17/03/2005, que em seu artigo 42, classifica os corpos de água doce como os do presente estudo, como classe 2. Os resultados do monitoramento foram comparados com os padrões da referida legislação. Na Tabela 3 são descritos os parâmetros avaliados e suas respectivas unidades.

Tabela 3. Parâmetros avaliados e suas respectivas unidades.

Parâmetro	Unidade
Temperatura da água	°C
Turbidez	UNT
Cor	mg Pt L ⁻¹
pH	-
Dureza	CaCO ₃ mg L ⁻¹
Alcalinidade	CaCO ₃ mg L ⁻¹
CO ₂ livre	mg L ⁻¹
OD	mg L ⁻¹ O ₂
MO	mg L ⁻¹

3.6 PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

Os dados de precipitação pluvial são provenientes da Estação Pluviométrica Ponte Cordeiro de Farias (Código 88850000), localizada no 7º Distrito da cidade de Pelotas, na latitude 31°34'26" S e longitude 52°27'47" W, a 40m de altitude. Esta estação pluviométrica está inserida dentro dos limites da bacia hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), sendo de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM – Serviço Geológico do Brasil).

Para este estudo, foram organizadas séries mensais de precipitação pluvial, a partir da série histórica disponível em um banco de dados da homepage Hidroweb-Sistema de Informações Hidrológicas (ANA, 2013). Os dados de precipitação correspondem a um intervalo de anos de 2007 a 2012. Na série histórica da Estação Pluviométrica Ponte Cordeiro de Farias, observou-se que existiam falhas nos dados de precipitação pluvial em determinados meses.

Para o preenchimento de falhas, primeiramente, foram constituídas as séries de totais mensais precipitados e a metodologia utilizada foi a Regressão Linear

Simples ($y = a + bx$), sendo que y é valor de precipitação total mensal (mm) do posto a ser preenchido e x é valor de precipitação total mensal (mm) do posto da estação vizinha a ser utilizada para o preenchimento das falhas do posto y (LANNA, 2002). Utilizou-se a série de totais mensais da estação Agroclimatológica de Pelotas (Código 3152014), mantida através do convênio Embrapa/UFPel, que funciona na Embrapa Terras Baixas no município do Capão do Leão-RS, na latitude: $31^{\circ} 52' 00''$ S e longitude: $52^{\circ} 21' 24''$. Foi aceito, para o presente trabalho, um valor de coeficiente de correlação entre os dados, igual ou superior a 0,5.

Com o intuito de verificar a homogeneidade das séries anuais de precipitação pluvial, fez-se a análise de consistência dos dados, empregando-se a metodologia da dupla massa, desenvolvida pelo Geological Survey (USA), descrita por Bertoni e Tucci (2002). O método da curva dupla massa consiste em plotar, num gráfico cartesiano, os valores acumulados correspondentes ao posto a consistir e de outro posto confiável adotado como base de comparação.

Os resultados das regressões e das curvas dupla massa obtidos, para cada mês, são apresentados nos Apêndices 1, 2, 3 e 4.

3.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Buscando agrupar os indicadores de qualidade da água relacionados e, dessa forma, explicar a maior parte da variância total com um conjunto pequeno de novas variáveis foi usado a análise de componentes principais (ACP), com base na matriz de correlação existente entre os componentes e as variáveis.

Empregou-se a análise de correlação de Pearson para verificar a relação entre os indicadores de qualidade da água com a precipitação pluvial. Para as análises estatísticas foram utilizados procedimentos estatísticos do software SAS-Statistical Analysis System (SAS Institute, 1985).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT

Na Tabela 4 estão apresentadas as características morfométricas, segundo a metodologia apresentada anteriormente.

Tabela 4. Características morfométricas da bacia de contribuição da ETA Sinnott.

	Sinnott	Quilombo
Área (km ²)	696	105,7
Altitude do ponto mais alto (m)	450,81	296,81
Altitude do ponto mais baixo (m)	15,21	77,08
Perímetro (km)	133,09	54,33
Diferença de cotas - H (m)	435,59	219,72
Declividade média da bacia (%)	11,09	13,82
Comprimento do talvegue total (m)	53.426,5	23.194,2
Tempo de concentração (min)	719,26	326,52
Declividade média do talvegue (%)	1,62	1,66
Fator de Forma	0,36	0,29
Índice de Compacidade	1,41	1,47

Os valores das características morfométricas da bacia de contribuição da ETA Sinnott e da sub-bacia do Arroio Quilombo podem ser verificado na Tabela 4.

O Fator de Forma está relacionado com a tendência da bacia a enchentes e não propriamente à grandeza das mesmas, enquanto o Índice de Compacidade diz respeito à magnitude das cheias, assim estas duas características devem ser analisadas em conjunto. De acordo com os resultados, pode-se afirmar que a bacia de contribuição da ETA Sinnott e a sub-bacia do Arroio Quilombo mostram-se pouco suscetíveis a enchentes em condições normais de precipitação, ou seja, excluindo-se eventos de intensidades anormais, pelo fato de os coeficientes de compacidade apresentaram valores maiores que 1,0. Quanto ao Fator de Forma, exibem valores de 0,36 e 0,29, considerados baixos, sendo que ambas tem formato mais alongado.

Segundo Villela e Mattos (1975), as bacias alongadas possuem uma menor concentração de escoamento superficial direto. A altitude do ponto mais alto na bacia contribuição da ETA Sinnott é de 450,81m e na sub-bacia do Arroio Quilombo, 296,81m, sendo o conhecimento deste parâmetro de extrema importância, pois este interfere na quantidade de radiação que uma bacia hidrográfica recebe e, por consequência, influencia na evapotranspiração, temperatura e precipitação (TONELLO, 2005).

Observa-se, na Tabela 4, que tanto a bacia como a sub-bacia apresentam valores semelhantes de declividade média, com valores acima de 10%, sendo que declividades na faixa de 8%-20% são enquadradas na classe de relevo ondulado, exigindo atenção quanto à gestão adequada na bacia, pois a análise da declividade em bacias hidrográficas é de suma importância, visto que é possível identificar áreas próprias para agricultura e, também, áreas com maior propensão à erosão hídrica, necessitando estas últimas de um maior controle por práticas conservacionistas do solo (ZANELLA et al., 2009).

4.2 MAPA DE DECLIVIDADES DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT

Constata-se que a área da Bacia de contribuição da ETA Sinnott apresenta valores de declividades variando, sobretudo, de 0 a 20% (Figura 6), faixas essas enquadradas nas classes de relevo que, conforme Santos et al. (2006), são: plano (declividades de 0% - 3%), suave ondulado (declividades de 3% - 8%) e ondulado (declividades de 8% - 20%). Este mapa está de acordo com o estudo realizado por Megiato (2011) na bacia do Arroio Pelotas. O mapa de declividades é utilizado para avaliar os riscos de erosão, o potencial de uso dos solos para agricultura e mecanização agrícola. Megiato (2011), Bertoni e Lombardi Neto (1990) consideram que a declividade desempenha acentuada influência sobre a erosão.

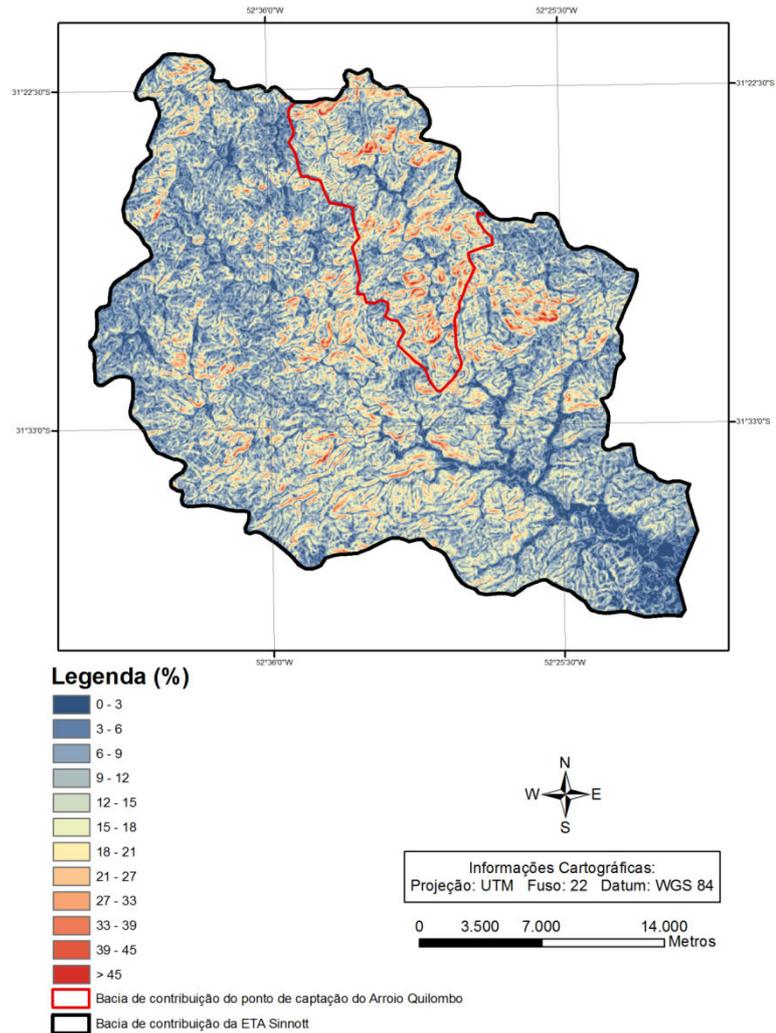


Figura 6. Mapa de declividades (%) da área da bacia de contribuição da ETA Sinnott.

4.3 SOLOS DA BACIA DE CONTRIBUIÇÃO DA ETA SINNOTT

Os Argissolos são predominantes na área de estudo (Figura 7). No entanto, observa-se que na Sub-Bacia do Arroio Quilombo há a presença dos Argissolos distróficos e ausência de Planossolos. Na Bacia do Sinnott, de uma maneira geral, observa-se a presença dos Argissolos mais férteis (eutróficos), bem como a presença de Planossolos.

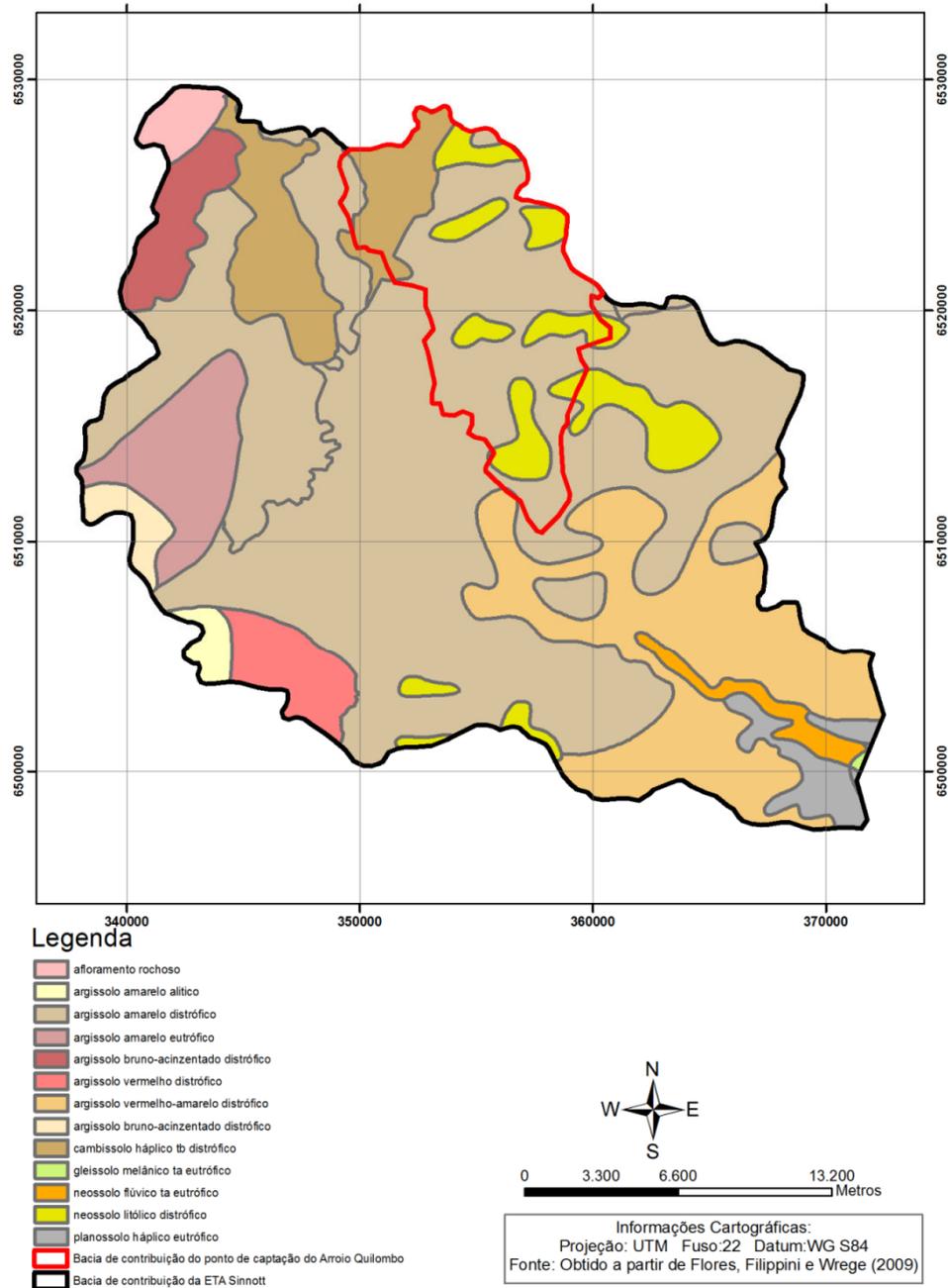


Figura 7. Mapa de solos da bacia de contribuição da ETA Sinnott (obtido a partir de FLORES, FILIPPINI e WREGE, 2009).

4.4 INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA

Na Tabela 5 estão apresentados os valores mínimos, máximos e médios para os dados diários dos indicadores de qualidade da água avaliados nos arroios Pelotas e Quilombo, no período de 2007 a 2012.

Tabela 5 - Valores mínimos (Min), máximos (Máx) diários e médios anuais (Média) dos indicadores de qualidade de água dos arroios Pelotas e Quilombo (Pelotas, RS).

	2007			2008			2009			2010			2011			2012		
	Min	Máx	Média	Min	Máx	Média	Min	Máx	Média	Min	Máx	Média	Min	Máx	Média	Min	Máx	Média
Arroio Pelotas																		
T Água (°C)	6,7	30,0	18,5	9,0	28,0	18,2	7,5	27,0	18,2	9,0	29,0	19,3	8,0	28,0	19,5	9,0	29,0	20,3
Turbidez (UNT)	3,1	160,8	18,5	2,6	146,1	20,4	4,7	111,5	29,3	5,3	151,4	24,3	6,9	181,3	32,2	6,1	274,4	36,0
Cor (mg Pt L ⁻¹)	14,0	350	70,0	10,0	320,0	65,0	20,0	1037,0	180,0	31,0	1410,0	135,0	29,0	785,0	121,0	21,0	720,0	109,0
pH	6,3	7,7	7,0	6,6	7,6	7,1	6,0	7,6	7,0	5,8	7,5	7,1	6,5	7,8	7,0	6,3	7,3	6,9
Dureza (CaCO ₃ mg L ⁻¹)	7,5	25,0	17,3	12,0	29,0	18,1	6,0	23,0	15,1	12,0	28,0	17,2	8,5	22,0	16,5	14,0	29,0	20,5
Alcalinidade (CaCO ₃ mg L ⁻¹)	11,0	38,2	23,8	9,2	37,2	23,0	11,0	28,1	21,1	13,8	35,0	25,2	12,9	33,7	23,1	10,1	33,0	25,6
CO ₂ livre (mg L ⁻¹)	2,8	28,8	8,3	2,4	12,0	5,8	3,2	14,4	6,2	3,2	18,0	5,3	3,2	11,6	5,1	3,2	16,0	6,2
OD (mg L ⁻¹)	5,4	11,6	8,9	6,5	10,4	8,3	5,4	11,1	8,3	5,5	11,8	9,1	5,3	10,7	8,4	5,1	17,0	8,5
MO (mg L ⁻¹)	1,4	16,0	5,1	1,5	16,6	4,8	1,0	17,2	5,1	1,3	27,8	4,7	1,5	19,6	4,6	1,5	18,4	4,7
Arroio Quilombo																		
T Água (°C)	8,0	29,0	18,1	10,0	28,0	18,4	6,0	26,0	17,6	8,0	27,0	18,4	9,0	28,0	19,0	9,7	28,0	19,7
Turbidez (UNT)	1,7	193,2	14,8	1,4	186,2	16,4	1,4	125,5	21,6	0,6	116,6	14,7	1,6	313,1	20,6	1,6	564,3	25,5
Cor (mg Pt L ⁻¹)	15,0	400,0	56,0	10,0	350,0	53,0	8,0	1808,0	132,0	8,0	1037,0	80,0	9,0	826,0	73,0	5,0	886,0	65,0
pH	6,4	7,5	7,1	6,6	7,7	7,3	6,2	7,6	7,2	6,1	7,8	7,3	6,4	7,6	7,2	6,5	7,6	7,2
Dureza (CaCO ₃ mg L ⁻¹)	5,0	27,0	17,0	5,7	20,0	9,1	8,0	20,0	15,1	13,0	29,0	17,1	8,0	24,0	17,1	14,0	30,0	20,4
Alcalinidade (CaCO ₃ mg L ⁻¹)	12,0	37,0	23,5	12,7	35,0	22,8	10,0	28,4	21,3	12,8	36,1	24,7	13,5	31,3	23,3	12,8	30,6	24,7
CO ₂ livre (mg L ⁻¹)	2,4	22,0	5,8	2,8	12,0	4,4	2,8	14,0	4,8	2,0	12,0	4,9	2,4	8,0	4,5	2,4	12,0	5,1
OD (mg L ⁻¹)	6,3	12,1	9,2	4,0	10,7	8,5	6,2	12,0	8,5	6,4	12,9	9,1	6,1	10,6	8,6	5,8	11,3	8,6
MO (mg L ⁻¹)	0,9	17,3	3,7	0,0	9,2	1,7	0,4	18,5	3,6	0,8	19,8	3,2	0,8	20,0	3,1	0,8	17,8	3,0

Nas Figuras 8 a 61 observa-se a variação dos valores diários de cada indicador de qualidade da água ao longo do ano para os arroios Pelotas e Quilombo. Para os indicadores turbidez, cor, pH e oxigênio dissolvido (OD) são apresentados, também, os valores considerados limitantes, segundo a legislação vigente (CONAMA 357/2005) para águas doces enquadradas em classe 2.

4.4.1 Temperatura da água

Nota-se, através das Figuras 8 a 13 que, em geral, nos anos de 2007 a 2012, as menores temperaturas da água seguiram a tendência sazonal, coincidindo com a estação mais fria do ano (inverno), tanto no Arroio Pelotas, como no Quilombo.

As variações de T fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas (MORETTO, 2011), sendo influenciadas pela latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade (CETESB, 2010).

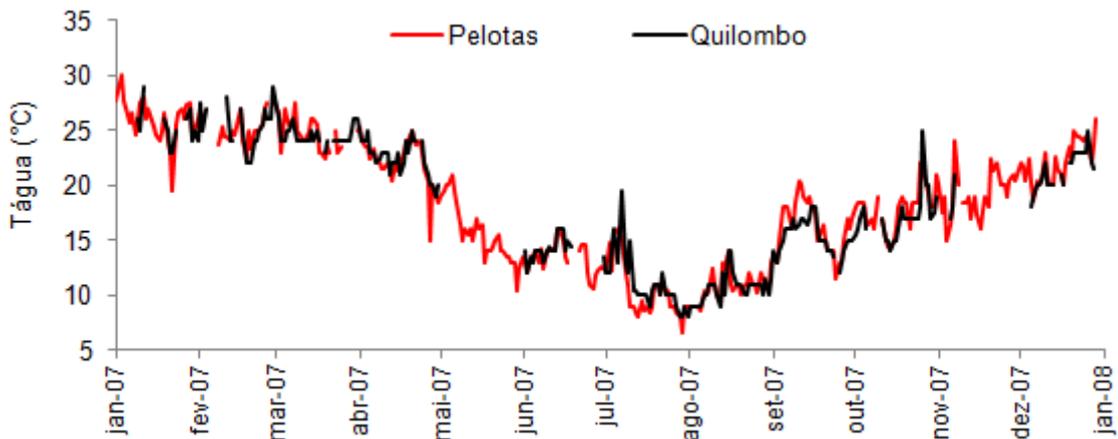


Figura 8. Dados médios diários de temperatura da água em 2007.

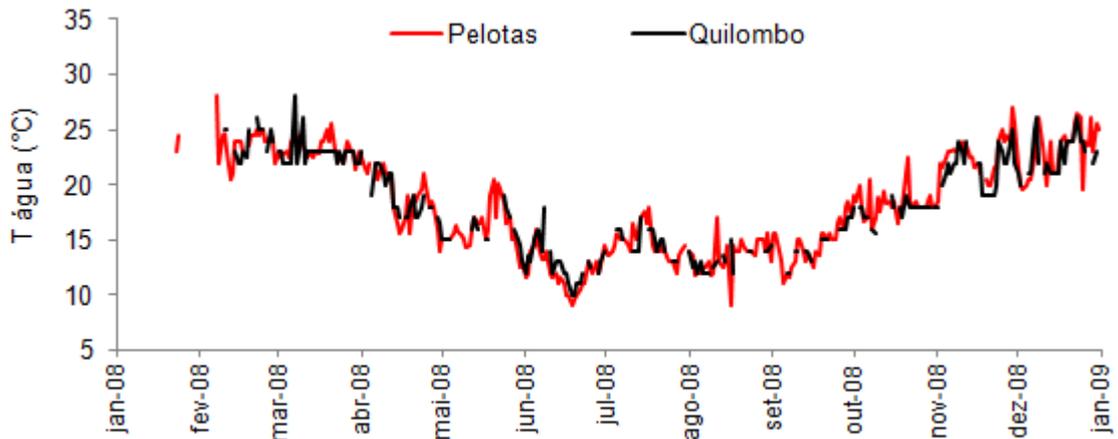


Figura 9. Dados médios diários de temperatura da água em 2008.

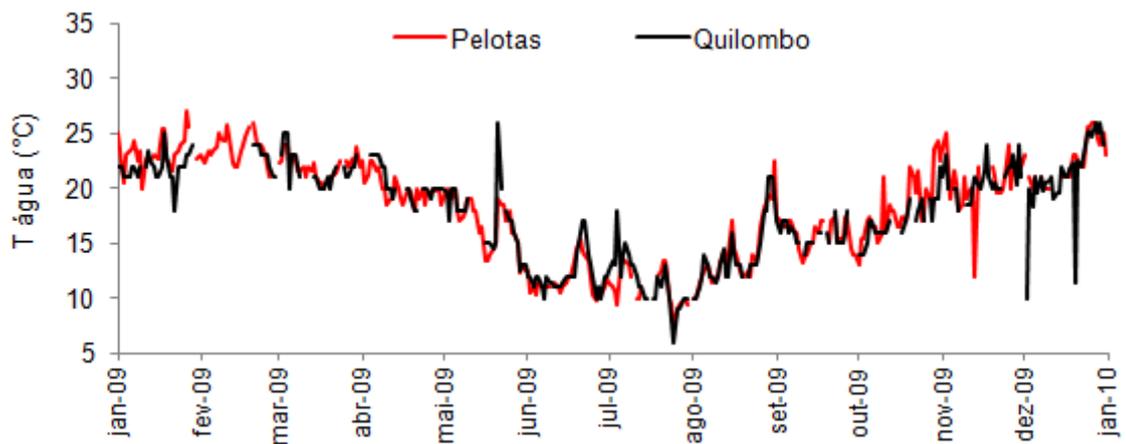


Figura 10. Dados médios diários de temperatura da água em 2009.

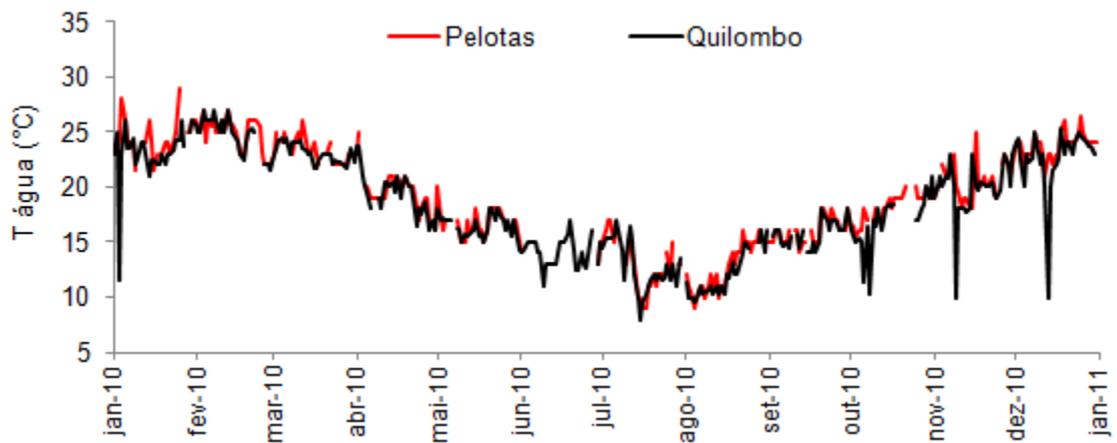


Figura 11. Dados médios diários de temperatura da água em 2010.

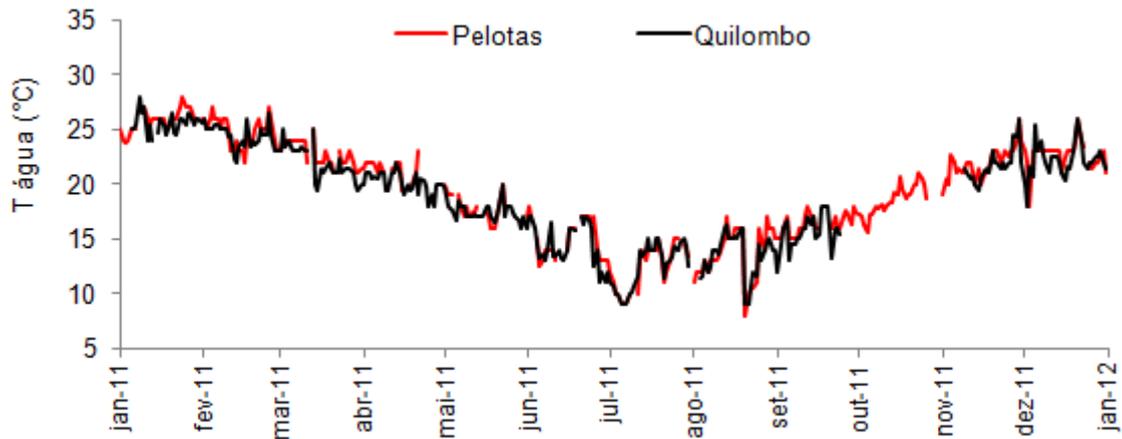


Figura 12. Dados médios diários de temperatura da água em 2011.

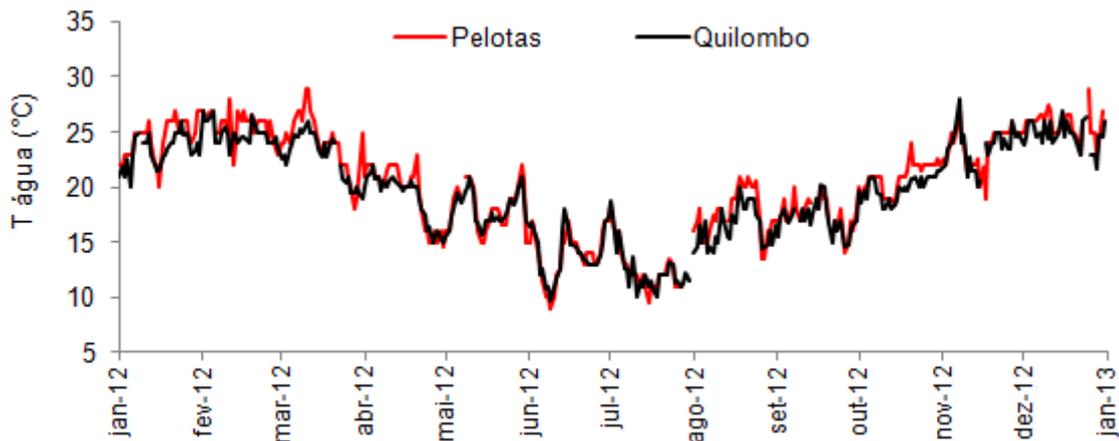


Figura 13. Dados médios diários de temperatura da água em 2012.

4.4.2 Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2007). As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de OD, pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica, enquanto que as águas enquadradas na classe 2 devem apresentar concentrações de OD superiores a 5mg L^{-1} (CONAMA 357/2005).

Nas Figuras 14 a 19, observa-se que em todos os anos avaliados os limites de oxigênio dissolvido (OD) ultrapassaram o valor mínimo estipulado pelo CONAMA. No entanto, em 2008 no Arroio Quilombo o valor mínimo de OD foi de $4,0\text{mg.L}^{-1}$

(Tabela 5), assim em apenas 0,3% dos dias do ano de 2008 o valor de OD não atendeu os valores estipulados pela legislação (Tabela 6).

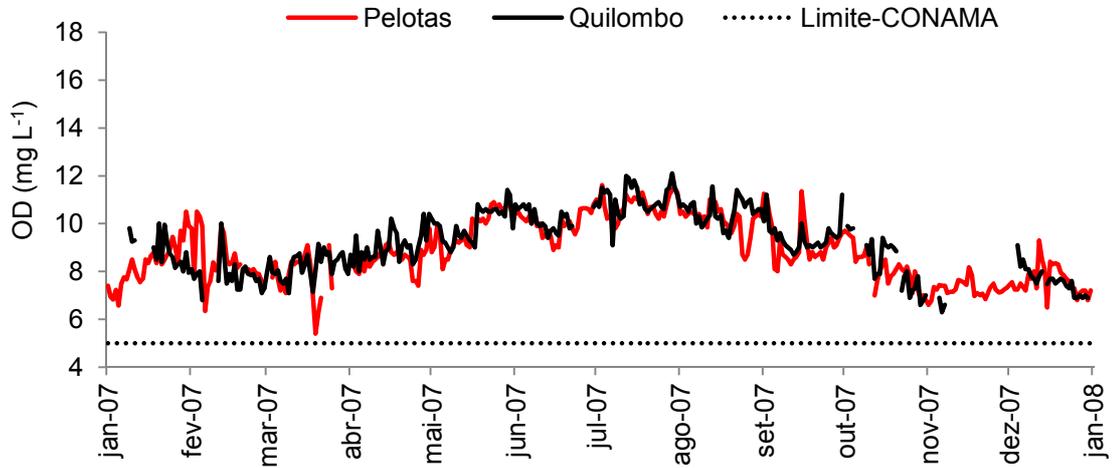


Figura 14. Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2007.

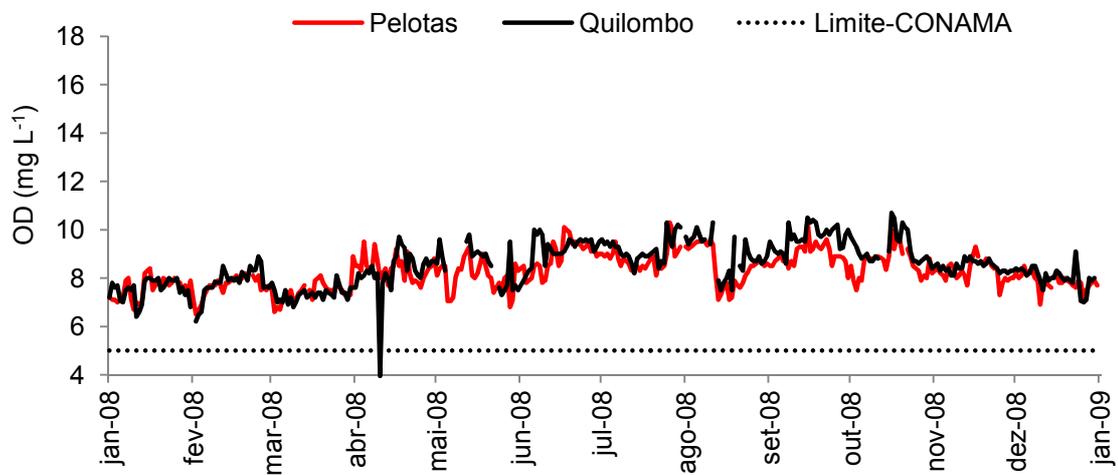


Figura 15. Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2008.

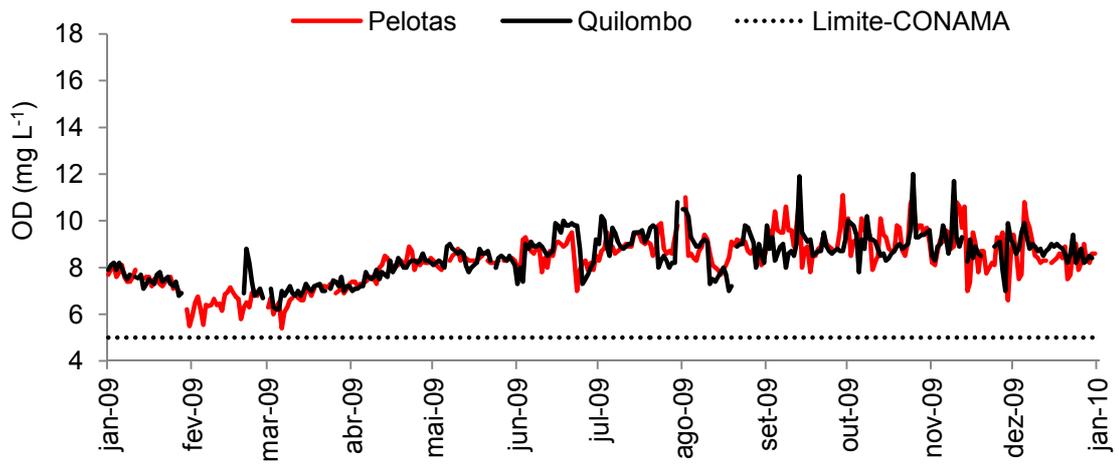


Figura 16. Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2009.

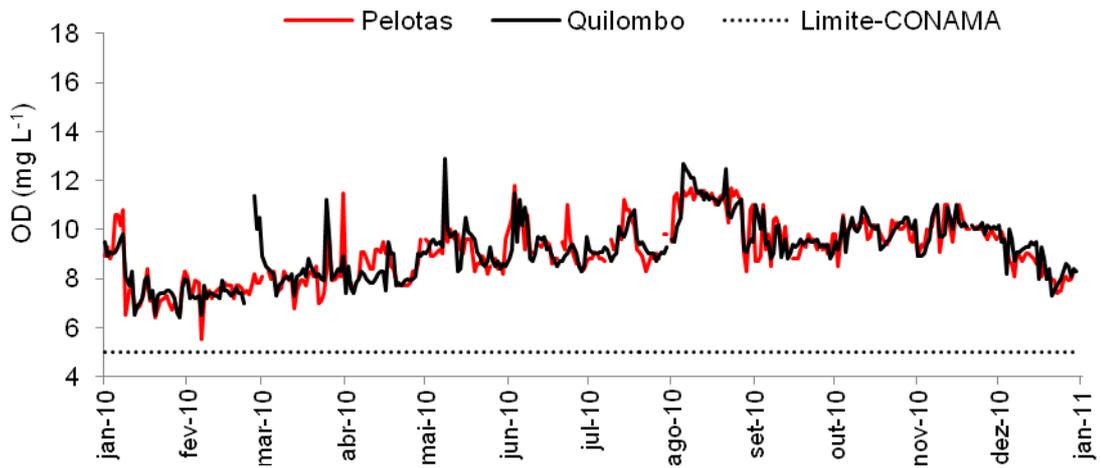


Figura 17. Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2010.

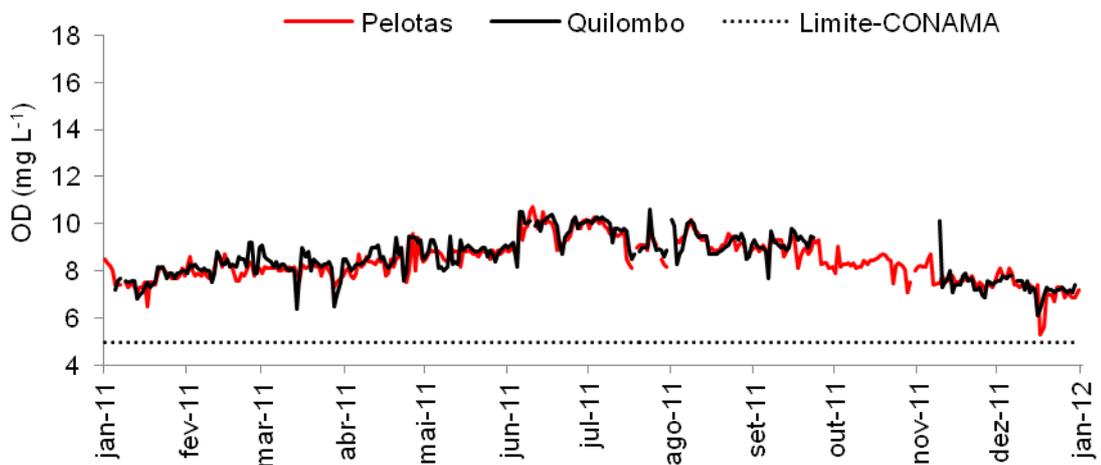


Figura 18. Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2011.

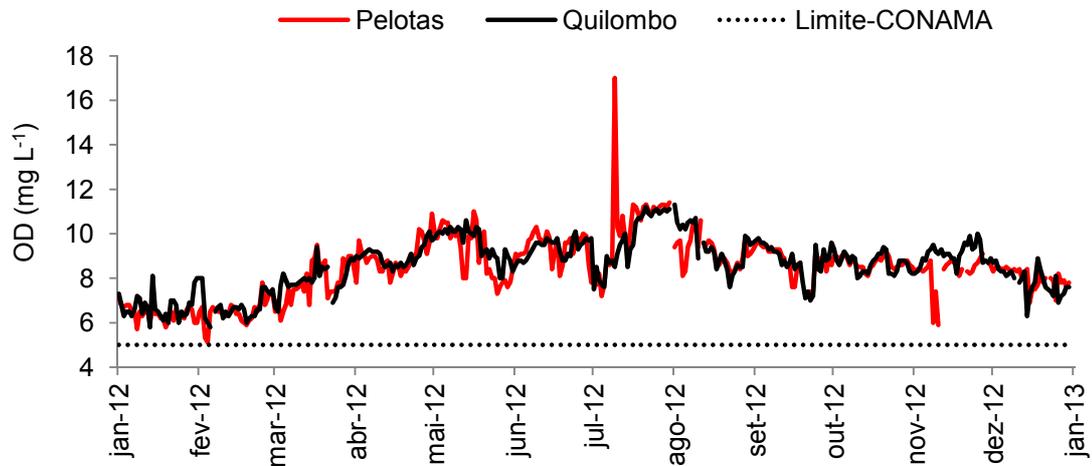


Figura 19. Dados médios diários de oxigênio dissolvido (OD) em 2012.

Tabela 6. Porcentagem de dias em que os valores de oxigênio dissolvido ficaram abaixo dos valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n°357/2005) para águas doces da classe 2.

Parâmetros	Dias (%)					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Arroio Pelotas						
OD (mg L ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Arroio Quilombo						
OD (mg L ⁻¹)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0

Vale ressaltar que Alvarenga et al. (2012) observaram, em estudos realizados em uma microbacia do Ribeirão dos Macacos, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, que, em períodos secos, as médias de OD apresentaram maiores valores quando comparados aos períodos úmidos devido, possivelmente, à maior precipitação pluvial a qual ocasiona erosão, lixiviamento, maior fluxo de substâncias para dentro da microbacia. Cabe ainda salientar que, no Estado do RS, as precipitações, em geral, apresentaram uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo do ano (ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL, 2013).

Todavia, observa-se que, nos meses mais quentes dos anos avaliados (Figuras 14 a 19), ocorreu uma diminuição do OD. De acordo com Esteves (1998), o

oxigênio dissolvido está diretamente envolvimento com a fotossíntese e a respiração e/ou decomposição; logo, as variações sazonais estão diretamente ligadas com o fotoperíodo, intensidade luminosa e temperatura.

4.4.3 Turbidez

Os valores de turbidez apresentaram expressiva variação temporal, como pode ser observado nos gráficos para essa variável (Figuras 20 a 25). Para o Arroio Pelotas, bem como para o Arroio Quilombo no período de 2007 a 2011 em menos de 3% dos dias de cada ano os valores de turbidez foram superiores à 100UNT (tab. 10) que é o limite estabelecido pela Resolução, 357 do CONAMA para águas da Classe 2. Entretanto, em 2012 constatou-se que os valores de turbidez ultrapassaram os limites da legislação em 4,6 e 5,5 % dos dias para os arroios Pelotas e Quilombo, respectivamente (Tabela 7).

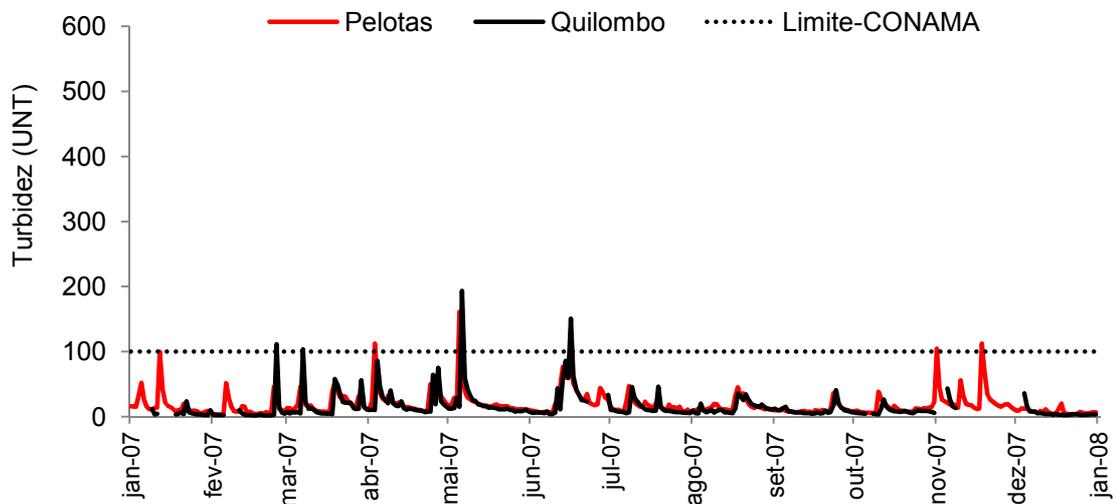


Figura 20. Dados médios diários de turbidez em 2007.

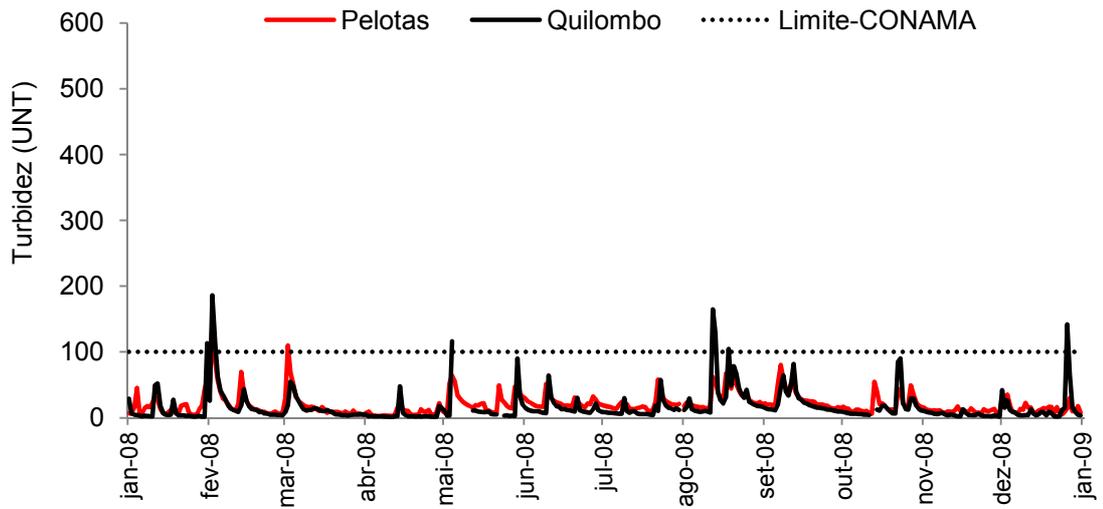


Figura 21. Dados médios diários de turbidez em 2008.

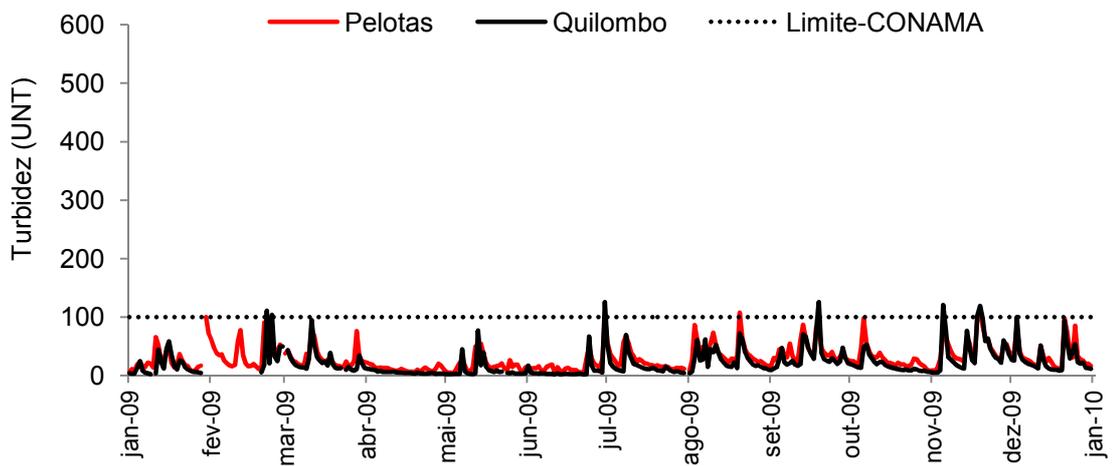


Figura 22. Dados médios diários de turbidez em 2009.

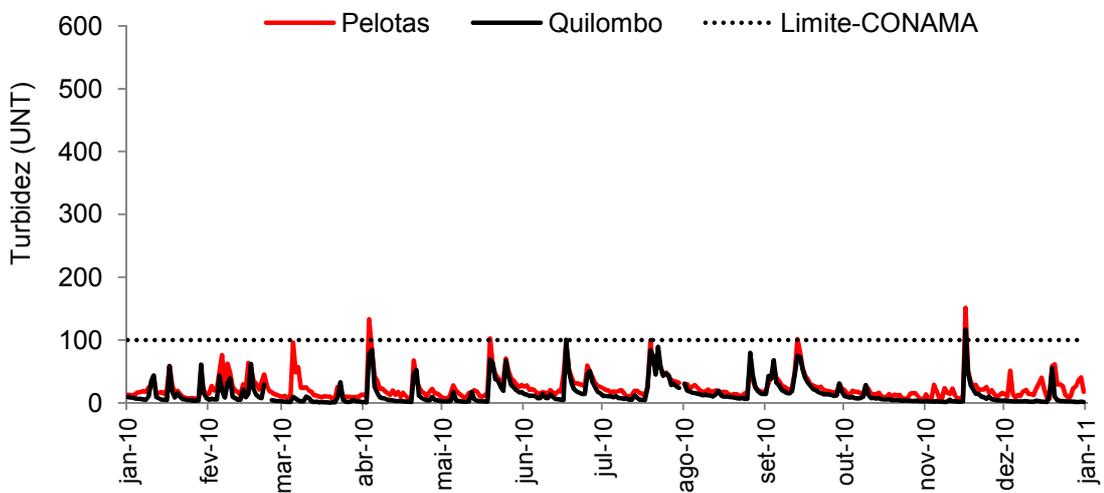


Figura 23. Dados médios diários de turbidez em 2010.

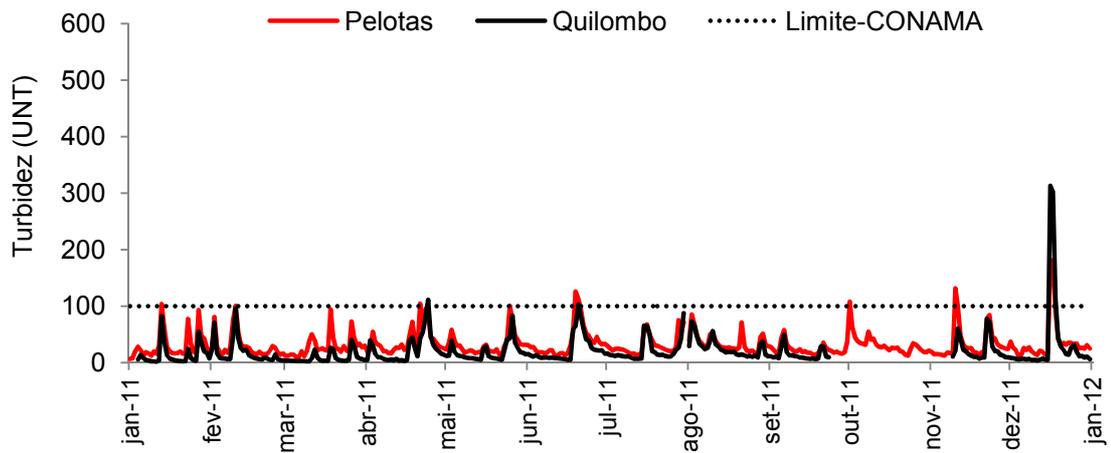


Figura 24. Dados médios diários de turbidez em 2011.

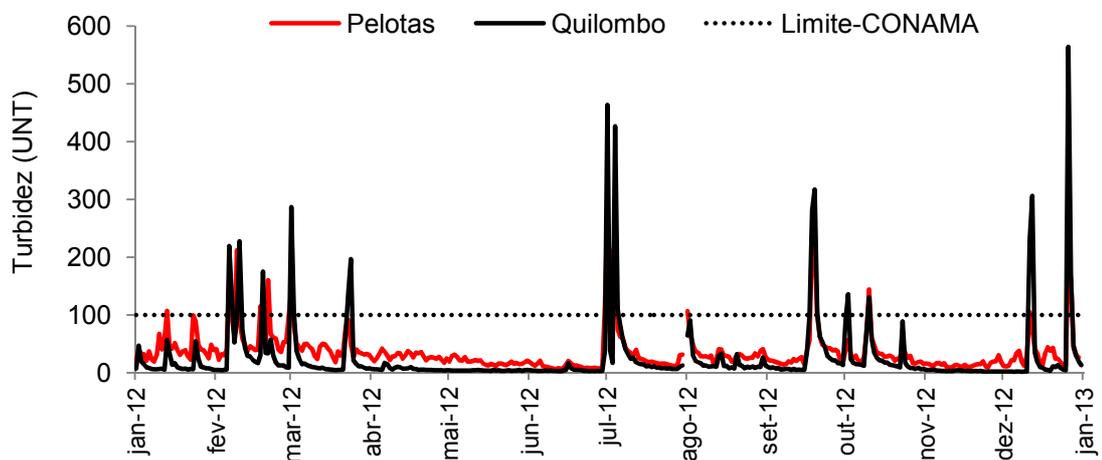


Figura 25. Dados médios diários de turbidez em 2012.

Tabela 7. Porcentagem de dias em que os valores de turbidez ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n°357/2005) para águas doces da classe 2.

Parâmetros	Dias (%)					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Arroio Pelotas						
Turbidez (UNT)	1,1	0,5	0,8	1,1	2,7	4,6
Arroio Quilombo						
Turbidez (UNT)	1,1	2,2	2,2	0,5	1,4	5,5

Os valores encontrados em desacordo com a legislação pertinente podem estar relacionados à atividade de mineração de areia, onde é evidente o

assoreamento das encostas do Arroio Pelotas, em função da extração de sedimento (areia) (LEMOS et al., 2010), bem como a utilização de pedras de granito e pó de brita como base para a construção ilegal de estrada, às margens do arroio (FEPAM, 2013).

Outro fator a ser considerado é o efeito da precipitação pluvial, porque a turbidez também depende do tamanho e da natureza das partículas carreadas (SILVA et. al, 2009), sendo seus valores alterados, sobretudo, ao material em suspensão, que compreende um complexo coloidal composto de matéria orgânica e de argila (LIMA; KOBAYASHI, 1988). Portanto, os maiores valores de turbidez apresentados pelo Arroio Pelotas devem-se à maior área de sua bacia de contribuição, conforme Figura 4 e, conseqüentemente, maior influência de sedimentos provenientes de solos argilosos (Figura 7).

4.4.4 Cor

Os valores de cor, assim como a turbidez, apresentaram significativa variação temporal, em todos os anos avaliados em ambos os arroios (Figuras 26 a 31). No Arroio Pelotas nos anos 2007 e 2008 em torno de 30% dos dias de cada ano o valor de cor foi superior ao limite estabelecido pela legislação, porém nos anos de 2009 a 2012 em mais de 50% dos dias de cada ano a cor ultrapassou 75mg Pt L^{-1} . No Arroio Quilombo com exceção do ano de 2009 onde em 44,1% dos dias o valor de cor excedeu o limite da legislação, em menos de 25% dos dias de cada ano observou-se valores superiores à 75mg Pt L^{-1} (Tabela 8).

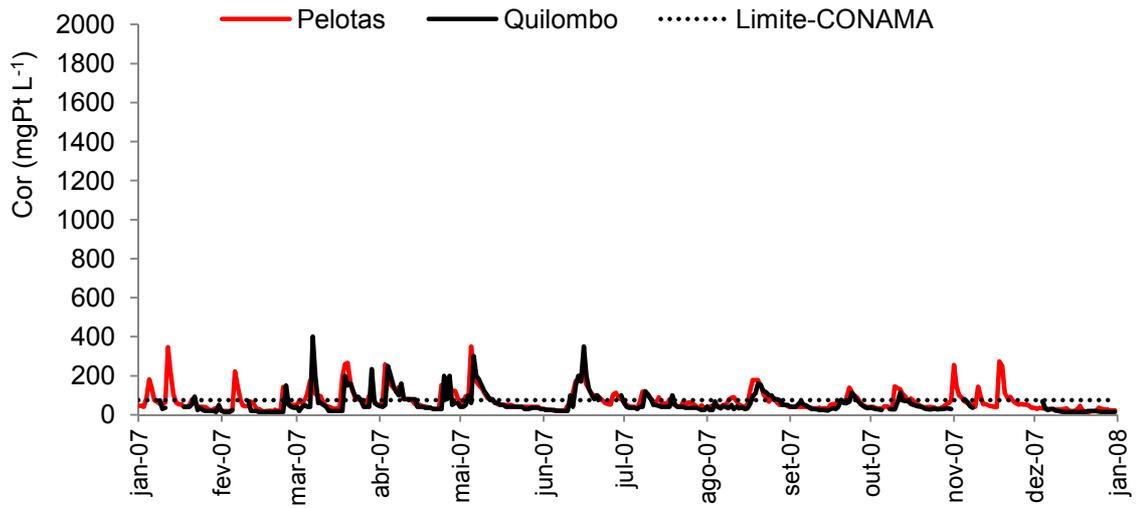


Figura 26. Dados médios diários de cor em 2007.

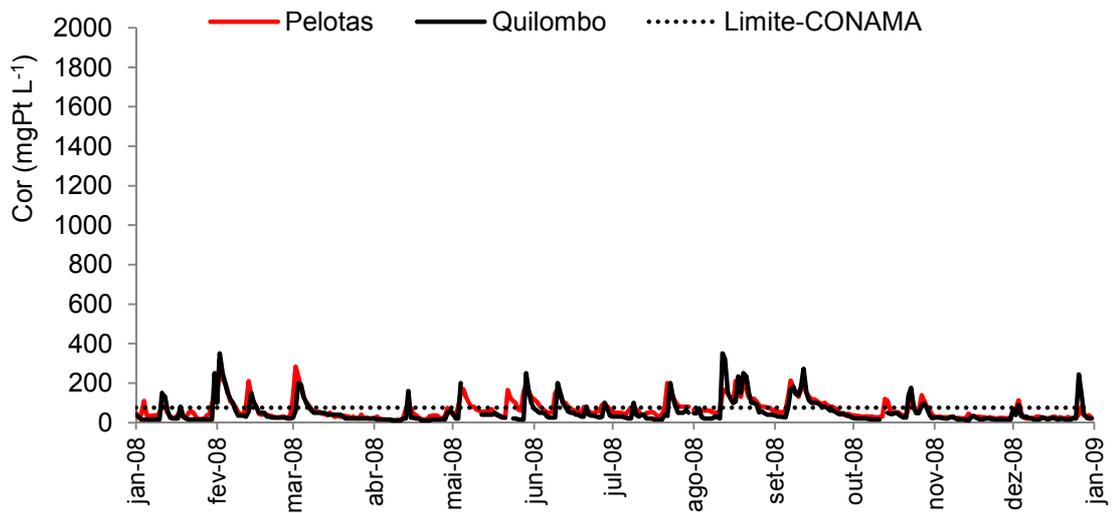


Figura 27. Dados médios diários de cor em 2008.

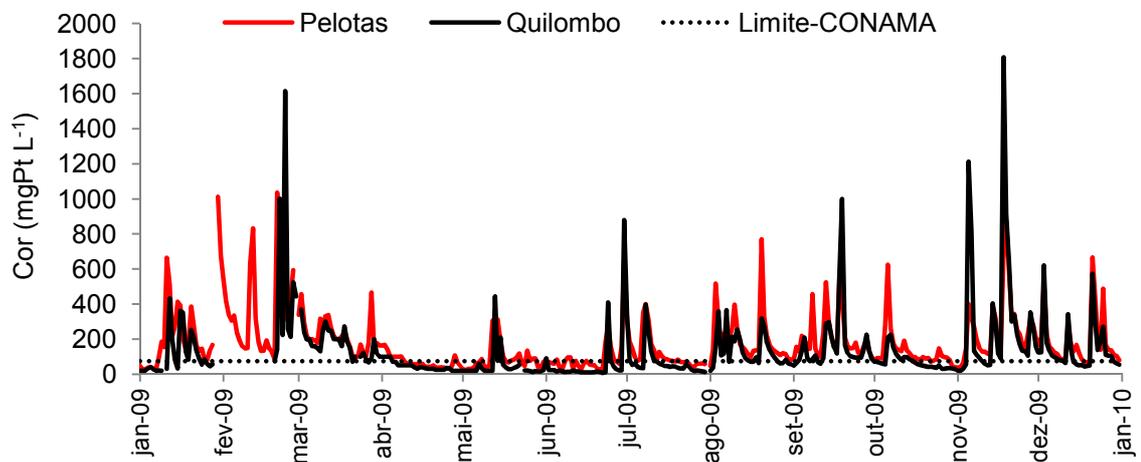


Figura 28. Dados médios diários de cor em 2009.

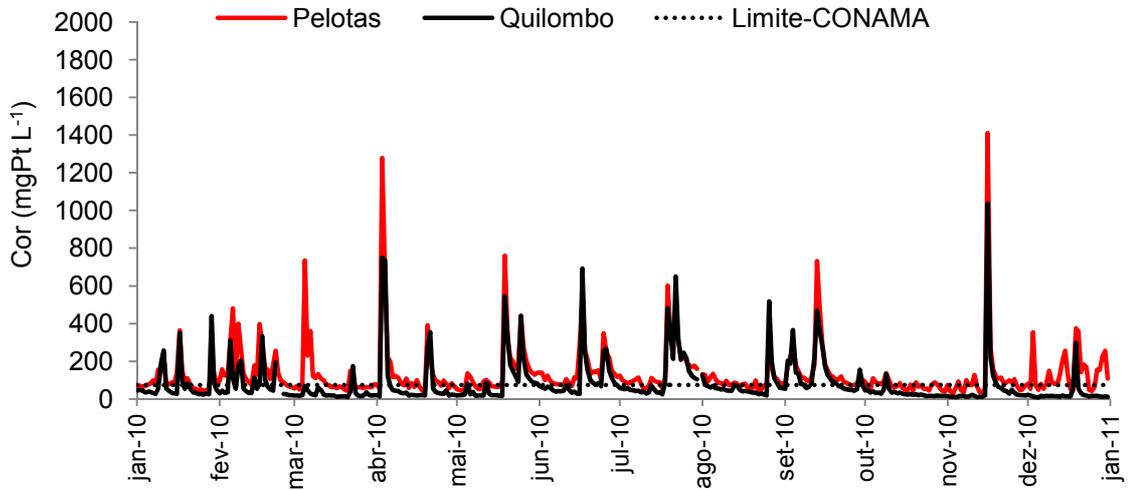


Figura 29. Dados médios diários de cor em 2010.

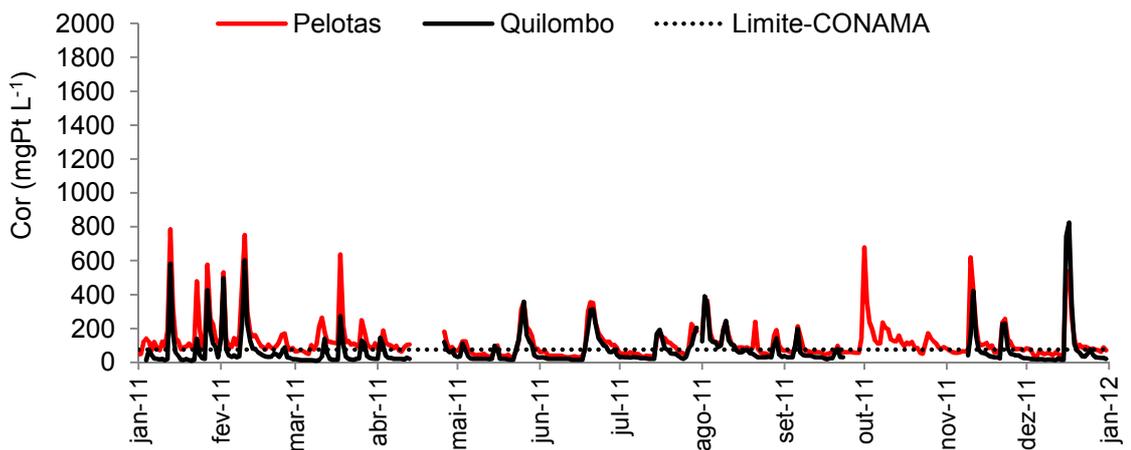


Figura 30. Dados médios diários de cor em 2011.

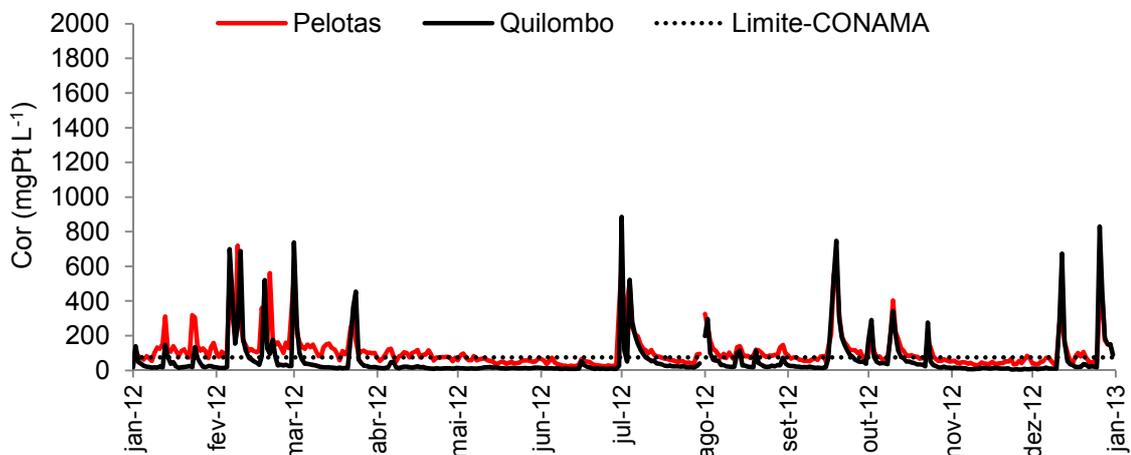


Figura 31. Dados médios diários de cor em 2012.

Tabela 8. Porcentagem de dias em que os valores de cor ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n°357/2005) para águas doces da classe 2.

Parâmetros	Dias (%)					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	Arroio Pelotas					
Cor (mgPt L ⁻¹)	30,1	30,6	76,2	67,4	60,0	54,9
	Arroio Quilombo					
Cor (mgPt L ⁻¹)	17,8	19,4	44,1	24,7	22,2	17,8

Da mesma forma que para o parâmetro turbidez, os maiores valores referentes à cor foram apresentados no Arroio Pelotas, onde a média variou entre 65 a 180mg Pt L⁻¹ entre os anos de 2007-2012. No Arroio Quilombo, a média anual ficou entre 53 a 132mg Pt L⁻¹ (Tabela 5). Os maiores valores do parâmetro cor devem-se, possivelmente, ao aumento dos processos de decomposição de plâncton, macrófitas e da vegetação do entorno das margens do rio e, provavelmente, à presença de colóides orgânicos, como os ácidos húmicos e fúlvicos, resultantes da decomposição parcial de folhas (SEA PROJECTS, 2013). Além do mais, existe a possibilidade da ocorrência de erosão como consequência da compactação e da desestruturação do solo ocasionada pelo manejo indevido. O solo erodido carregado para a nascente faz alterar a coloração da água; isto corrobora os resultados encontrados por Arcova, Cicco e Honda (2003) e Pinto (2007).

4.4.5 pH

Em relação a esse parâmetro, observa-se, nas Figuras 32 a 37 que, tanto no Arroio Pelotas, como no Quilombo, os valores de pH oscilaram entre 6,0 e 8,0, ou seja, dentro dos valores estipulados pela legislação vigente (CONAMA n° 357 para águas doces da classe 2). Este resultado converge com o apresentado por Arndt (2011), em estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas. No entanto no Arroio Pelotas em 1,1% dos dias do ano de 2010 os valores de pH foram inferiores a 6,0 (Tabela 9).

Através dos gráficos, verifica-se que o pH em ambos arroios se manteve estável ao longo dos meses entre os anos 2007-2012. Estudos realizados por Donadio et al. (2005) e Gonçalves et al. (2005) que, do mesmo modo, visaram avaliar a qualidade da água de rios de bacias hidrográficas agrícolas, obtiveram valores de pH similares. Este resultado possivelmente revela a capacidade de tamponamento pelo ecossistema (SIQUEIRA et al., 2012), bem como pode estar relacionado ao fato de que o uso e a ocupação do solo nos pontos analisados (Pelotas e Quilombo) são essencialmente agrícolas e, geralmente, as maiores alterações no pH são provocadas por despejos de origem industrial (DERISIO, 2000).

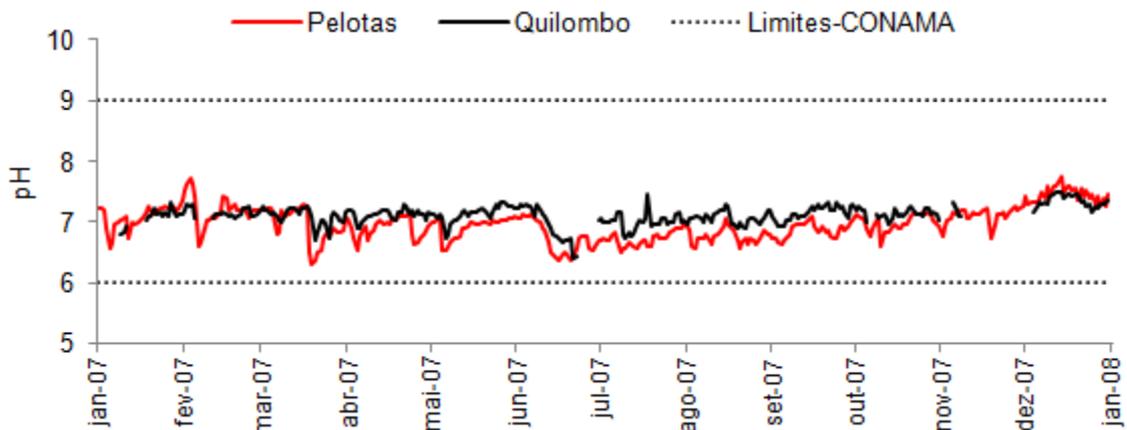


Figura 32. Dados médios diários de pH em 2007.

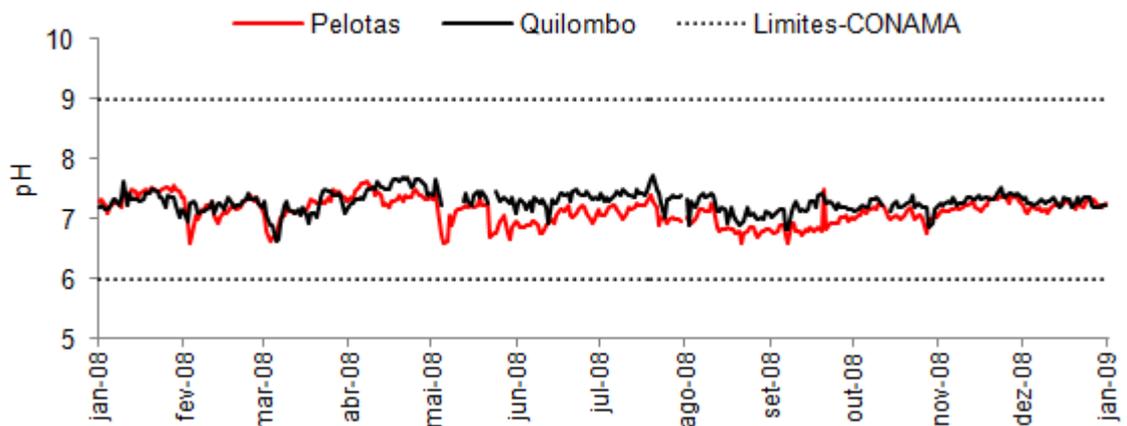


Figura 33. Dados médios diários de pH em 2008.

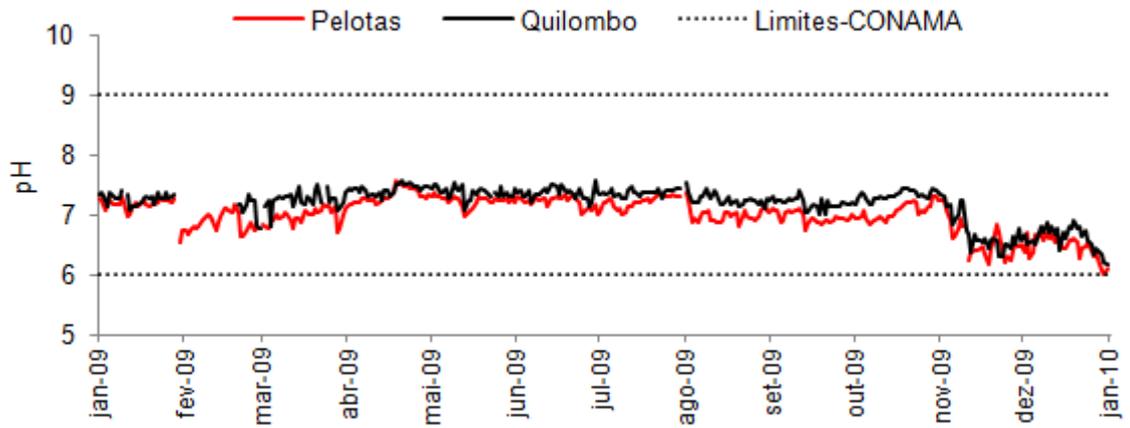


Figura 34. Dados médios diários de pH em 2009.

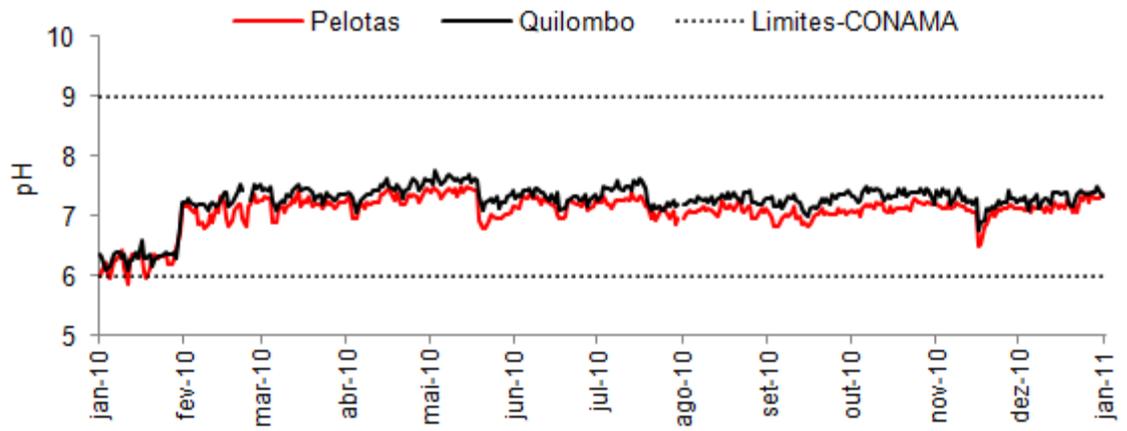


Figura 35. Dados médios diários de pH em 2010.

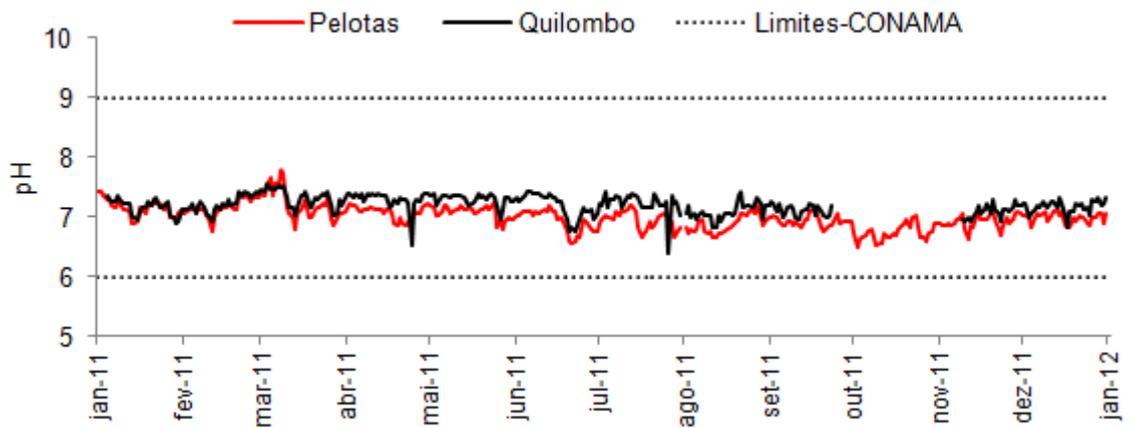


Figura 36. Dados médios diários de pH em 2011.

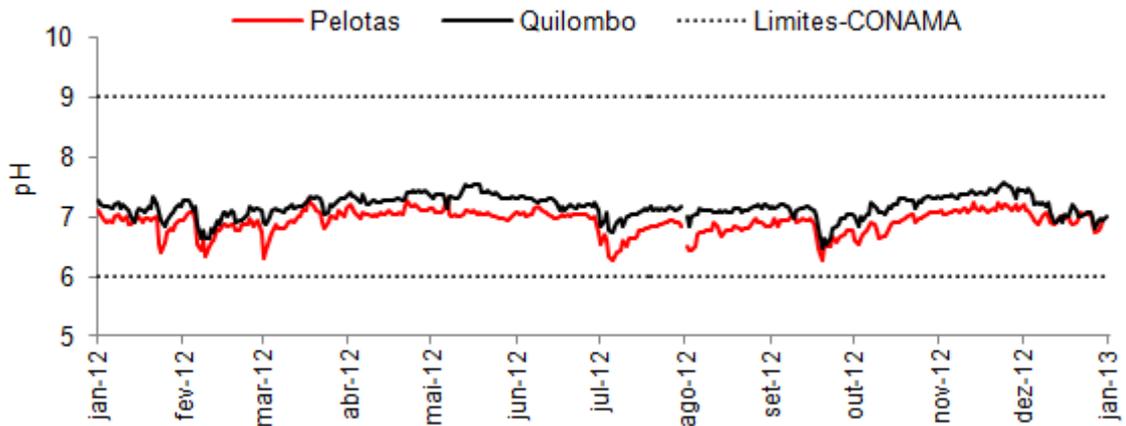


Figura 37. Dados médios diários de pH em 2012.

Tabela 9. Porcentagem de dias em que os valores de pH ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n°357/2005) para águas doces da classe 2.

Parâmetros	2007	2008	Dias (%)			
			2009	2010	2011	2012
			Arroio Pelotas			
pH	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0
			Arroio Quilombo			
pH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Visualiza-se, nas figuras 34 e 35, que, ao final de 2009 e início de 2010, houve uma diminuição do pH próximo ao valor mínimo estipulado pelo CONAMA. Este fato deve-se, provavelmente, a um problema de calibração no pHmetro, registrado nas planilhas fornecidas pelo SANEP.

4.4.6 Alcalinidade

Assim como visualizado anteriormente nos gráficos de pH dos anos 2007-2012, esse parâmetro também na média anual, manteve-se estável (Figuras 38 a 43) com valores oscilando entre 21,1 a 25,6mg L⁻¹ no Arroio Pelotas e 21,3 a 24,7mg L⁻¹ no Arroio Quilombo (Tabela 5). Dureza e alcalinidade são relativamente estáveis, mas podem mudar com o tempo, geralmente semanas ou meses, dependendo do pH e do conteúdo mineral da água e do solo (WURTS; DURBOROW, 1992).

De acordo com Von Sperling (1996), os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-) e hidróxidos (OH^-), que variam de acordo com o pH (pH > 9,4: hidróxidos e carbonatos; pH entre 8,3 e 9,4: carbonatos e bicarbonatos; pH entre 4,4 e 8,3: apenas bicarbonatos). Assim sendo, o fato de o pH manter-se na faixa de 7,0 (Tabela 5), indica que há maior presença de bicarbonatos nos arroios Pelotas e Quilombo.

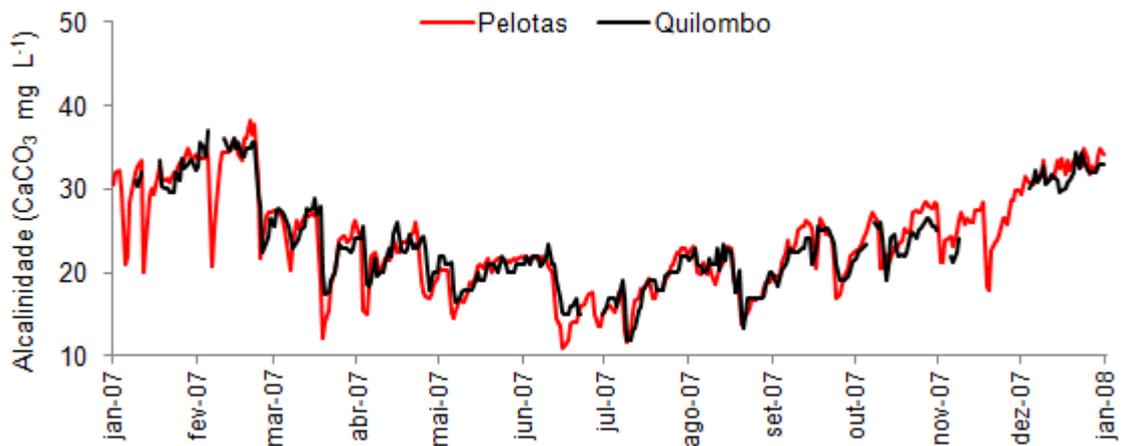


Figura 38. Dados médios diários de alcalinidade em 2007.

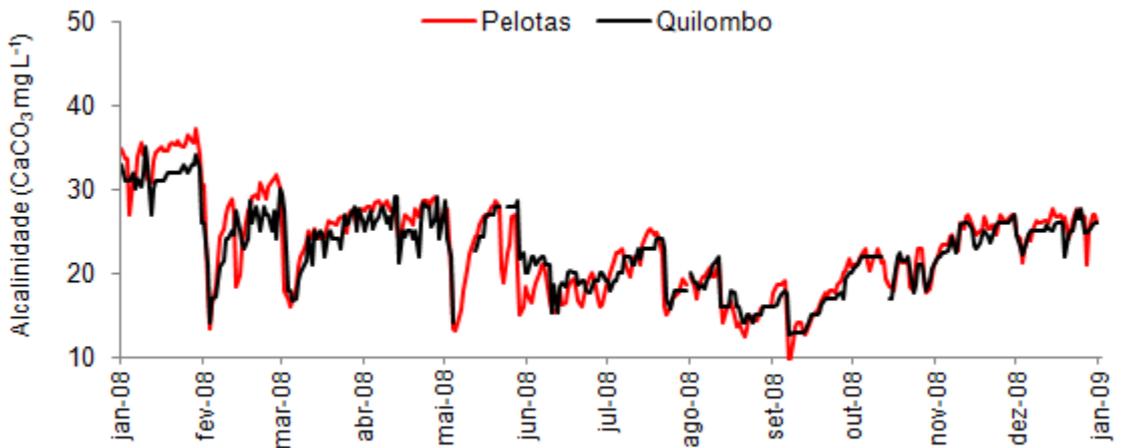


Figura 39. Dados médios diários de alcalinidade em 2008.

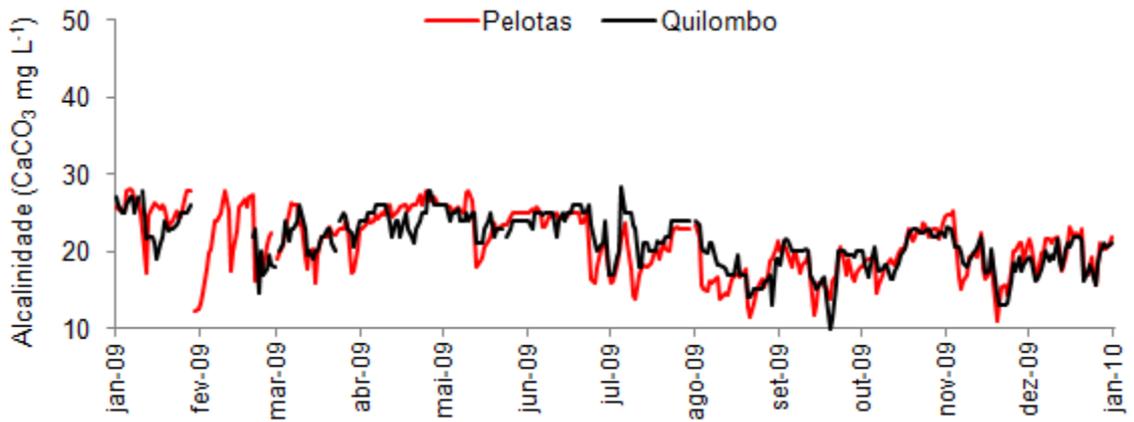


Figura 40. Dados médios diários de alcalinidade em 2009.

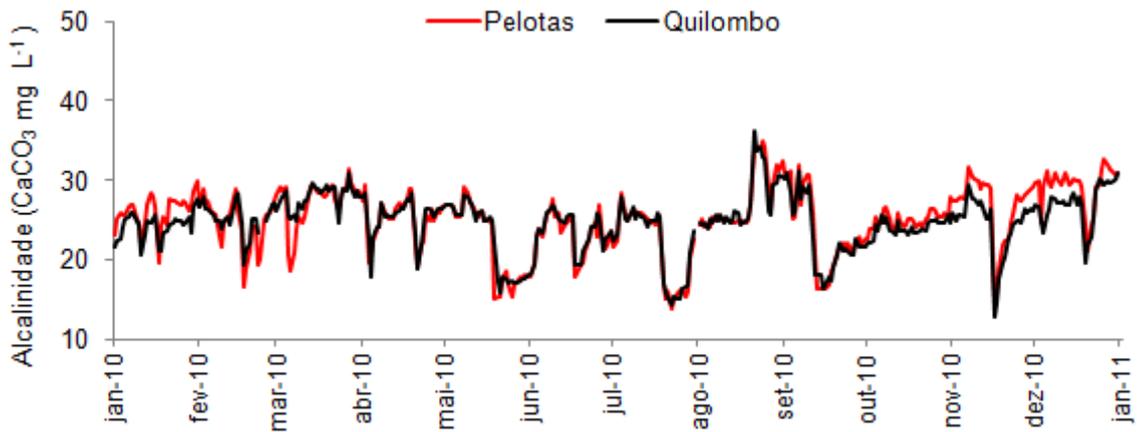


Figura 41. Dados médios diários de alcalinidade em 2010.

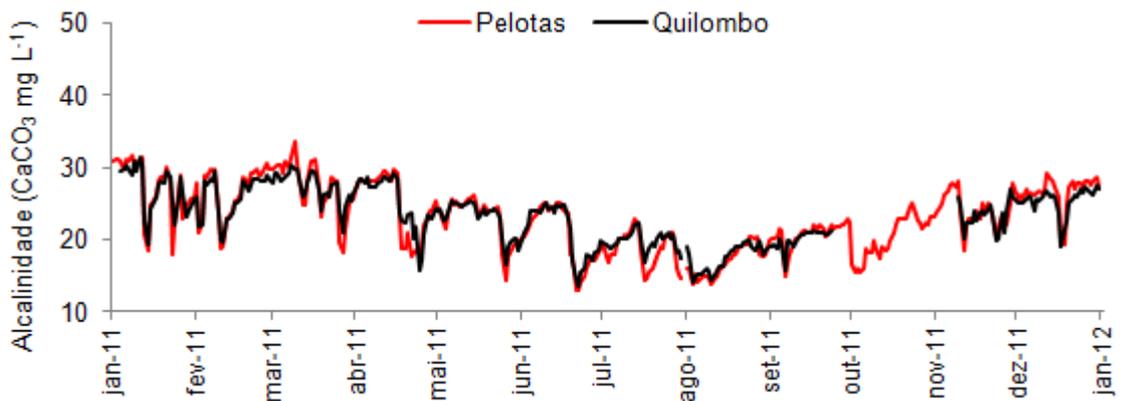


Figura 42. Dados médios diários de alcalinidade em 2011.

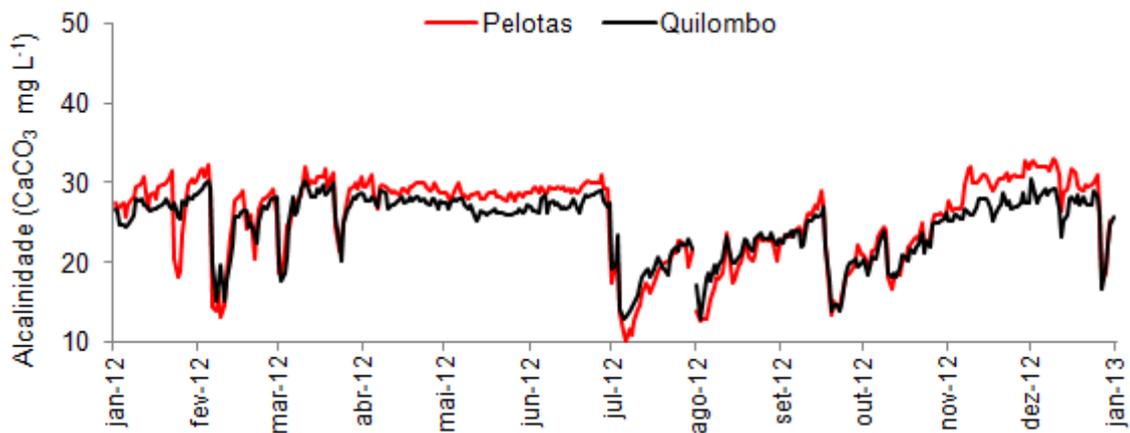


Figura 43. Dados médios diários de alcalinidade em 2012.

4.4.7 Dureza

Os valores médios anuais de dureza no Arroio Pelotas variaram entre 15,1 a 20,5mg CaCO₃ L⁻¹ nos anos de 2007-2012. No Arroio Quilombo, os valores médios anuais oscilaram entre 9,1 a 20,4mg CaCO₃ L⁻¹ nos anos de 2007-2012 (Tabela 5).

A dureza está relacionada com o processo natural de intemperismo dos componentes geológicos do solo (BRODNJAK-VONCINA et al., 2002). Na bacia estudada, há o predomínio de Argissolos originários de granitos (MEGIATO, 2011). Na Figura 7, visualiza-se que a maioria dos solos são distróficos, ou seja, a saturação de bases é menor ou igual a 50%. Em ambos os arroios os valores de dureza apresentaram-se abaixo de 50mg CaCO₃ L⁻¹ (Figuras 44 a 49) o que classifica a água como mole. Desta forma, são consideradas com potencial de risco baixo a causar danos no sistema de irrigação (NAKAYAMA; BUCKS, 1986 apud ZAMBERLAN, 2007).

Estrela (2008), do mesmo modo, encontrou valores de dureza abaixo de 50mg CaCO₃ L⁻¹, avaliando a qualidade da água da irrigação em propriedades familiares no município de Turuçu, RS, onde os Argissolos predominavam.

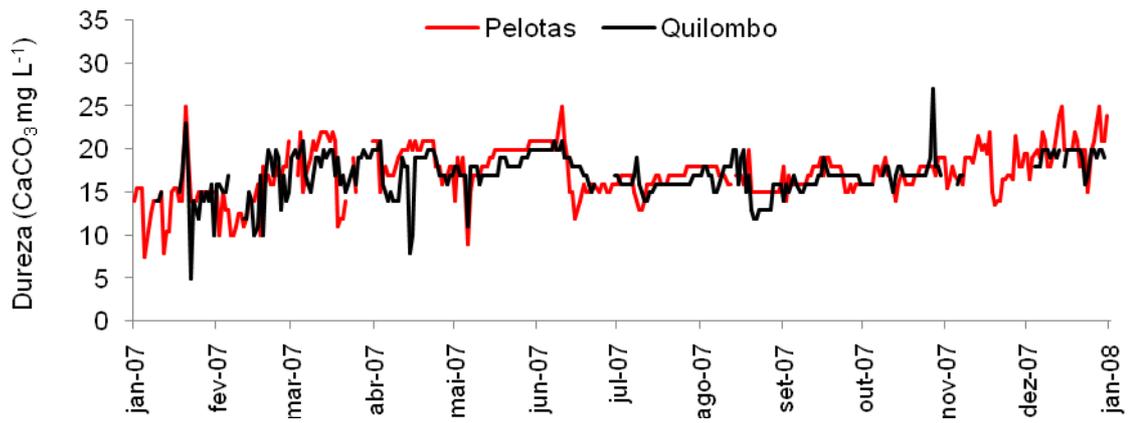


Figura 44. Dados médios diários de dureza em 2007.

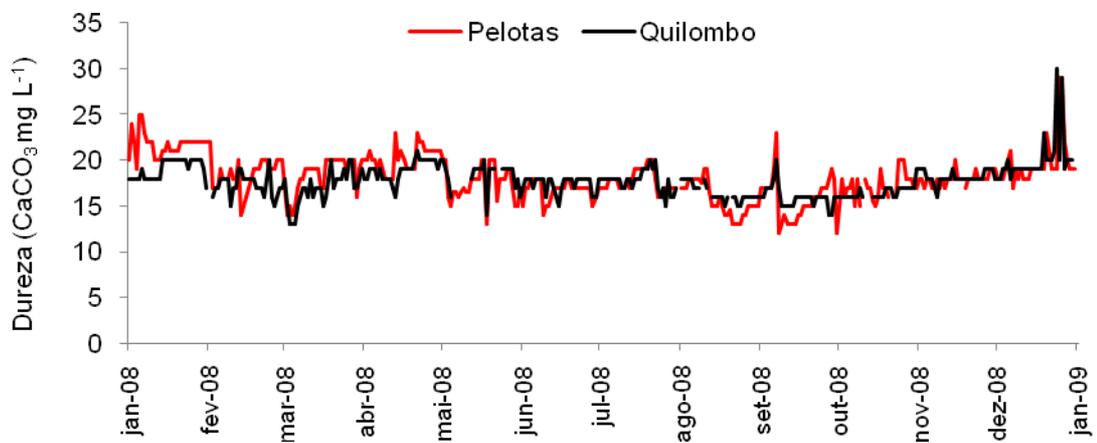


Figura 45. Dados médios diários de dureza em 2008.

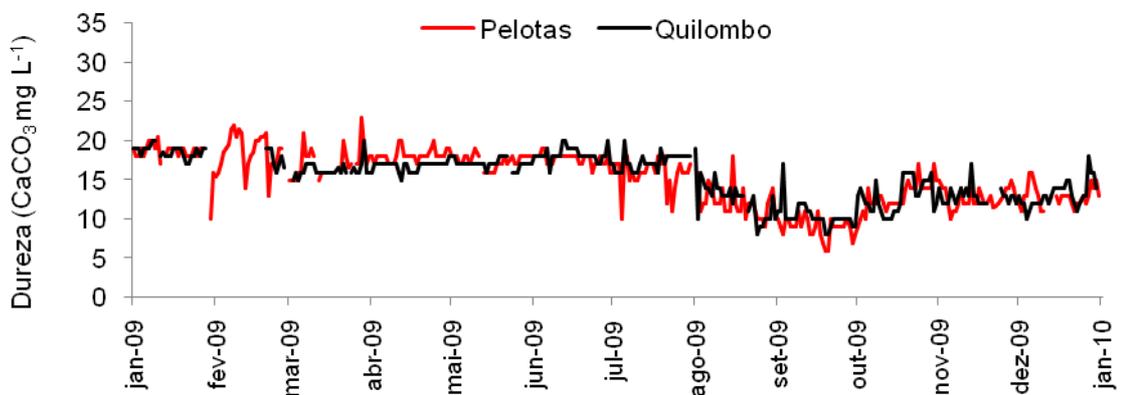


Figura 46. Dados médios diários de dureza em 2009.

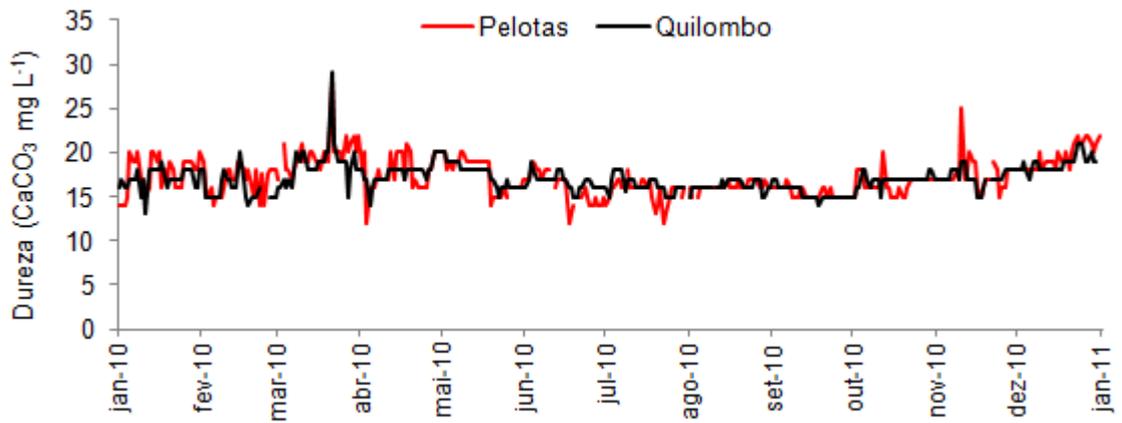


Figura 47. Dados médios diários de dureza em 2010.

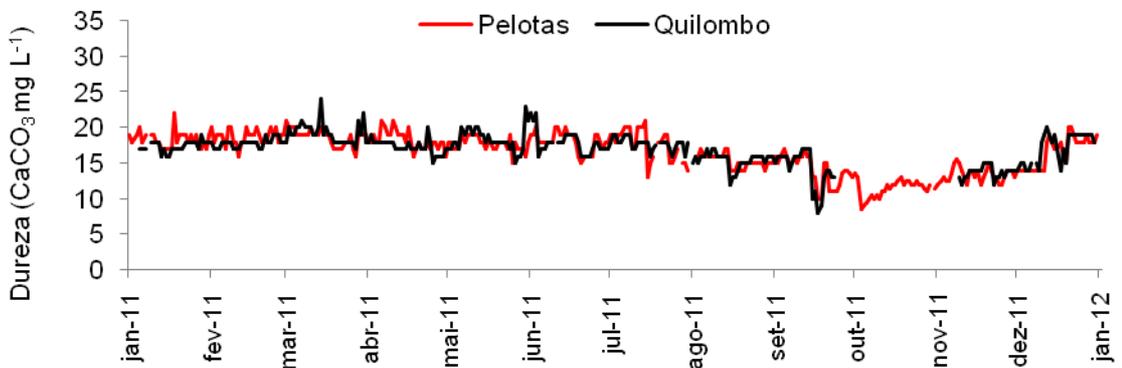


Figura 48. Dados médios diários de dureza em 2011.

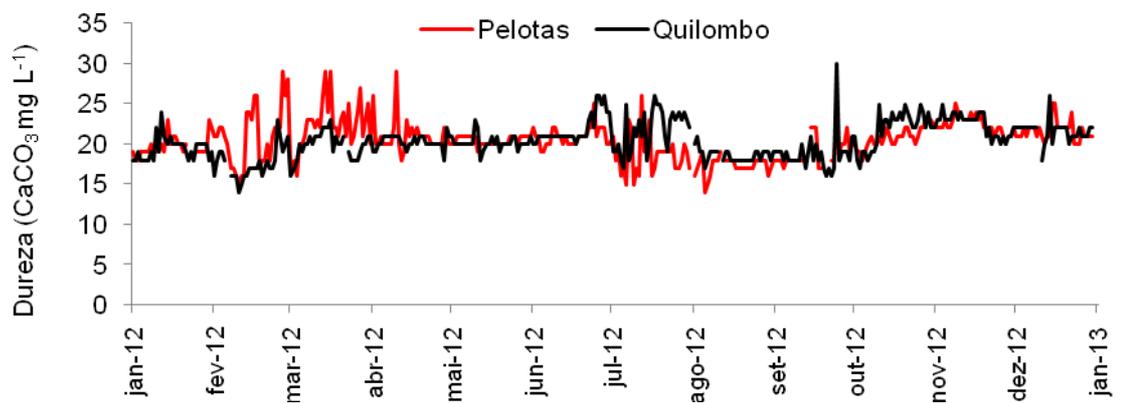


Figura 49. Dados médios diários de dureza em 2012.

4.4.8 Matéria orgânica

Os valores médios anuais de MO variaram de 4,6 a 5,1mg L⁻¹ no Arroio Pelotas e de 1,7 a 3,7mg.L⁻¹ no Arroio Quilombo, nos anos de 2007-2012 (Tabela 5). Ressalta-se que, em geral, em todos os anos avaliados, o Arroio Pelotas apresentou maior conteúdo de MO em relação ao Quilombo (Figuras 50 a 55). De acordo com Crapez (2009), a maior concentração de MO na água contribui na diminuição da oxigenação, devido à utilização do oxigênio como aceptor final de elétrons durante os processos de degradação do material orgânico. Este comportamento também pode ser observado neste estudo, principalmente quando se constata que no Arroio Quilombo apresentou, em média, maiores valores de OD nos anos de 2007-2012 (Tabela 8), possivelmente por conta dos menores valores de MO.

Almeida e Schwarzbald (2003) citaram, igualmente, que, com o aumento da produção primária, o que resulta em grande geração de material orgânico particulado, as águas tendem a apresentar valores mais altos de turbidez. Isto foi observado neste estudo, sendo que o Arroio Pelotas, em termos de valores médios anuais, apresentou maior conteúdo de MO e, conseqüentemente, maiores valores de turbidez, bem como maiores valores de cor (Tabela 5).

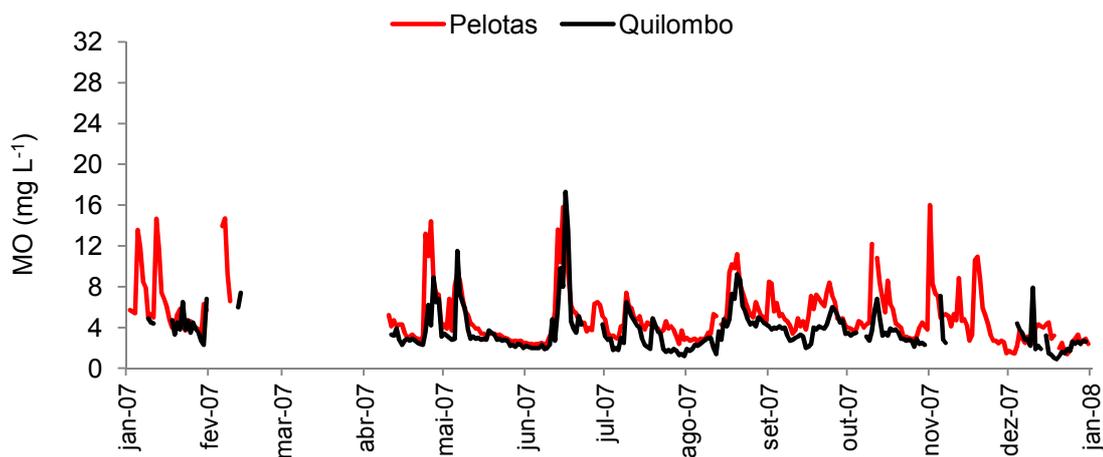


Figura 50. Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2007.

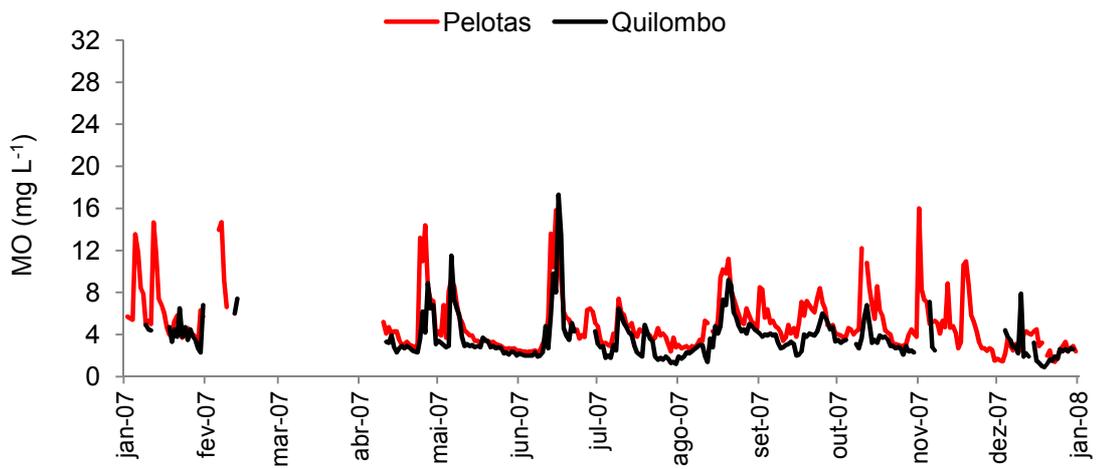


Figura 51. Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2008.

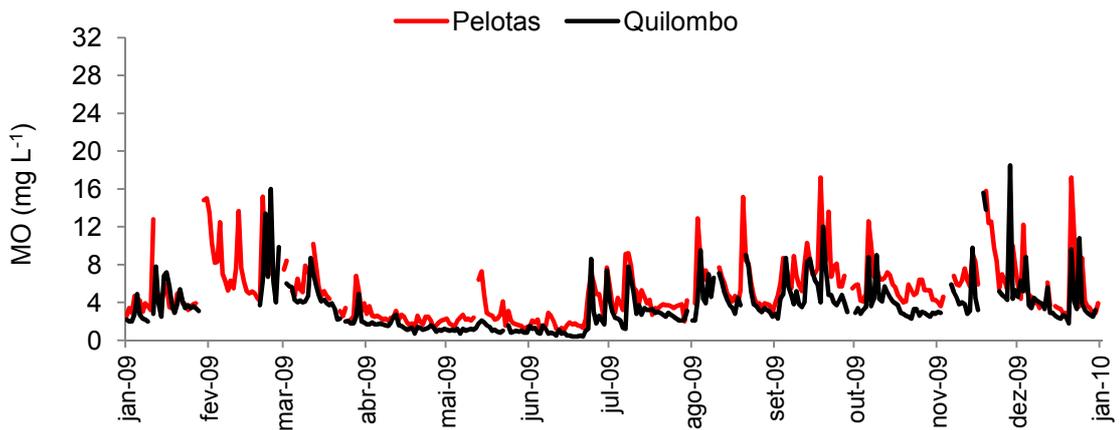


Figura 52. Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2009.

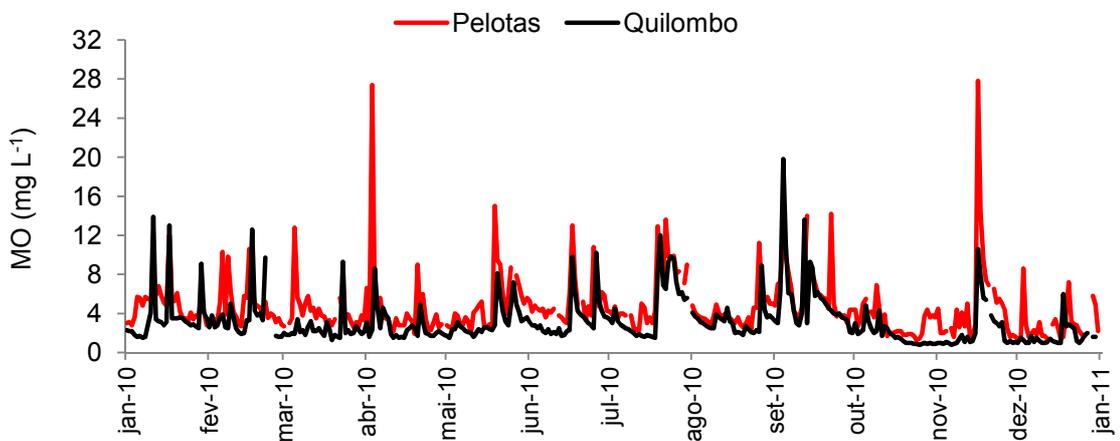


Figura 53. Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2010.

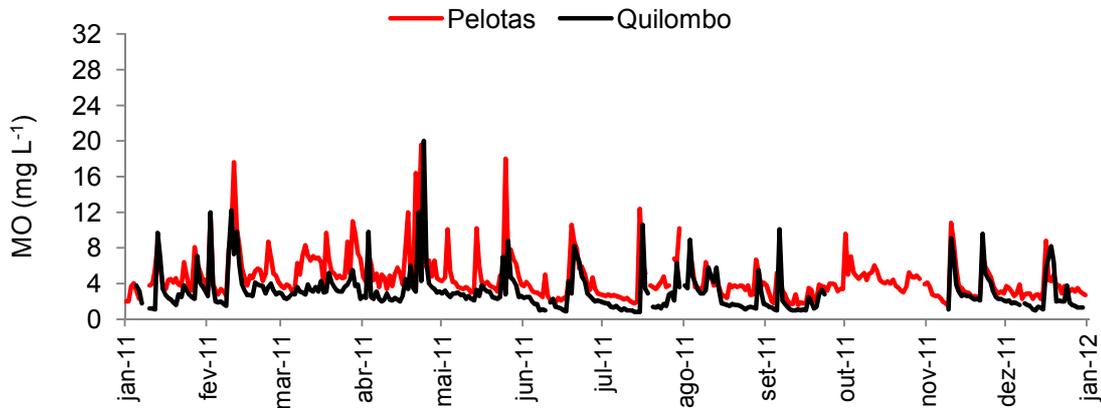


Figura 54. Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2011.

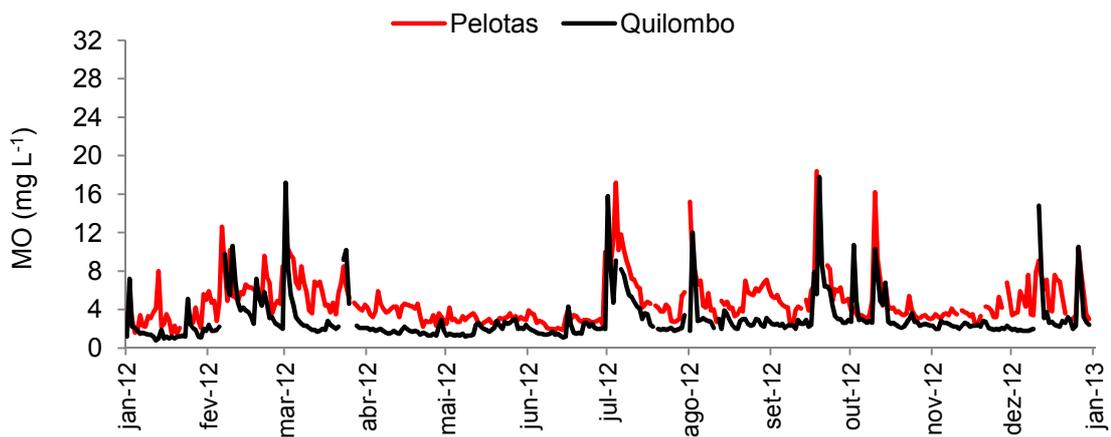


Figura 55. Dados médios diários de matéria orgânica (MO) em 2012.

4.4.9 CO₂ livre

Os valores médios anuais de CO₂ variaram de 5,1 a 8,3mg L⁻¹ no Arroio Pelotas e de 4,4 a 5,8mg L⁻¹ no Arroio Quilombo nos anos de 2007-2012 (Tabela 5). Nas Figuras 56 a 61, é possível observar que o Arroio Pelotas apresentou, em geral, maior concentração de CO₂ livre em suas águas, possivelmente por conta dos maiores valores de MO apresentados em relação ao Arroio Quilombo. De acordo com Donadio et al. (2005), no processo de oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos aeróbicos, há liberação de gás carbônico.

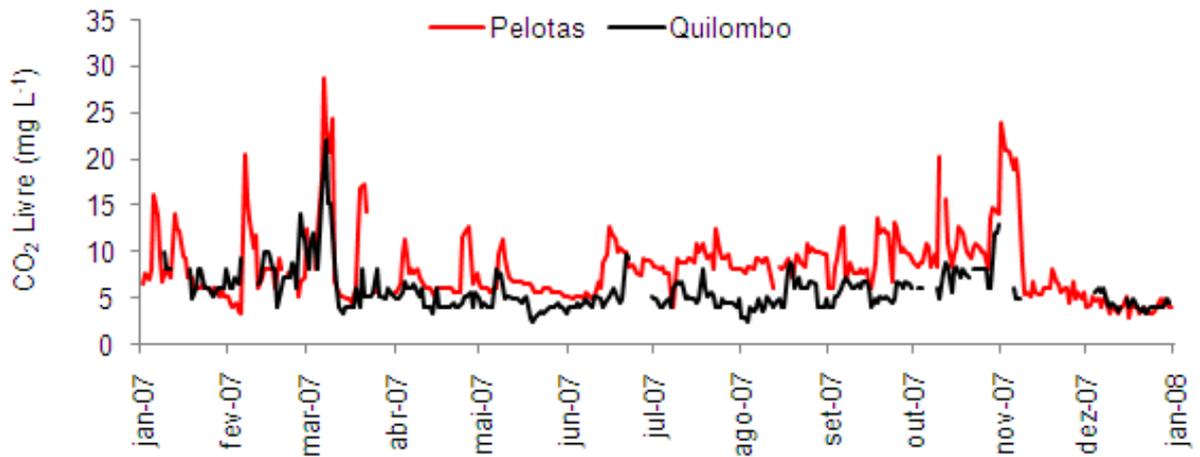


Figura 56. Dados médios diários de gás carbônico livre (CO_2) em 2007.

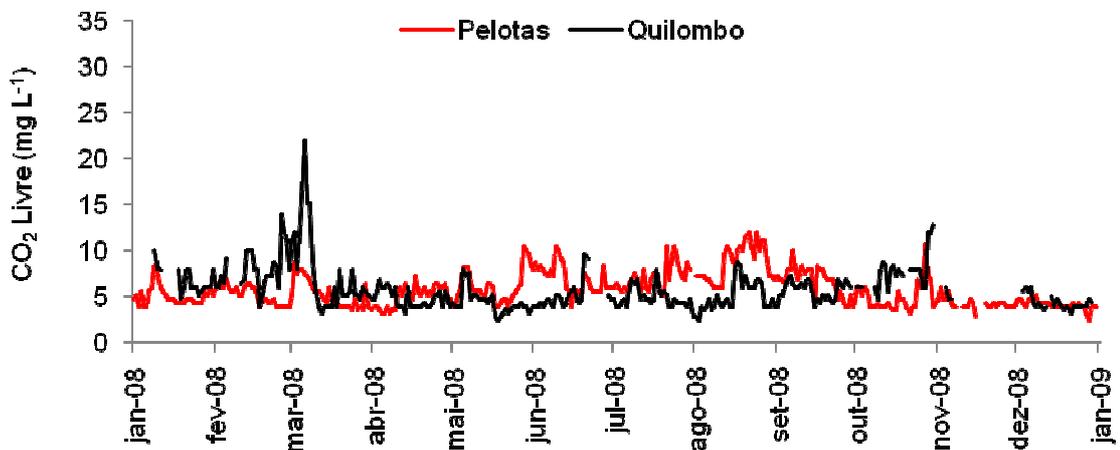


Figura 57. Dados médios diários de gás carbônico livre (CO_2) em 2008.

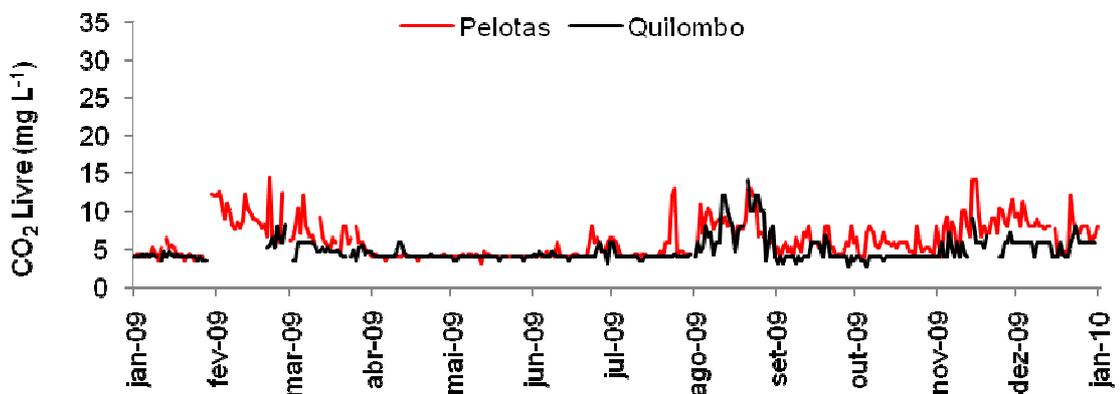


Figura 58. Dados médios diários de gás carbônico livre (CO_2) em 2009.

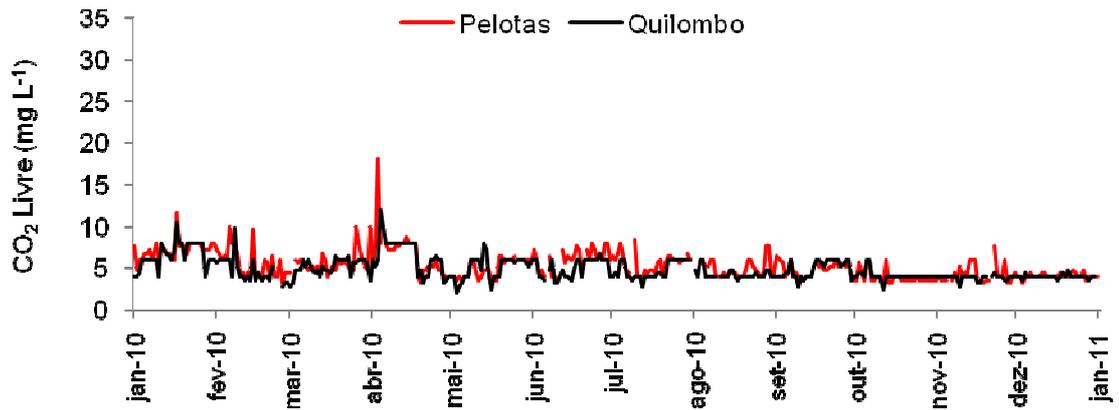


Figura 59. Dados médios diários de gás carbônico livre (CO₂) em 2010.

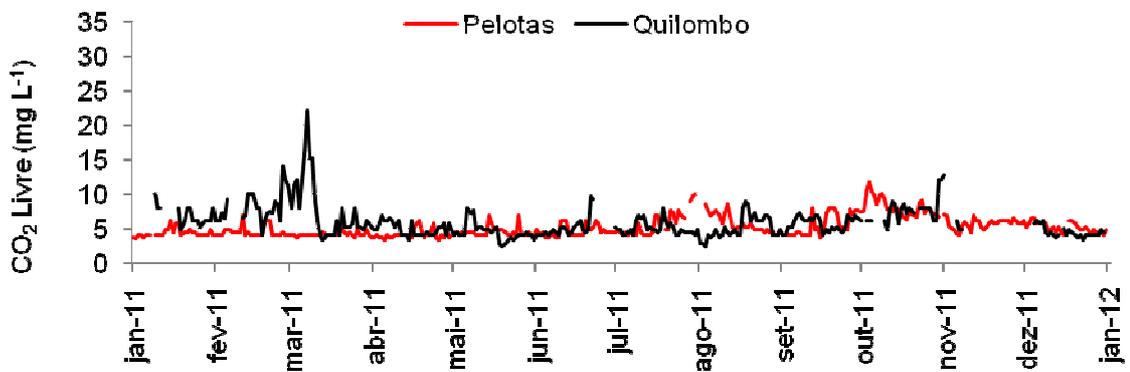


Figura 60. Dados médios diários de gás carbônico livre (CO₂) em 2011.

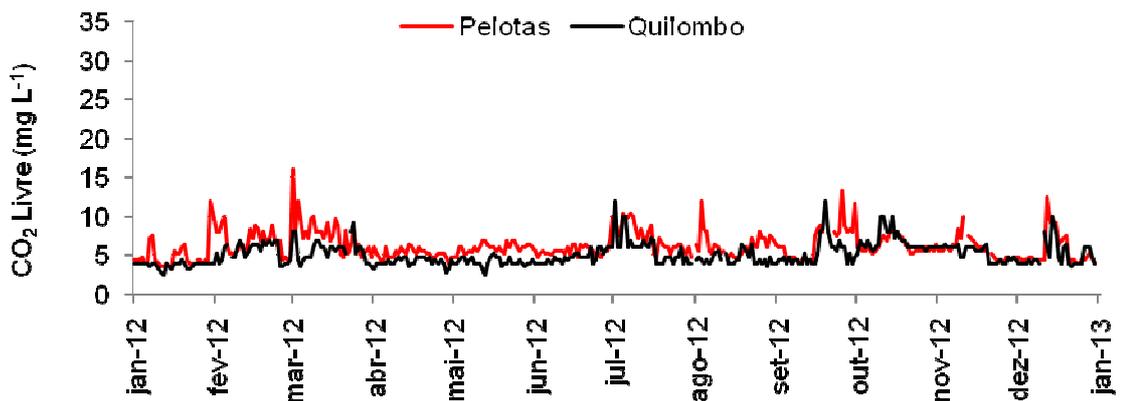


Figura 61. Dados médios diários de gás carbônico livre (CO₂) em 2012.

Na Tabela 10 é apresentada uma síntese dos valores referentes à porcentagem de dias, para cada ano analisado, em que os valores dos parâmetros oxigênio dissolvido (OD), turbidez, cor e pH não atenderam os padrões

estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n° 357/2005) para águas doces da classe 2.

Tabela 10. Porcentagem de dias em que os valores de oxigênio dissolvido (OD), turbidez, cor e pH ultrapassaram os valores estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA n° 357/2005) para águas doces da classe 2.

Parâmetros	Dias (%)					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Arroio Pelotas						
OD (mg L ⁻¹)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez (UNT)	1,1	0,5	0,8	1,1	2,7	4,6
Cor (mgPt L ⁻¹)	30,1	30,6	76,2	67,4	60,0	54,9
pH	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0
Arroio Quilombo						
OD (mg L ⁻¹)	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Turbidez (UNT)	1,1	2,2	2,2	0,5	1,4	5,5
Cor (mgPt L ⁻¹)	17,8	19,4	44,1	24,7	22,2	17,8
pH	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

4.5 RELAÇÃO ENTRE OS INDICADORES DE QUALIDADE DE ÁGUA

A análise de componentes principais considerou os dois primeiros fatores que tiveram autovalor acumulado de 58,95 % para o Arroio Pelotas e 54,07 % para o Arroio Quilombo. O primeiro componente principal resultou da combinação linear das 9 variáveis estudadas e explicou 37,18% e 34,03% da variância total, ao passo que o segundo componente 21,76% e 20,05%, para o Arroio Pelotas e Quilombo, respectivamente (Tabela 11).

Por meio da Figura 62, constata-se que para o Arroio Pelotas o primeiro componente correlaciona positivamente as variáveis MO, cor, turbidez, CO₂ livre, e negativamente as variáveis T da água, dureza, alcalinidade, pH e OD. Assim, o efeito do fator de variação sobre as variáveis T da água, dureza, alcalinidade, pH e OD proporciona a diminuição de seus valores enquanto que os valores das outras variáveis aumentam.

Tabela 11. Autovalor e proporção acumulada dos componentes principais - Arroio Pelotas e Arroio Quilombo.

Componente	Autovalor	% Variância explicada	% Variância acumulada
Pelotas			
1	3,35	37,18	37,18
2	1,96	21,76	58,95
3	1,16	12,87	71,82
4	0,88	9,76	81,58
5	0,62	6,85	88,43
6	0,37	4,09	92,51
7	0,26	2,92	95,44
8	0,23	2,54	97,97
9	0,18	2,03	100
Quilombo			
1	3,35	34,03	34,03
2	1,96	20,05	54,07
3	1,16	13,85	67,93
4	0,88	9,81	77,74
5	0,62	8,36	86,10
6	0,37	4,52	90,62
7	0,26	3,80	94,42
8	0,23	3,15	97,57
9	0,18	2,43	100,00

Este componente pode ser interpretado como uma resposta relacionada à qualidade da água, desde que todas as variáveis com cargas positivas estão corroborando para a baixa qualidade da água, apresentando-se como um fator de

transporte de sedimentos, particularmente e de modo expressivo a variável turbidez, que apresentou os maiores valores de correlação com o primeiro componente tanto no Arroio Pelotas (Figura 62), quanto no Arroio Quilombo (Figura 63) e o oposto ocorrendo com as variáveis com cargas negativas. Segundo Helena et al. (2000), coeficientes de correlação superiores a 0,5 expressam uma forte relação entre as variáveis de qualidade de água. Alterações na qualidade das águas superficiais devidas ao escoamento superficial das áreas agrícolas e ao emprego de fertilizantes nitrogenados foram registradas por Simeonov et al. (2003), durante a avaliação da qualidade das águas superficiais no nordeste da Grécia.

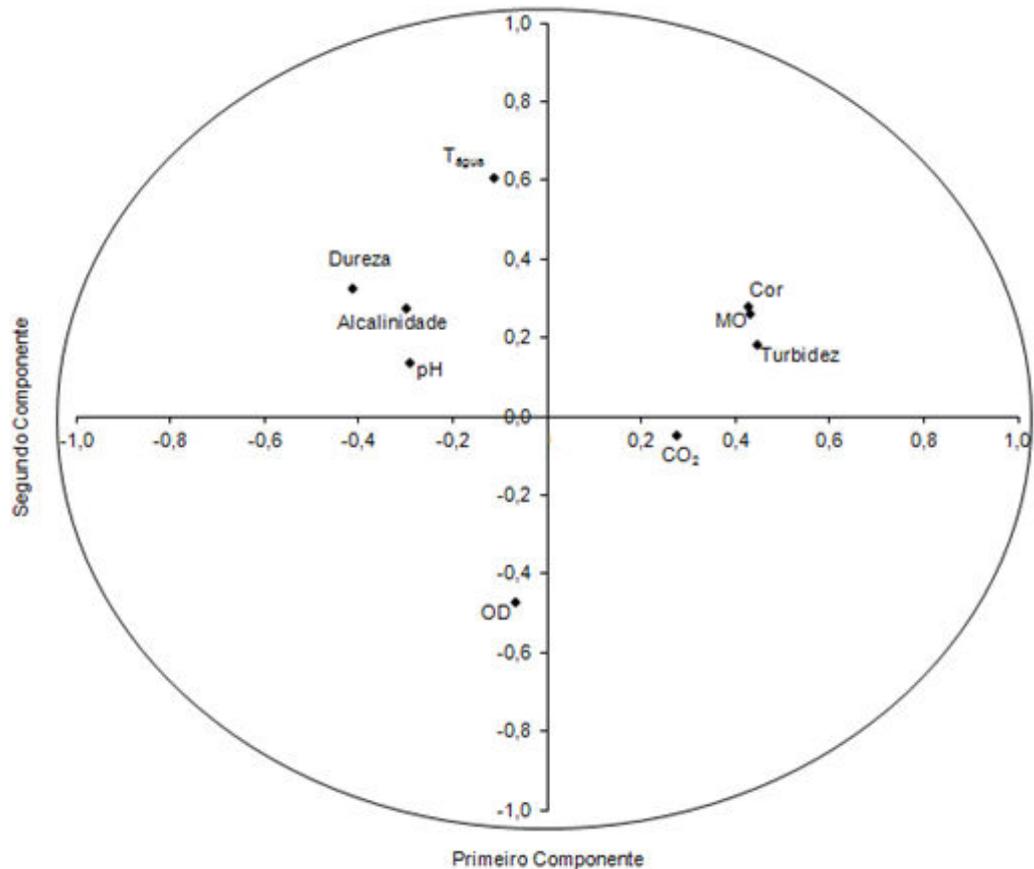


Figura 62. Autovetores das variáveis de qualidade da água do Arroio Pelotas, onde: OD: oxigênio dissolvido, MO: matéria orgânica, CO₂: gás carbônico livre e T água: temperatura da água.

No Arroio Pelotas e no Arroio Quilombo, o segundo componente correlaciona positivamente as variáveis T da água dureza alcalinidade, pH, MO, cor, turbidez e negativamente a variável OD (Figuras 62 e 63). As variáveis T e OD apresentaram as maiores correlações com este componente, sendo que a relação entre elas é inversamente proporcional. Maier (1987) também ressaltou que em

águas correntes, sob circunstâncias normais, o conteúdo de OD é alto e varia ao longo do rio, devido a alterações em suas características ambientais e em consequência das condições climáticas.

Maier (1987) enfatiza que a solubilidade do OD é inversamente proporcional à temperatura. Silva et al. (2009), em análises realizadas na qualidade da água em um reservatório da usina hidrelétrica de Peti, Minas Gerais, também observaram que as menores temperaturas da água na microbacia (período seco do ano) estão diretamente ligadas as maiores concentrações de Oxigênio Dissolvido.

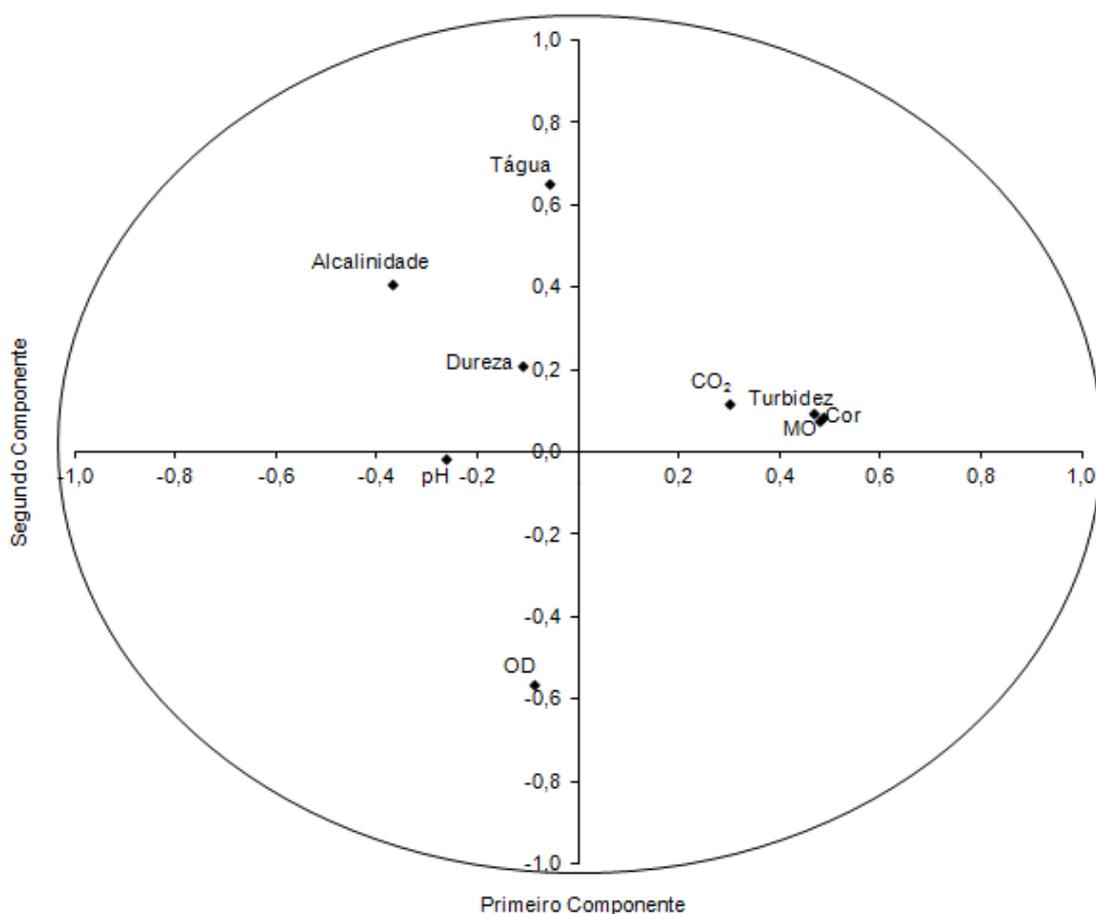


Figura 63. Autovetores das variáveis de qualidade da água do Arroio Quilombo, onde: OD: oxigênio dissolvido, MO: matéria orgânica, CO₂, gás carbônico livre e T água: temperatura da água

4.6 VARIABILIDADE TEMPORAL DOS INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

Na Tabela 12 estão apresentados os valores da correlação de Pearson entre as médias mensais dos indicadores de qualidade da água dos arroios Pelotas e

Quilombo e as médias mensais da precipitação pluvial. Observou-se uma correlação positiva significativa das variáveis turbidez, cor e matéria orgânica com a precipitação pluvial em ambos os arroios estudados (Tabela 12). Fraga et al. (2012), observou uma relação positiva de 85,71% dos valores de turbidez com as precipitações acumuladas em fontes de captação de água em açudes do município de Turuçu/RS. Luíz et al. (2012), analisando os parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR, constataram que 70% das amostras analisadas apresentaram valores elevados de cor (maiores que 75mgPt/l) nos dias em que ocorreu chuva igual ou superior a 25mm. Silva et al. (2009), pesquisando a qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Peti, Minas Gerais destacaram que, em épocas chuvosas, os parâmetros turbidez e cor aumentam a sua concentração. Fonseca e Salvador (2005), ao analisarem a qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio Bonito, em Descalvado – SP, observaram uma diminuição dos teores de oxigênio dissolvido durante a estação chuvosa, relacionada com o aumento da MO carregada da superfície do solo pelas águas pluviais. Essa correlação positiva entre os teores de MO e os valores das precipitações pluviais, foi verificada em ambos os arroios analisados no presente estudo.

Tabela 12. Matriz de correlação entre as médias mensais dos indicadores de qualidade da água e as médias mensais da precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo.

	Táguia	Turbidez	Cor	pH	Dureza	Alcalinidade	CO ₂	OD	MO
Pelotas									
PPT	0,37 ^{NS}	0,52*	0,74*	-0,31 ^{NS}	-0,01 ^{NS}	0,31 ^{NS}	0,23 ^{NS}	-0,43 ^{NS}	0,54*
Quilombo									
PPT	0,20 ^{NS}	0,62*	0,92***	-0,52 ^{NS}	-0,49 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,43 ^{NS}	-0,20 ^{NS}	0,75**

^{NS} não significativo; * significativo ao nível de 5%; ** significativo ao nível de 1%; *** significativo ao nível de 0,1%.

Nas Figuras 64, 65 e 66, observa-se que os maiores valores de turbidez, cor e MO ocorreram nos meses de fevereiro e setembro. Os maiores valores de turbidez que ocorreram em fevereiro podem estar associados ao fato de que as culturas de verão implantadas na região (milho, soja e fumo) não são cultivadas, na maioria das vezes, em sistemas conservacionistas de manejo de solo, conseqüentemente,

ocorre pouca cobertura vegetal, deixando uma grande área de solo descoberto. Essa conjuntura facilita o carreamento das partículas do solo, bem como adubos e agrotóxicos pela água da chuva. O mês de setembro, por sua vez, é um período de preparo do solo para implantação das culturas de verão; por isso, em áreas de plantio convencional, o solo encontra-se descoberto e desagregado por conta das operações de aração e gradagem; assim, suas partículas são facilmente carregadas pela água da chuva. As considerações relatadas acima foram observadas *in loco*, em saídas de campo na área de estudo.

De acordo com Fritzsos et al. (2003), a precipitação desencadeia processos erosivos que elevam a turbidez, a cor e o teor de MO nas águas, uma vez que durante as precipitações predominam as entradas de água de escoamento superficial nos mananciais.

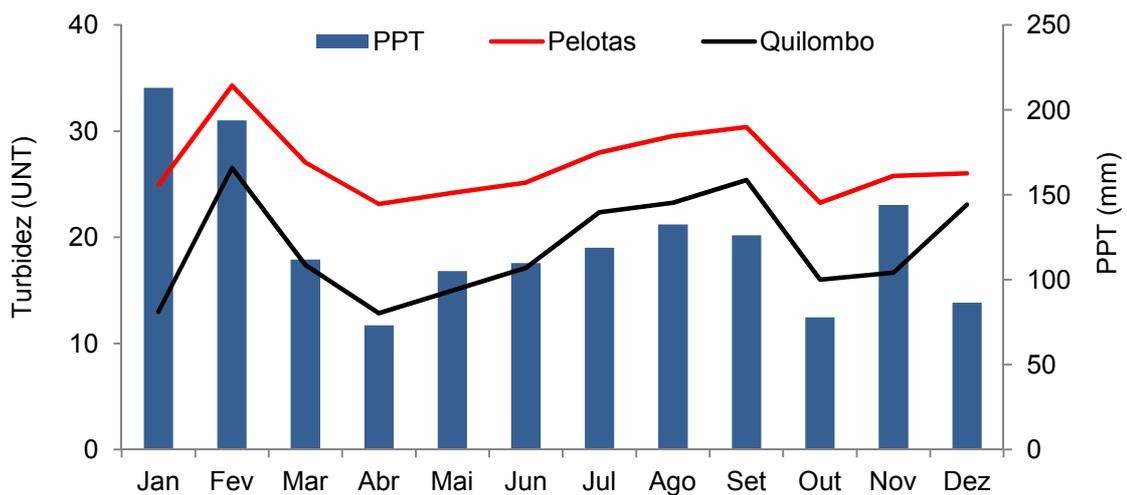


Figura 64. Médias mensais dos valores de turbidez e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012.

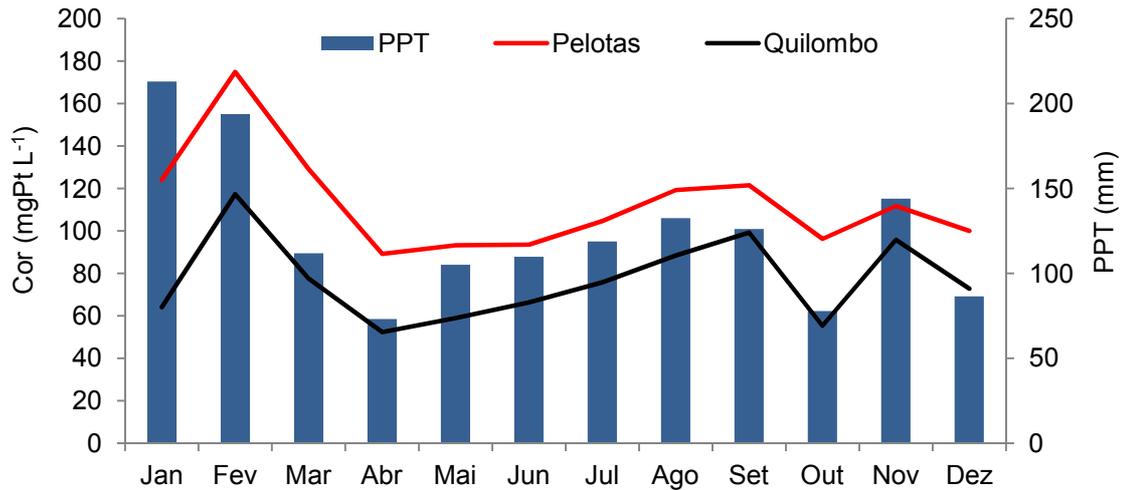


Figura 65. Médias mensais dos valores de Cor e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012.

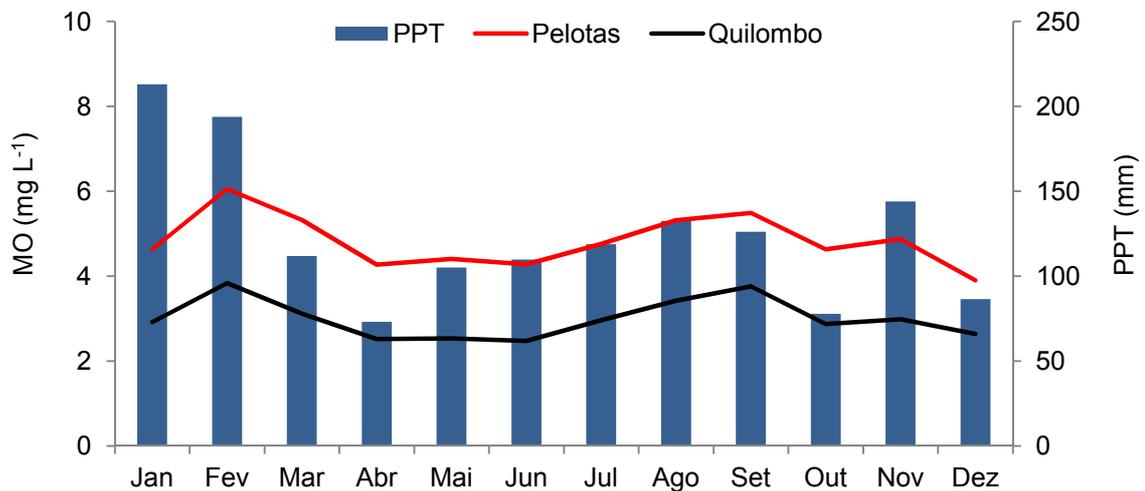


Figura 66. Médias mensais dos valores de matéria orgânica (MO) e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012.

Em geral, a variável pH não apresentou uma variabilidade sazonal acentuada, mantendo-se em torno de 7,0 ao longo do ano (Figura 67). Silva et al. (2008), observaram em um estudo sobre a influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus, no sudoeste da Amazônia, ao longo dos anos de 1998-2005, que o pH manteve-se entre 6 e 7.

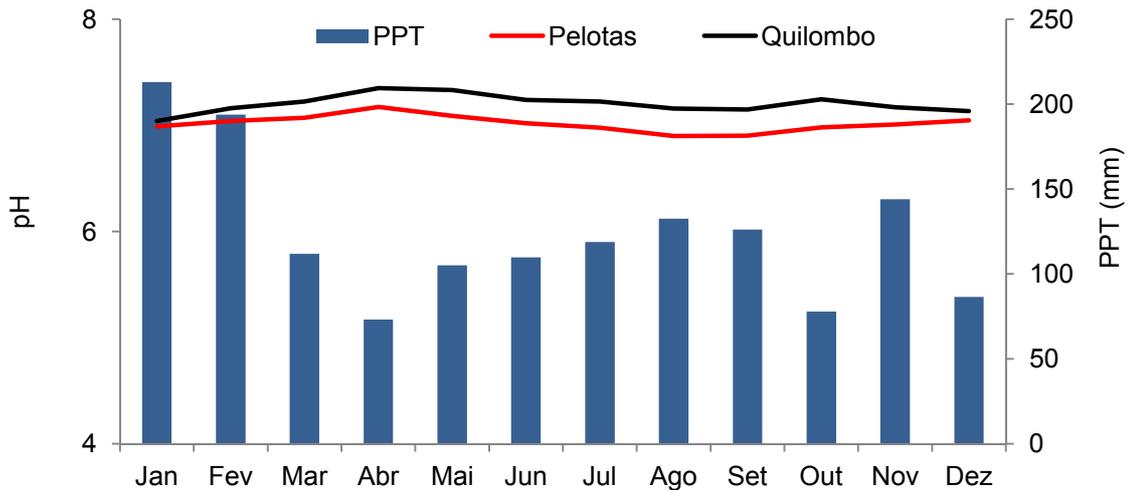


Figura 67. Médias mensais dos valores de pH da água e precipitação pluviométrica (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo nos anos de 2007 a 2012.

Como resultado da diminuição da temperatura do ar nos meses de outono e inverno, constata-se a diminuição da temperatura da água a partir do mês de março até julho (Figura 68). De maneira geral, os valores das variáveis dureza e alcalinidade diminuíram nos meses de outono e inverno (Figuras 69 e 70). O oxigênio dissolvido, por sua vez, apresentou um comportamento antagônico ao da temperatura da água; os menores valores de OD foram percebidos nos meses de primavera e verão (Figura 71).

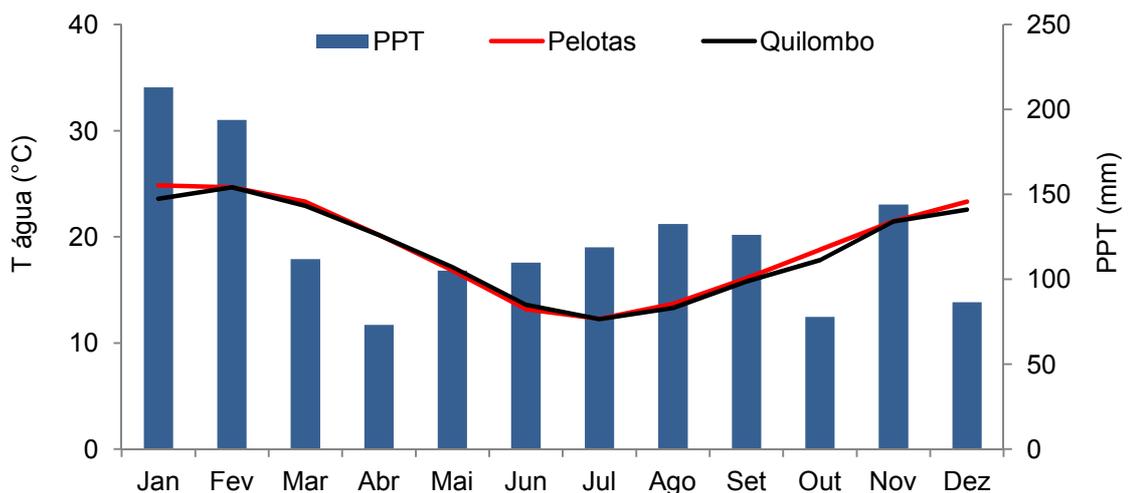


Figura 68. Médias mensais dos valores de temperatura da água e precipitação pluviométrica (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012.

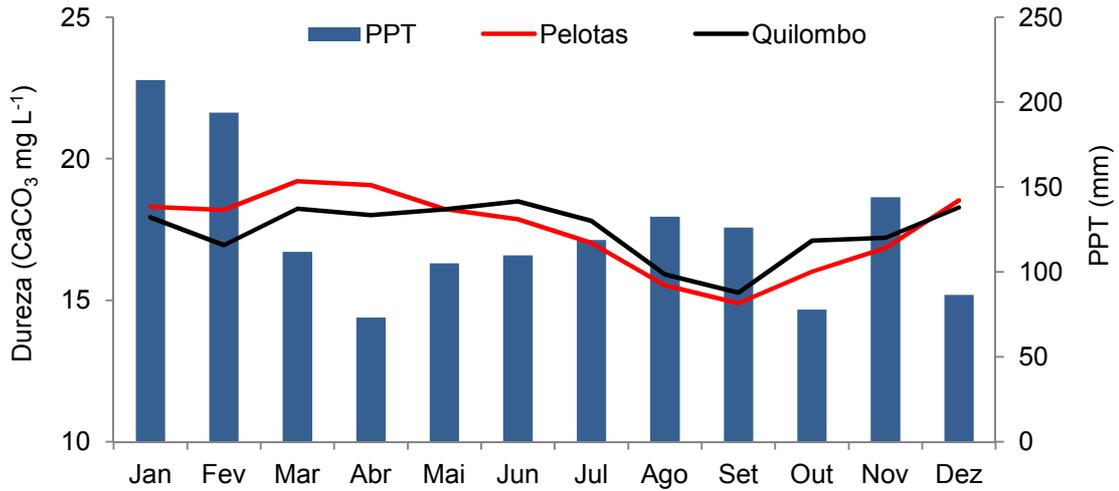


Figura 69. Médias mensais dos valores de dureza da água e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo nos anos de 2007 a 2012.

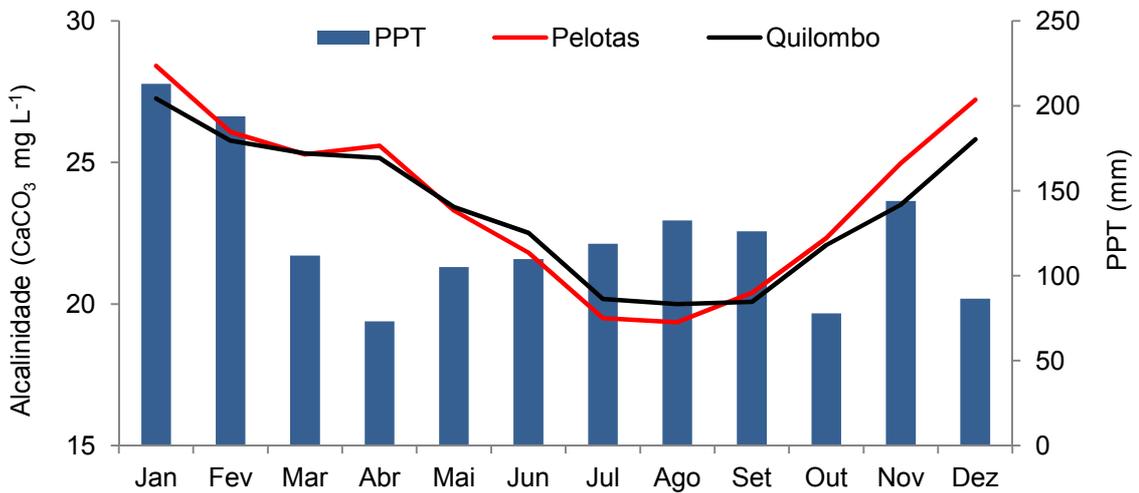


Figura 70. Médias mensais dos valores de alcalinidade da água e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012.

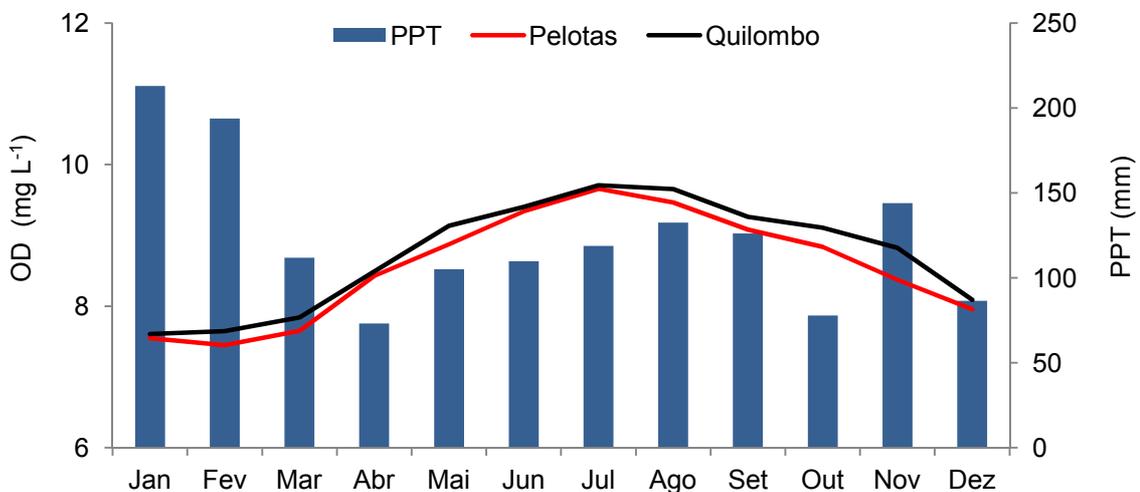


Figura 71. Médias mensais dos valores de oxigênio dissolvido da água (OD) e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012.

A variável gás carbônico livre não apresentou uma tendência clara de sazonalidade, sendo que seus valores variaram entre 4 e 6mgL⁻¹ no Arroio Quilombo e entre 6 e 8 mgL⁻¹ no Arroio Pelotas (Figura 72).

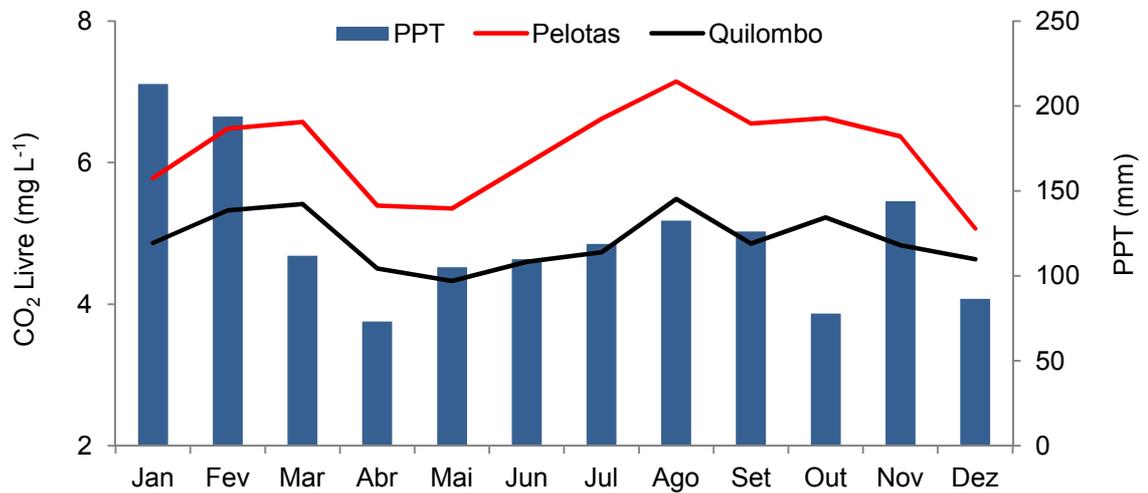


Figura 72. Médias mensais dos valores de gás carbônico livre da água (CO₂) e precipitação pluvial (PPT) para os arroios Pelotas e Quilombo, nos anos de 2007 a 2012.

5 CONCLUSÕES

Os maiores valores de cor, turbidez e matéria orgânica ocorreram nos meses de fevereiro e setembro, quando foram verificados os maiores valores de precipitação pluvial. Estes parâmetros apresentaram uma correlação positiva significativa com a precipitação pluvial, indicando um provável efeito de transporte de sedimentos na bacia. Tal efeito pode estar sendo potencializado por atividades antrópicas na Bacia de contribuição da ETA Sinnott.

Os parâmetros de qualidade da água pH e gás carbônico livre não apresentaram uma variabilidade sazonal acentuada, enquanto os valores das variáveis dureza e alcalinidade diminuíram nos meses de outono e inverno.

O oxigênio dissolvido apresentou um comportamento inversamente proporcional ao da temperatura, sendo que seus menores valores foram observados nos meses de primavera e verão.

Para os parâmetros analisados, ocorreu aumento na qualidade das águas durante períodos de estiagem.

Os valores de dureza obtidos classificam a água como mole. Este fato pode ter relação com o predomínio, na área estudada, de solos do tipo Argissolos, sendo que a maioria são distróficos, com baixa saturação de bases.

Em relação aos padrões estabelecidos pela legislação vigente (CONAMA nº 357/2005), para águas doces da classe 2, o parâmetro cor foi o que apresentou o menor índice de atendimento ao respectivo padrão, especialmente no ponto de coleta do Arroio Pelotas, onde este parâmetro, chegou a ficar 76,2% dos dias acima do limite, em 2009. Este resultado indica a necessidade de estabelecer ações de conservação na referida bacia, especialmente considerando a importância deste parâmetro para a avaliação da qualidade da água, visando o abastecimento público, tanto em termos de custos de tratamento, como em termos de saúde pública.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sugere-se a continuidade da pesquisa com ênfase em análises de um maior número de variáveis, além das estudadas, como alumínio, cálcio, magnésio, ferro total, fósforo total, nitrogênio amoniacal, nitrato, cloreto, condutividade elétrica e agrotóxicos, para uma melhor compreensão da relação entre o uso do solo e os parâmetros da qualidade de água, bem como uma avaliação in loco mais abrangente dos usos e ocupação do solo nas áreas de estudo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.8, n.1, p.81-97, 2003.

ALVARENGA, L. A.; MARTINS, M. P. P.; CUARTAS, L. A.; PENTEADO, V. A.; ANDRADE, A. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Ambi-Agua**, v.7, n.3, p.228-240, 2012.

ALVES, J. P. H.; GARCIA, C. A. B. Qualidade da água. In: **Diagnóstico e avaliação ambiental de sub-bacia hidrográfica do rio Poxim**. Aracaju: UFS/FAPESE, 2006.

AMARAL, Amanda. **Avaliação de mananciais subterrâneos e superficiais da bacia do córrego sossego considerando uso para abastecimento doméstico e irrigação - contaminação por agrotóxicos**. 2011. 178f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

ANA. Agência Nacional de Águas. 2000. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br>> Acesso em: 10 fev. 2013.

ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2012. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/arquivos/Conjuntura2012.pdf>> Acesso em: 02 jan. 2013.

ANA. Indicadores da qualidade da água. 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 12 jan. 2013.

ANA. Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb. 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>> Acesso em: 15 jan. 2013.

ANDRADE, A.G.; FREITAS, P.L.; LANDERS, J. **Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010, 491p.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V.; HONDA, E.A. Pesquisas sobre qualidade da água em bacias hidrográficas do Alto Paraíba do Sul. In: VI WORKSHOP EM MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 6.,2003, Botucatu. **Anais do...** Botucatu - SP: UNESP/Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2003. p. 27-32.

ARNDT, Artur Lacerda. **Diagnóstico hidroquímico das águas superficiais do Arroio Pelotas, Pelotas, RS**. 2011. 92f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande.

ATLAS SOCIOECONÔMICO DO RIO GRANDE DO SUL. 2013. Disponível em: <http://www.scp.rs.gov.br/atlas/conteudo.asp?cod_menu_filho=791&cod_menu=790&tipo_menu=APRESENTACAO&cod_conteudo=1332> Acesso em: 16 jan. 2013.

AYERS, R. S; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

BERTONI, J. ; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 355p.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002. p. 177-231.

BILICH, M. R.; LACERDA, M. P. C. Avaliação da qualidade da água do Distrito Federal (DF), por meio de geoprocessamento. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Anais do...** São José dos Campos: INPE, 2005. P. 2059-2065.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, v.4, n.8, p.143-166, 1997.

BOTELHO, Cláudio Gouvêa. **Gestão da qualidade do tratamento e do abastecimento de água**. Lavras, MG: UFLA/FAEPE, 2003. 180 p.

BRANCO, N.; PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. Produção de sedimentos da bacia hidrográfica do Arroio Vacacaí Mirim – Avaliação Preliminar. In: CONGRESSO NACIONAL DEL AGUA, 17, SIMPOSIO DE RECURSOS HIDRICOS DEL CONOSUR, 2, 1998, Santa Fé. **Anais do...** Santa Fé: UNL, 1998. v.3, p.444-451.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**, de 1º outubro de 1988. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm> Acesso em: 10 maio 2013.

BRASIL. **Decreto Lei nº 2.612**, de 3 de junho de 1998. Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D2612.htm > Acesso em: 10 maio 2013.

BRASIL. **Decreto Lei nº 24.643**, de 10 de julho de 1934. Institui o Código de Águas e dá outras providências. Disponível em: <
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm> Acesso em: 10 maio 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm > Acessado em: 10 maio 2013.

BRASIL. **Lei nº 9.984/00**, de 17 de julho de 2000. Criação da Agência Nacional de Águas-ANA. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm > Acesso em: 10 maio 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 357** de 17 março de 2005. Diário Oficial da União nº 053, seção 1. p. 58-63, 2005. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 03 mar. 2013.

BRODNJAK-VONEINA, D.; DOBENIK, M.; ZUPAN, J. Chemometrics characterisation of the quality of river water. **Analytica Chimica Acta**, v.462, p.87-100, 2002.

CALIJURI, M. L.; COUTO, E. A.; SANTIAGO, A. F.; CAMARGO, R. A.; SILVA, M. D. F. M. Evaluation of the Influence of Natural and Anthropogenic Processes on Water Quality in Karstic Region. **Water, Air & Soil Pollution**, v.223, n.5, p.2157-2168, 2012.

CARVALHO, Newton. Erosão Crescente na Bacia do Rio São Francisco. Revista Brasileira de Engenharia. **Caderno de Recursos Hídricos**, v.13, n.2, 1994.

CASTRO, Krishna Neffa Vieira. **O comitê para integração da bacia hidrográfica do rio Paraíba do sul – CEIVAP: um campo sócio político ambiental em disputa**. 2008. 153f. Dissertação (Mestrado em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade)- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Qualidade das Águas Superficiais no Estado de São Paulo**. Série Relatórios/CETESB, São Paulo, 2010. Disponível em:http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/relatorios/rios/rel_aguas_int_2009 Acesso em:15 mar 2013.

CLESCERI, Lenore Stanke; GREENBERG, Arnold E.; EATON, Andrew D. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20. Ed. Washington, DC: American public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 1998. 1220p.

COLLARES, Eduardo G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari - SP**. 2000. 194f. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CRAPEZ, Miriam A. C. Bactérias Marinhas. In: **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2009. p.183-212.

DERISIO, José C. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. São Paulo: Signus, 2000, p. 34-38.

DILL, Paulo R. J. **Assoreamento do reservatório do Vacacaí-Mirim e sua relação com a deterioração da bacia hidrográfica**. 2002. 125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS. **Normais Climatológicas do Município de Pelotas, 1971 – 2000 (mensais e anuais)**. Disponível em: <<http://www.ufpel.tche.br/estacaoagro/>>. Acesso em: 23 abr. 2006.

ESTEVES, Francisco A. **Fundamentos de Limnologia**. Interciência, Rio de Janeiro. 1998. 602p.

ESTRELA, Carina Costa. **Variabilidade espacial e temporal da qualidade da água de irrigação no sistema de produção de morango em propriedades familiares no município de Turuçu-RS**. 2008.113f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar)-Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

EVARISTO Eduardo de Miranda. Brasil em relevo. 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>> Acesso em: 30 mai. 2013.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler/RS – Notícias. 2013. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br>> Acesso em: 11/10/2013.

FILHO, P. C. O.; DUTRA, A. M.; CERUTI, F. C. Qualidade das Águas Superficiais e o Uso da Terra: Estudo de Caso Pontual em Bacia Hidrográfica do Oeste do Paraná. **Floresta e Ambiente**, v.19, n.1, p.32-43, 2012.

FLORES, C. A.; FILIPPINI ALBA, J. M.; WREGGE, M. S. **Zoneamento agroclimático do eucalipto para o Estado do Rio Grande do Sul e edafoclimático na região do Corede Sul- RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 51p.

FONSECA, H. S.; SALVADOR, N. N. B. Estudo integrado da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Bonito em Descalvado – SP. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.64, n.2, p.179-185, 2005.

FRAGA, R. S.; TAVARES, V. E. Q.; TIMM, L. C.; ESTRELA, C. C.; BARTELS, G. K. Influência da precipitação sobre parâmetros de qualidade da água utilizada para irrigação do morangueiro no município de Turuçu-RS. **Revista Brasileira Agrocência**, v.18, n.1, p.81-94, 2012.

FRANÇA, Marianne Schaefer. **Análise estatística multivariada dos dados de monitoramento de qualidade de água da Bacia do Alto Iguaçu: Uma ferramenta para a gestão de recursos hídricos**. 2009. 166f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FRITZSONS, E.; HINDI, E. C.; MANTOVANI, L. E. RIZZI, N. E. As alterações da qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.8, n.4, p.239-248, 2003.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Oficina Municipal de Saneamento. Brasília, 2006. 24p.

GONÇALVES, V. L.; LARANJEIRA, M. C. M.; FÁVERE, V.; DRAGO, V. Liberação de ferro (iii) de microesferas reticuladas de quitosana. **Visão Acadêmica**, v.6, n.1, p.15-24, 2005.

GUEDES, Hugo Alexandre Soares. **Modelagem da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do Rio Pomba**. 2009.149f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HASENACK, H.; WEBER, E. Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM (Série Geoprocessamento, 3).

HELCIAS Bernardo de Pádua. Águas com dureza e alcalinidade elevada. 2007. Disponível: <www.abrappesq.com.br> Acesso em: 12 jun. 2013.

HELENA, B.; PARDO, R.; VEGA, M.; BARRADO, E.; FERNANDEZ J.M.; FERNANDEZ, L. Temporal evolution of groundwater composition in an alluvial aquifer (Pisuerga river, Spain) by principal component analysis. **Water Research**, v.34, n.3, p.807-16, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento e classificação do uso da terra no RS. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/usoterra_rs.pdf> Acesso em: 14 mar 2013.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Sistema para Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING). Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/>> Acesso em: 20 mai. 2013.

PEIXOTO, J. Análises físico-químicas cor, turbidez, pH, temperatura e dureza – MIEB-2007/08. 2008. Disponível em <<http://www.biologica.eng.uminho.pt/TAEL/downloads/analises/cor%20turbidez%20ph%20t%20alcalinidade%20e%20dureza.pdf>> Acesso em: 13 mar. 2013.

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, n.1, p. 171-182, 2001.

LANNA, Antonio Eduardo. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. Hidrologia: **Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 943p.

LEMONS, A. C. C.; KOESTER, E.; BRUCH, A. F.; NOVAES, L. E. S. M. Impactos ambientais causados pela mineração no distrito de monte bonito, Pelotas – RS. In: XVI ENCONTRO NACIONAL DE GEÓGRAFOS, 16., 2010, Porto Alegre. **Anais do...**Porto Alegre: UFRGS, 2010.

LIMA, W. N.; KOBAYASHI, C. N. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio-estuarino de Barcarena-PA. **Geochimica Brasiliensis**, v.2, n.1, p.53-71, 1988.

LIMA, W. S.; GARCIA, C. A. B. Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira. **Scientia Plena**, v.4, n.12, p.1-24, 2008.

LUÍZ, A. M. E.; PINTO, M. L. C.; SCHEFFER, E. W. O. Parâmetros de cor e turbidez como indicadores de impactos resultantes do uso do solo, na bacia hidrográfica do rio Taquaral, São Mateus do Sul-PR. **Raega**, v.24, p.290-310, 2012.

LUÍZ, Ângela Marli Ewerling. **Cor e turbidez como indicadores de processos erosivos na bacia hidrográfica do Taquaral São Mateus do Sul-PR (2010-2011)**. 2011. 91f. Dissertação (Mestrado em Gestão do Território)-Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

MACEDO, Jorge Antônio Barros. **Águas & Águas**. 2ª Ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004. 977p.

MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**, v.39, n.2, p.164-185, 1987.

MEGIATO, Érica I. **Análise da Fragilidade Ambiental na Bacia do Arroio Pelotas, RS**. 2011. 149f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

MORETTO, Daiane Lautert. **Calibração do índice de qualidade da água (IQA) para bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil**. 2011. 83f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental)- Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul.

NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. New York: Elsevier, 1986. 383p.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias hidrográficas: planejamento e gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros- Seção Três Lagoas**, v.1, n.7, p.102-120, 2008.

OLIVEIRA, A. S.; SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; BRITO, J. G. & SILVA, W. L. Qualidade da água para consumo humano distribuída pelo sistema de abastecimento público em Guarabira-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.2, p.199-205, 2012.

PINTO, Daniel F. B. **Qualidade dos recursos hídricos superficiais em sub-bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande – MG**. 2007. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PELOTAS. **Clima**. Secretaria de Desenvolvimento e Turismo. 2013. Disponível em: <<http://www.pelotas-turismo.com.br/atencao-aoturista/clima/>> Acesso em: 23 ago. 2013.

QUEIROZ, M. M. F.; LOST, C.; GOMES, S. D.; VILAS BOAS, M. A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma microbacia hidrográfica rural. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p.200-210, 2010.

RAPOSO, A. A.; BARROS, L. F. P.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. M. O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio maracujá- Quadrilátero Ferrífero/MG. In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2009, Viçosa. **Anais...Viçosa: UFV**, 2009. v. 1. p. 94-95.

RESENDE, Álvaro Vilela. **Agricultura e qualidade da água: Contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa- Cerrados, 2002. 29p.

RIO GRANDE DO SUL. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul**, de 3 de outubro de 1989. Disponível em: <http://www2.al.rs.gov.br/dal/Legisla%C3%A7%C3%A3o/Constitui%C3%A7%C3%A3oEstadual/tabid/3683/Default.aspx>>Acesso em: 10 maio 2013.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 10.350**, de 30 de dezembro de 1994. Institui o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, regulamentando o artigo 171 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www2.al.rs.gov.br/dal/Legisla%C3%A7%C3%A3o/Constitui%C3%A7%C3%A3oEstadual/tabid/3683/Default.aspx>>Acesso em: 10 mai 2013.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 11.895**, de 28 de março de 2003. Declara integrante do patrimônio cultural do Estado o Arroio Pelotas. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/filerepository/repLegis/arquivos/11.895.pdf> >Acesso em: 10 maio 2013.

ROMITELLI, Lúcia Helena. **Diagnóstico ambiental de um trecho do córrego Bonifácio, APA Jundiáí-SP**. 2006. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ROMITELLI, L.; PATERNIANI, J. E. Diagnóstico ambiental de um trecho do Córrego Bonifácio, APA Jundiáí - SP. *Engenharia Ambiental*, v. 4, n. 2, p. 14-25, 2007. Disponível em <http://www.unipinhal.edu.br/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=94..> Acesso em: 20 mar de 2013.

RUAS, Luís André. **Avaliação das Alterações da Qualidade de Águas Tropicais Decorrentes da Instalação de Barramentos para Fins de Geração de Energia Elétrica - Estudo de Caso do Rio Pomba**. 2006. 280f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

SANEP. Serviço Autônomo de Saneamento de Pelotas. Água. 2013. Disponível em: <http://www.pelotas.rs.gov.br/sanep/captacao/>. Acesso em: 10 set. 2013.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J.F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SANTOS, Sandra Benfica. **Análise do Uso e Ocupação do Solo de Áreas de Preservação Permanente Utilizando Ferramentas de SIG na Gestão de Bacias Hidrográficas: O Caso da Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço**. 2007. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

SAS – Statistical Analysis System. User's Guide. 5th ed. Cary, N. C.: SAS Institute Inc. 1985.

SEA PROJECTS. Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água do Rio Piraiá à Montante do Túnel de Tócos, na Região Hidrográfica II - Guandu, em Conformidade com o Plano da Bacia Diagnósticos e Soluções Hierarquizadas. 2013. Disponível em: <<http://www.comiteguandu.org.br/conteudo/Consolidadorev01new.pdf>> Acesso em: 21 set. 2013.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente .2013. Disponível em: <<http://www.sema.rs.gov.br>> Acesso em: 20 set. 2013.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazonica**, v.38, n.4, p.733-742, 2008.

SILVA, A. P. S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.33, n.6, p.1063-1069, 2009.

SIMEONOV, V.; STRATIS, J. A.; SAMARA, C.; ZACHARIADIS, G.; VOUTSA, D.; ANTHEMIDIS, A.; SOFONIOU, M.; KOUIMTZIS, T. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. **Water Research**, v.37, n.17, p.119-124, 2003.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará-Brasil). **Acta Amazonica**, v.42, n.3, p.413-422, 2012.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA M. M. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações**. Jaguariúna: Embrapa-Meio Ambiente, 2004. 29 p.

STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. Solos do Rio Grande do Sul. 2.ed. rev. e ampl. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222p.

TAVARES, Amarilis Rangel. **Monitoramento da qualidade das águas do rio Paraíba do Sul e diagnóstico de conservação**. 2006. 176f. Dissertação (Mestrado

em Engenharia de Infra-Estrutura Aeronáutica) - Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), São José dos Campos.

TONELLO, Kelly Cristina. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões, MG.** Viçosa-MG. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal), Universidade Federal de Viçosa, 2005. 85 p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 3ªed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS. 2002. 943p.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: Enfrentando a escassez.** Editora Rima: São Paulo, 2003. 247 p.

VANZELA, Luiz Sergio. **Planejamento integrado dos recursos hídricos na microbacia do córrego três barras no município de Marinópolis - SP.** 2008. 219f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.

VANZELA, L. S.; HEENANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.55-64, 2010.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada.** São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 452p.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** 1ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. 588 p.

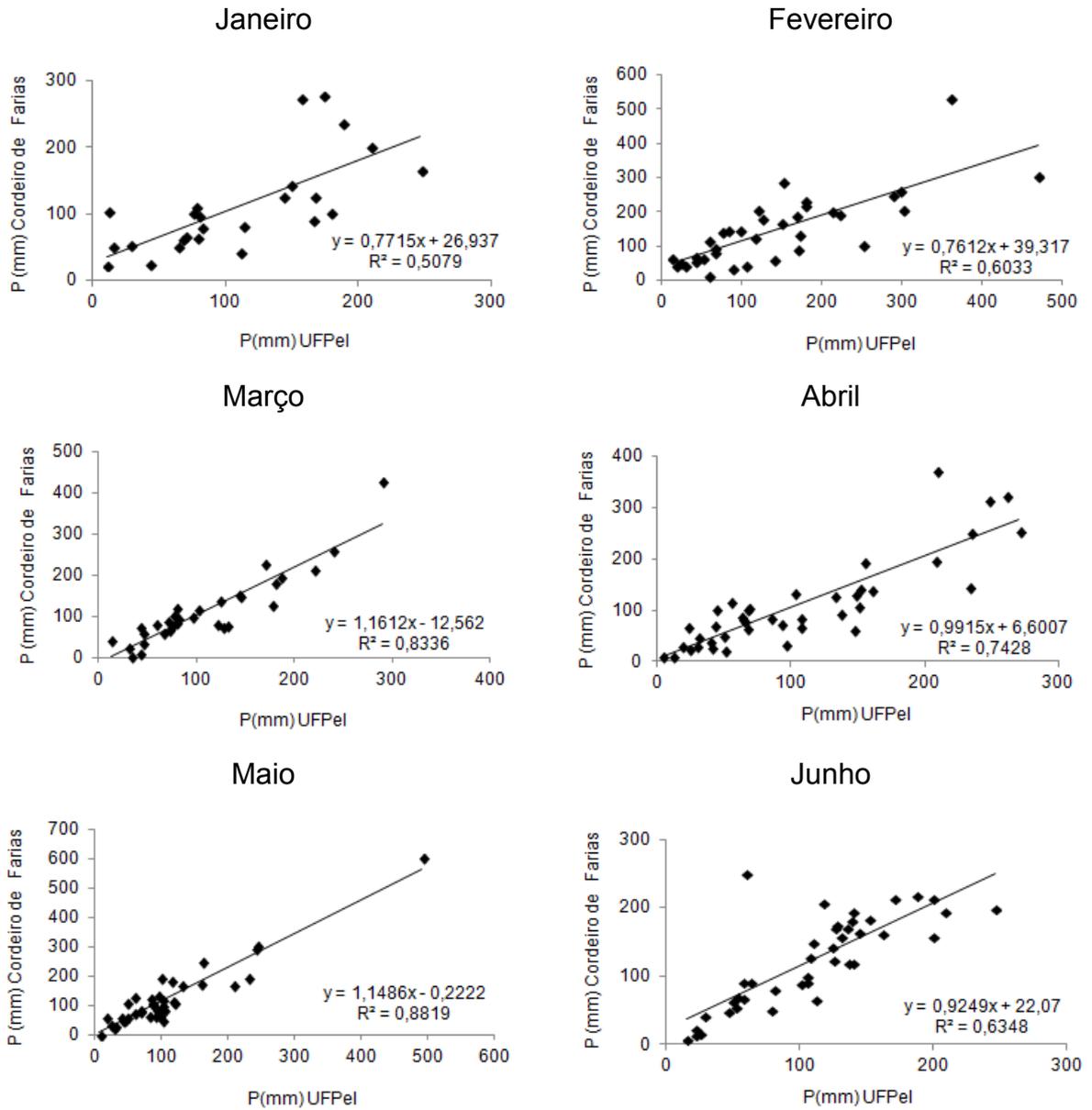
WURTS, W. A.; DURBOROW, R. M. 1992. Interactions of pH, carbon dioxide, alkalinity and hardness in fish ponds. Southern Regional Aquaculture Center Publication N°464. Disponível em : <<http://www2.ca.uky.edu/wkrec/AlkHardness.pdf>> Acesso em: 20 set. 2013.

ZAMBERLAN, João Fernando. **Caracterização de águas de reservatórios superficiais para uso em microirrigação.** 2007. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

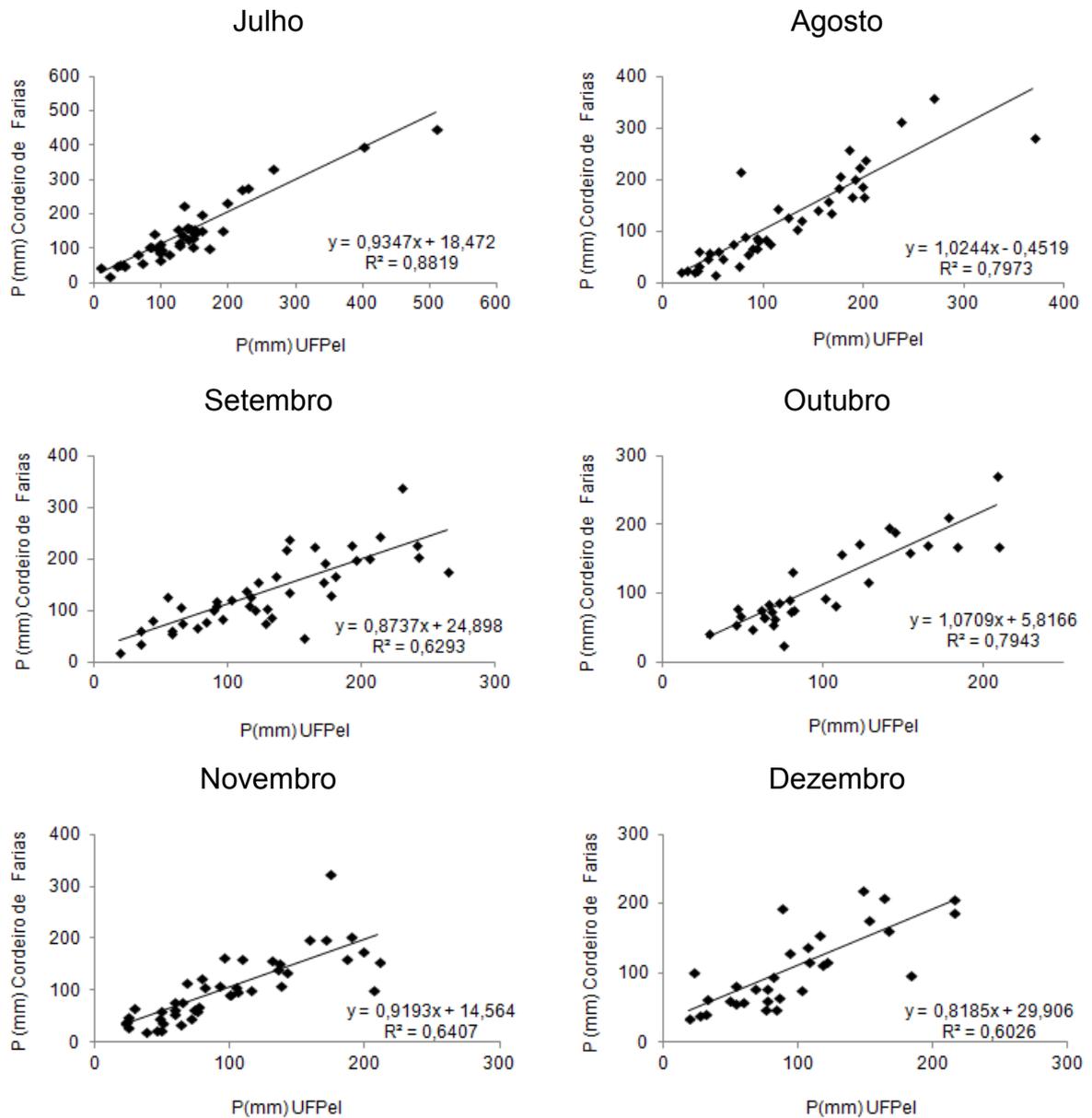
ZANELLA, L., MISSIO, E., RITTERBUCH, M. A., SANTOS, M. C. Caracterização fisiográfica da bacia hidrográfica do Lajeado Tunas, Frederico Westphalen (RS, Brasil). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE ECOLOGIA, 2009, São Lourenço. **Anais do...** São Lourenço: III Congresso Latino Americano de Ecologia, 2009.

APÊNDICES

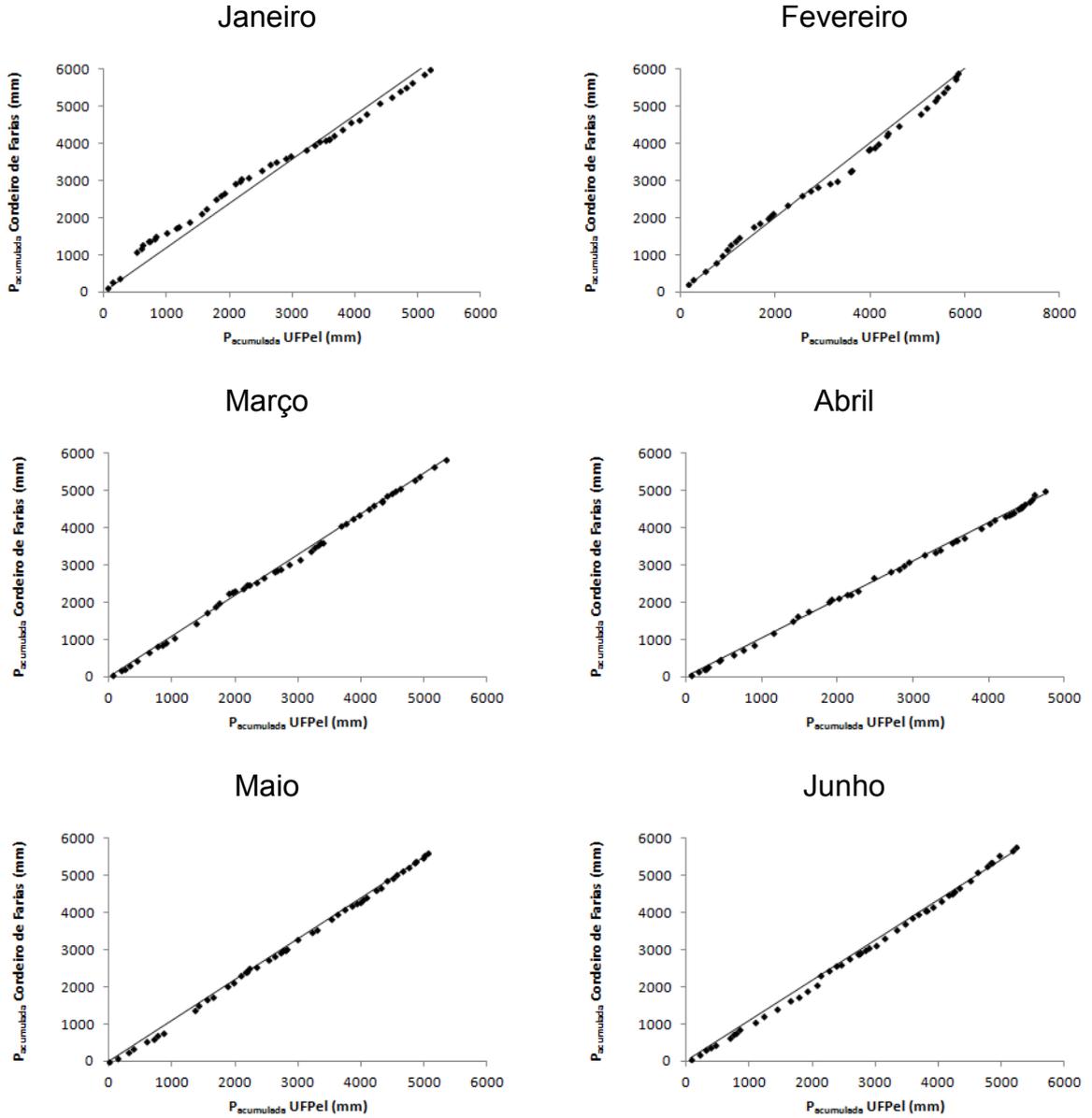
Apêndice 1. Regressões lineares simples entre os dados de precipitação total de janeiro a junho das séries históricas referentes às estações Ponte Cordeiro de Farias e Agroclimatológica de Pelotas/UFPeL.



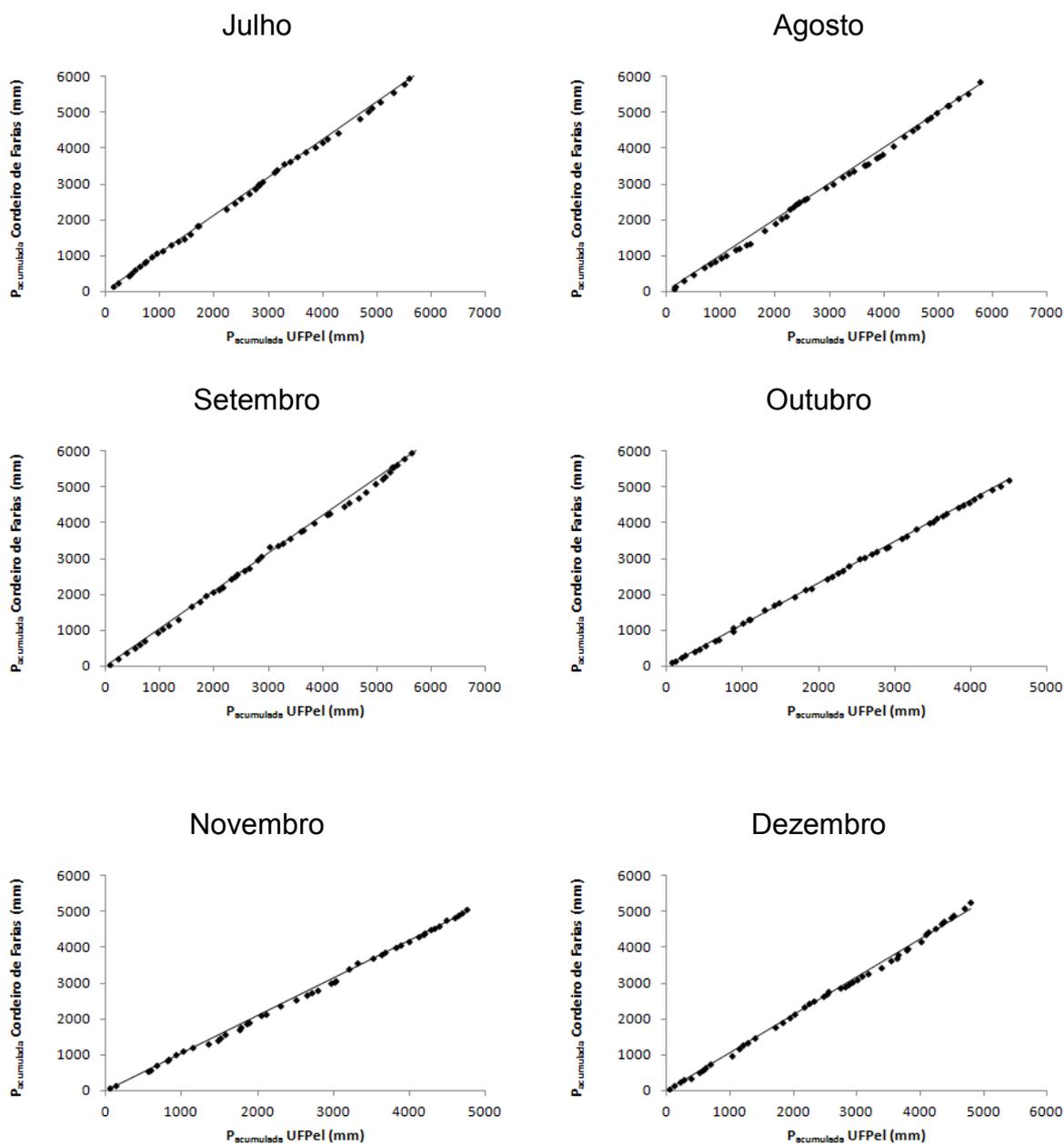
Apêndice 2. Regressões lineares simples entre os dados de precipitação total de julho a dezembro das séries históricas referentes às estações Ponte Cordeiro de Farias e Agroclimatológica de Pelotas/UFPel.



Apêndice 3. Curvas dupla massa dos dados de precipitação total de janeiro a junho das séries históricas referentes às estações Ponte Cordeiro de Farias e Agroclimatológica de Pelotas/UFPel.



Apêndice 4. Curvas dupla massa dos dados de precipitação total de julho a dezembro das séries históricas referentes às estações Ponte Cordeiro de Farias e Agroclimatológica de Pelotas/UFPel.



Apêndice 5. Teste t student para o parâmetro “b”, das equações de regressão linear utilizadas no preenchimento de falhas da série de precipitação da estação: Ponte Cordeiro de Farias.

Mês	Equação	teste t "b"	teste t tab. (5%)
Janeiro	$y=0,771x+26,93$	-0,25	2,06
Fevereiro	$y=0,761x+39,31$	-0,38	2,03
Março	$y=1,16x-12,04$	-1,14	2,04
Abril	$y=0,991x+6,60$	-0,01	2,02
Mai	$y=1,148x+0,222$	0,18	2,02
Junho	$y=0,924x+22,07$	-0,09	2,02
Julho	$y=0,934x+18,47$	-0,06	2,02
Agosto	$y=1,024x-0,451$	0,03	2,02
Setembro	$y=0,873x+24,89$	-0,17	2,02
Outubro	$y=1,070x+5,816$	0,09	2,04
Novembro	$y=0,919x+14,56$	-0,08	2,02
Dezembro	$y=0,818x+29,90$	-0,18	2,04