

Qualidade da água oriunda do escoamento superficial simulado em bacia hidrográfica

Water quality originated from the superficial outflow simulated in a hydrographic bay

Pedro Daniel da Cunha Kemerich¹, Sergio Roberto Martins², Masato Kobiyama², Antonio Luiz Santi⁴, Carlos Eduardo Balestrin Flores⁴, Willian Fernando de Borba⁴, Gabriel D'Ávila Fernandes⁴, Maurício Roberto Cherubin³

¹ Universidade Federal de Santa Maria / CESNORS - Campus Frederico Westphalen - RS - Brasil

² Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC - Santa Catarina - Brasil

³ Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ - São Paulo - Brasil

⁴ Universidade Federal de Santa Maria - Campus Santa Maria - RS - Brasil

Resumo

Dentre as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos, o escoamento superficial destaca-se principalmente no carreamento de substâncias contaminantes, acarretando em alterações prejudiciais na qualidade da água. O presente trabalho tem como objetivo a determinação das características físicas e químicas da água oriunda do escoamento superficial da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim. Para a realização do presente estudo foi utilizado o método "Cornell Sprinkle Infiltrometer", que promove uma chuva simulada, com três coletas da água proveniente do escoamento superficial, aos 3, 30 e 60 minutos. Após a coleta, foram realizadas testes em laboratório para a determinação dos parâmetros (Cloratos, Condutividade Elétrica, Cor, Flúor, Oxigênio Dissolvido, pH, Potássio, Sódio, Sólidos Sedimentáveis). Os valores de Cloro variaram de 0,05 a 0,59 mg L⁻¹, Condutividade Elétrica variaram de 31,1 a 188,1 μ S cm⁻¹, a Cor oscilou entre 0,9 e 523 uC, as concentrações de Flúor variaram de 0 a 2,1 mg L⁻¹, o Oxigênio Dissolvido variou de 0,9 a 8,4 mg L⁻¹, o pH variou de 5,7 a 7,41, a concentração de Potássio variou entre 0 e 20 mg L⁻¹, os valores de Sódio variaram de 2 a 171 mg L⁻¹, a concentração de Sólidos Sedimentáveis variaram de 0,01 a 5,6 mg L⁻¹. Os resultados das análises da variância, não revelaram interações entre os fatores uso e manejo do solo no início do escoamento superficial para nenhuma das variáveis estudadas, enquanto que as alterações químicas na água em função do período do início do escoamento superficial verificou-se efeito significativo apenas na cor da água.

Palavras-chave: Cornell Sprinkle Infiltrometer, infiltração da água no solo, parâmetros físico-químicos.

Abstract

The main sources of contamination of water resources both surface when groundwater, runoff stands out mainly in carrying of contaminating substances, resulting in detrimental changes in water quality. This study aims to determine the physical and chemical characteristics of the water coming from the runoff of river basin Vacacaí-Mirim. For the realization of this study method was used the method "Cornell Sprinkle Infiltrometer" which promotes a simulated rain, with three samples of water from runoff, at 3, 30 and 60 minutes. After collection, laboratory tests were performed to determine the parameters (chlorides, Electrical Conductivity, Color, Fluoride, Dissolved Oxygen, pH, Potassium, Sodium, sedimentable solids). Chlorine values ranged from 0,05 to 0,59 mg L⁻¹, Electrical Conductivity ranged from 31,1 to 188,1 mS cm⁻¹, Color ranged between 0,9 and 523 uC, Fluoride concentrations ranged 0 to 2,1 mg L⁻¹ Dissolved oxygen ranged from 0,9 to 8,4 mg L⁻¹, the pH ranged from 5,7 to 7,41, the potassium concentration ranged from 0 to 20 mg L⁻¹ sodium values ranged from 2 to 171 mg L⁻¹, the concentration of sedimentable solids ranged from 0,01 to 5,6 mg L⁻¹. The results of the analyzes of variance revealed no interactions between factors use and soil management at the beginning of runoff for any of the variables studied, whereas chemical changes in the water depending on the period from the beginning of runoff there was a significant effect only the color of the water.

Keywords: Cornell Sprinkle Infiltrometer, infiltration of water in soil, physicochemical parameters.

1. Introdução

Com o aumento da população, ocorre uma grande demanda de técnicas que visam suprir as necessidades proporcionadas pela sociedade no meio ambiente. Com isso, a adesão de novas tecnologias de plantio ou de melhoramento genético de plantas e animais torna-se uma alternativa necessária, porém juntamente com esse avanço, os níveis de produtos químicos e indivíduos aumentam por unidade de área modificando a qualidade da água que flui por essas áreas.

As técnicas de cultivo de solo rudimentares desenvolveram no solo uma alta degradação de suas propriedades físico-químicas. Nesse contexto, a erosão hídrica é o fator que mais contribui para a degradação dos solos, sendo influenciada por vários fatores, dentre eles destaca-se a topografia, vegetação, uso e manejo do solo e principalmente a precipitação pluviométrica. As perdas de nutrientes contidos no sedimento da enxurrada, além de representarem perda econômica se torna gradativa fonte de poluição ambiental (SANTOS *et al.*, 2002).

Outra fonte importante de alteração na qualidade da água é a ocupação urbana, onde nessas áreas a falta de planejamento é a principal consequência dessas alterações. SOARES *et al.* (2006) dizem que atualmente, as discussões acerca da deterioração do meio ambiente enfocam as grandes cidades do país, onde o efeito da urbanização sobre os ecossistemas tem provocado uma intensa degradação dos recursos naturais.

Outra fonte importante de modificações na qualidade da água é o cultivo de arroz irrigado, onde a condução da cultura sob regime de irrigação por inundação tem gerado grande preocupação quanto a possíveis impactos ambientais (GRÜTZMACHER *et al.*, 2008). BARRIGOSI *et al.* (2004) dizem que a análise do consumo de agrotóxicos por área cultivada mostra que a produção de arroz irrigado por inundação utiliza uma maior quantidade dos principais agrotóxicos comercializados nessa cultura no país.

Dentre os mais variados fatores que influenciam nos processos erosivos, o fator relacionado às práticas conservacionistas é um dos mais importantes, esses fatos tem influência na interceptação da chuva, na resistência ao escoamento superficial, infiltração de água no solo, armazenamento superficial, direcionamento e distância percorrida pelo escoamento superficial (SILVA, 2006).

O escoamento superficial é influenciado pelas propriedades hidráulicas do solo, material de origem e condições de compactação, solos com maiores condições de compactação apresentam maiores taxas de escoamento. A partir disso é possível perceber que o

solo possui uma capacidade limite, onde nem toda a água que cai na forma de chuva consegue infiltrar.

Com base no exposto acima, o presente estudo tem por objetivo avaliar as alterações na qualidade da água do escoamento superficial gerado por meio de simulação de chuva nos diferentes tipos de uso do solo existente na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

2. Material e Métodos

2.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim está localizada na parte central do Estado do Rio Grande do Sul, entre as latitudes de 29°36'55"S e 29°39'50"S e longitudes de 53°46'30" O e 53°49'29"O, conforme ilustra a figura 1, abrangendo uma área total de 1145,7 km² (CASAGRANDE, 2004). Está inserida em três grandes compartimentos geomorfológicos, com características morfológicas e geológicas distintas: Região do Planalto, do Rebordo do Planalto e da Depressão Central ou Periférica. Na Região do Planalto é onde se localizam suas nascentes, à altitude entre 300 e 480 m e é formada pelo vulcanismo da Bacia do Paraná, ocorrido no Mesozoico, com a presença de basaltos e arenitos "intertraps". A região é caracterizada pela presença de um relevo ondulado e suavemente ondulado, resultante do trabalho de dissecação fluvial na superfície do Planalto. A drenagem tem padrão dendrítico, com vales em V ou de fundo plano.

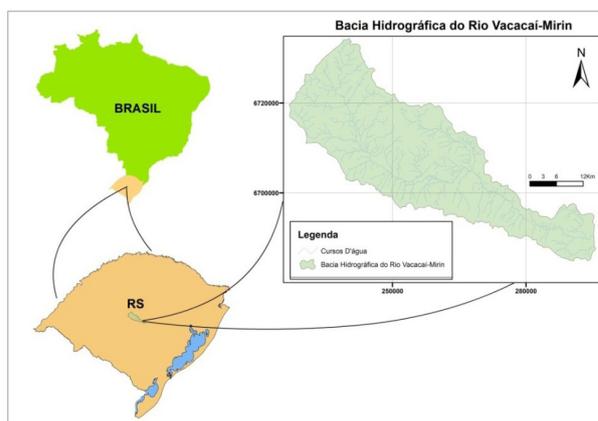


Figura 1 - Localização da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

A área do Rebordo do Planalto localiza-se na transição entre o Planalto e a Depressão Central. A sua topografia caracteriza-se por ser formada por escarpas abruptas, drenagem fluindo no sentido da Depressão Central e padrão dendrítico, com presença marcante de vales em V. A área da Depressão Central ou Periférica é constituída por rochas sedimentares da bacia

hidrográfica do rio Paraná, que datam do Paleozoico e Mesozoico (Triássico), encobertas, localmente, por sedimentos cenozoicos e recentes (planícies aluviais). Na região da Depressão Central a topografia é mais ou menos plana e suavemente ondulada, com morros de forma arredondada (CASAGRANDE, 2004).

O clima, na área da bacia hidrográfica, pela classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa, subtropical, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano e os solos predominantes, de acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classificação de Solo (EMBRAPA, 2006) são, na Região do Planalto os Argissolos Vermelhos-Amarelos aluminicos, em alguns locais associados aos Neossolos Litólicos eutróficos; na Região do Rebordo do Planalto os Neossolos Litólicos, ocorrendo também Chernossolos Argilúvicos e; na Depressão Central, os Planossolos e os Chernossolos Argilúvicos (STRECK *et al.*, 2008). A vegetação natural, na área de Planalto e do Rebordo do Planalto, é constituída, predominantemente, por floresta do tipo subtropical e na Depressão Central ou Periférica de campos de pastagem natural. Em meio aos campos, é comum a presença de capões isolados de mata de pequeno e grande porte (SEPLAN, 1986).

2.2 Pontos para simulação de precipitação e geração de escoamento superficial

Para a realização dos ensaios, buscou-se local os pontos visando uma distribuição espacial uniforme na bacia hidrográfica, abrangendo os diferentes tipos de solos existentes, bem como os seus usos predominantes na região em estudo. Dessa maneira foram amostrados 26 pontos, sendo que estes receberam a nomenclatura variando de P1 a P26. A tabela 1 apresenta os tipos de uso do solo e os pontos de amostragem.

Tabela 1 - Uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

Usos do Solo	Pontos de Amostragem
Mata Nativa	1,2,3,10,26
Campo Nativo	5,12,22,23
Pastagem	11,15,20
Soja	4,6,7,8,9
Arroz	16,17,18,19,21,24,25
Área Urbana	13,14

A tabela 2 apresenta os pontos de amostragem em cada tipo de solo existente na bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

Tabela 2 - Tipos de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

Tipo de Solo	Pontos de Amostragem
Argissolo Bruno-Acinzentado álico ou aluminico	20,21
Argissolo Bruno-Acinzentado álico	8
Neossolos Litólicos eutróficos e distróficos	2,7,9,10
Argissolo Vermelho álico e distrófico	1,3,4,5,6,13,14,15,22,23
Planossolo Háptico Eutrófico	11,12,16,17,18,19,24,25,26

2.3 Simulação da precipitação e geração do escoamento superficial

Para a determinação dos parâmetros foi utilizado o método “Cornell Sprinkle Infiltrometer” (figura 2) descrito por VAN ES & SCHINDELBECK (2003), posteriormente utilizado por SANTI (2007).



Figura 2 - Cornell Sprinkle Infiltrometer utilizado na bacia hidrográfica do Vacacaí-Mirim.

Trata-se de um simulador portátil de chuva com volume de 20,6 litros, um número de 69 tubos gotejadores na sua parte inferior, e de diâmetros de 0,063 cm e 19 cm de comprimento cada um. Esse simulador é fixado sobre um cilindro de 24 cm de

diâmetro e conta com um sistema de regulação de entrada de ar o qual permite simular diferentes intensidades de chuva.

SANTI (2007) afirma que o Cornell Sprinkle Infiltrometer permite trabalhar com diferentes intensidades de chuva. Alterando-se para mais ou para menos a altura da extremidade inferior do cano de entrada de ar (parte em contato com a água), em relação ao fundo do recipiente que acondiciona a água, força-se uma entrada maior ou menor de ar ampliando ou diminuindo, conseqüentemente, a intensidade do gotejamento. Esse método permite calcular além da taxa de infiltração o escoamento superficial.

A intensidade da chuva foi obtida a partir da expressão 1.1 descrita por SANTI (2007):

$$IC = (H1 - H2) Tf \quad [1.1]$$

Onde: IC = Intensidade da chuva; H1 = leitura inicial do volume de água na régua do infiltrômetro; H2 = leitura final do volume de água na régua do infiltrômetro e Tf = intervalo de tempo entre uma leitura e outra, de três em três minutos.

Conforme a equação 1.2, O escoamento superficial foi determinado conforme a equação 1.2:

$$Es = Vt/(457,30 * t) \quad [1.2]$$

Onde: Es = escoamento superficial; 457,30 = é a área do anel; t = intervalo de tempo entre as coletas da água escoada e V = volume de água coletada. A infiltração de água foi determinada por diferença expressa pela equação 1.3:

$$Ia = Ic - Es \quad [1.3]$$

Onde Ia = infiltração de água; Ic = intensidade da chuva; Es = escoamento superficial.

2.4 Determinações das características físicas e químicas da água oriunda do escoamento

As amostras de água oriundas do escoamento superficial foram coletadas em três períodos distintos de tempo, sendo realizadas coletas no início do escoamento (tempo 0 a 3 minutos), dos (3 aos 30 minutos) e (30 aos 60 minutos). Foram utilizados frascos plásticos de 2000 mL para armazenamento das amostras para posterior análise em laboratório.

Realizou-se a comparação dos resultados físicos e químicos, com os valores estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde, N° 2.914, de 12 de Dezembro de 2011 a qual dispõe sobre os proce-

dimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Também se considerou a Resolução n.º 396/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para enquadramento das águas subterrâneas.

A metodologia utilizada para a determinação dos parâmetros físicos e químicos da água foi descrita segundo AWWA/APHA/WEF (2012).

2.5 Análise Estatística dos Dados Obtidos

Com base nos valores de CV (%) obtidos, a dispersão dos dados foi classificada em: baixa (CV < 12 %), média (12 ≤ CV ≤ 62 %) e alta (CV > 62 %) (WARRICK & NIELSEN, 1980).

Os dados obtidos foram agrupados de acordo com o sistema de uso só solo e do período do início do escoamento superficial (minutos) e submetidos à análise da variância pelo Teste F (p≤0,05). Quando significativos pelo Teste F (p≤0,05), foram testadas a significância das interações entre os fatores, sendo que quando não significativas procedeu-se o desmembramento dos efeitos simples significativos, comparando as médias pelo Teste de Tukey (p≤0,05). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional Statistical Analysis System – SAS 8.0 (SAS INSTITUTE, 1999).

3. Resultados e Discussão

3.1 Cor

A figura 3 ilustra a variação da cor da água oriunda do escoamento superficial nos 26 pontos de amostragem.

Na primeira amostragem, quatro pontos apresentaram valores elevados para cor são eles os pontos P11 (pastagem), P16 e P17 (arroz) e P26 (mata nativa), estando todos localizados em solo classificado como Planossolo Eutrófico. Os maiores valores ocorreram no ponto P11 (523 uC), provavelmente ocasionado por um maior carregamento de partículas, já o ponto de menor concentração foi P5 (23,9 uC), localizado em uma área de campo nativo.

Na segunda amostragem realizada aos 30 minutos, o ponto P3 apresentou o maior valor de cor (463 uC), localizado sob o uso de mata nativa em solo do tipo Argissolo Vermelho álico e distrófico, apresentando aumento nas partículas carregadas pelo escoamento superficial, já o ponto P12 apresentou valores abaixo do limite de detecção do calorímetro, indicando a ausência de cor, nos demais pontos a variação foi de 1,5 uC (P15) a 463 uC (P3). Na terceira

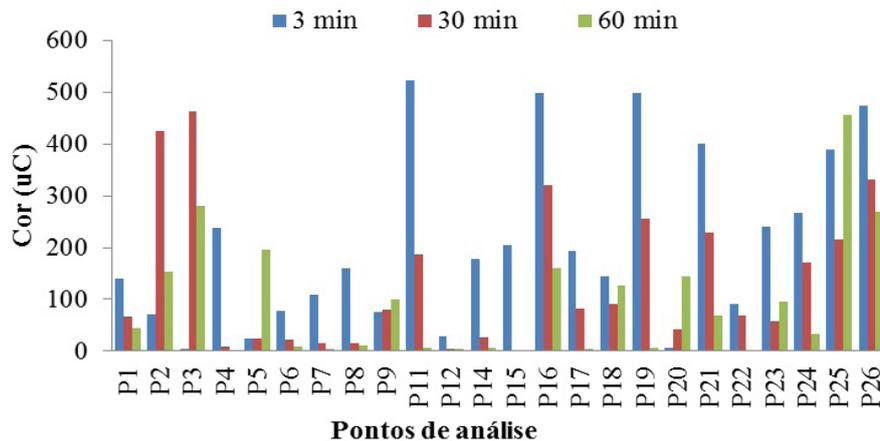


Figura 3 - Variação da cor na água oriunda do escoamento superficial na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

coleta (60 minutos), o maior valor ocorreu no P25 (455 uC) já a menor ocorreu no P15 (0,9 uC), no restante dos pontos os valores variaram entre 1,7 uC (P4) e 269 uC (P26).

BRANCO (1978) diz que a cor nas águas naturais é geralmente devida a produtos de decomposição da matéria orgânica do próprio manancial ou ainda proveniente do húmus dos solos adjacentes, sendo assim esses elementos alteram a cor do escoamento superficial.

Em relação ao parâmetro cor, não se pode fazer a comparação com os limites apresentados pela resolução CONAMA 357/2005, pois a mesma considera a cor verdadeira da água, a qual é obtida após centrifugação.

Segundo PIVELI & KATO (2005) a cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la (e esta redução dá-se por absorção de parte da radiação eletromagnética), devido à presença de sólidos dis-

solvidos, principalmente material em estado coloidal orgânico e inorgânico.

Dentre os colóides orgânicos pode-se mencionar os ácidos húmico e fúlvico, substâncias naturais resultantes da decomposição parcial de compostos orgânicos presentes em folhas, dentre outros substratos.

3.2 Sólidos Totais (ST)

Como pode ser observado na figura 4, os valores de concentração de cloretos obtidos nas 72 amostras, distribuídas nos 26 pontos nos tempos 0 a 3 minutos, 3 aos 30, e 30 aos 60 minutos, após início do escoamento, variaram de 0 $\mu\text{g L}^{-1}$ ponto (P14) a 122,265 $\mu\text{g L}^{-1}$ de sólidos totais. Estes resultados estão dentro da faixa considerada normal na Resolução CONAMA n° 357/2005 a qual, rege que águas doces classe I, o valor máximo permitido de sólido dissolvidos totais são de 500 mg L^{-1} . Ficam estabelecidos como condicionantes para o enquadramento das águas

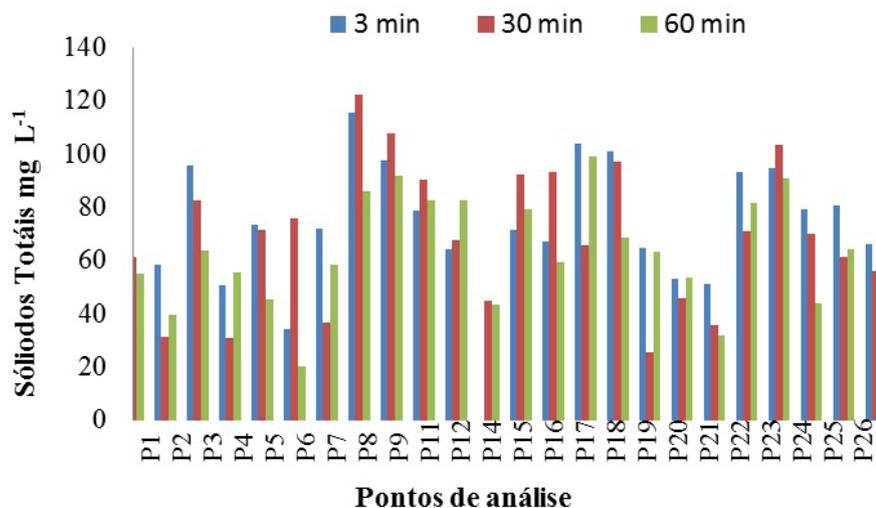


Figura 4 - Variação da concentração de sólidos totais presentes na água do escoamento superficial dos pontos situados na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

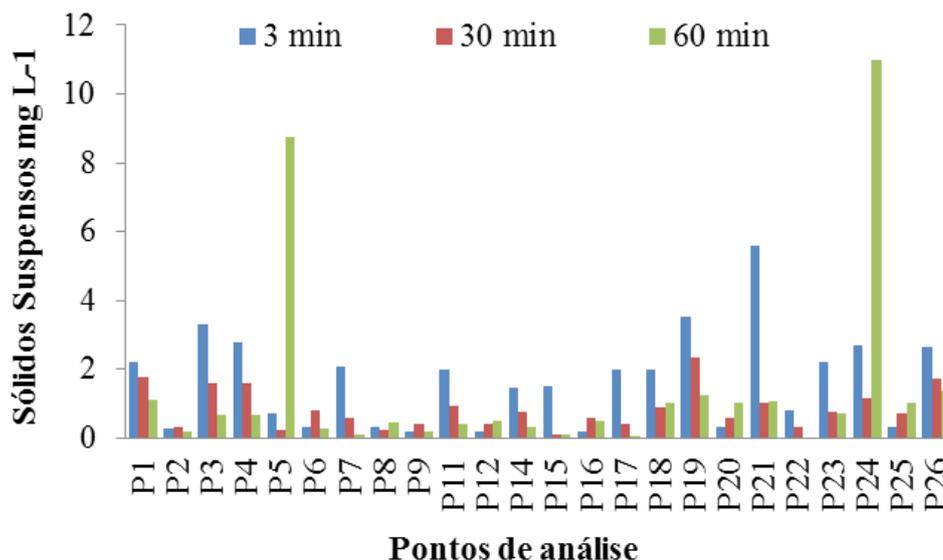


Figura 5 - Concentrações de sólidos sedimentáveis presentes na água do escoamento superficial dos pontos situados na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

subterrâneas em Classe 5 que as mesmas estejam em aquíferos, conjunto de aquíferos ou porções desses, confinados, e que apresentem valores de Sólidos Totais Dissolvidos superiores a 15000 mg L⁻¹.

3.3 Sólidos Sedimentáveis (S.S.)

A figura 5 ilustra a variação da concentração dos SS nos 26 pontos de amostragem, nos tempos de coleta 3, 30 e 60 minutos após o início do escoamento superficial.

Na primeira amostragem realizada aos 3 minutos após o início do escoamento os pontos que apresentaram as maiores concentrações de SS foram os pontos P3, P19 e P21, sendo o P3 localizado em área de mata nativa sob um Argissolo Vermelho álico e distrófico com 3,3 mg L⁻¹ de sólidos, os pontos P19 e P21 localizavam-se em áreas de cultivo de arroz, mas o P19 em um solo classificado como Planossolo Eutrófico com 3,5 mg L⁻¹ e P21 em um solo classificado como Argissolo Bruno Acinzentado álico ou aluminoso com 5,6 mg L⁻¹ possuindo maior concentração e todos os pontos analisados.

Já na segunda amostragem realizada aos 30 minutos após o início do escoamento, os pontos P1, P19 e P26 apresentaram as maiores concentrações de SS, sendo o P1 e P26 estão localizados em área de mata nativa, o ponto P1 encontra-se um solo do tipo Argissolo Vermelho álico e distrófico com 1,75 mg L⁻¹ e P26 um Planossolo Eutrófico com 1,73 mg L⁻¹, já o P19 localizado em área de arroz sob um Planossolo Eutrófico com uma concentração de 2,35 mg L⁻¹, sendo o ponto P15 com 0,1 mg L⁻¹, localizado em áreas de pastagem.

Na coleta realizada aos 60 minutos do início do escoamento, dois pontos apresentaram concen-

trações elevadas de sólidos sedimentáveis, sendo o ponto P5 localizado em área de campo nativo com uma concentração de 8,75 mg L⁻¹ e P24 localizado em área de cultivo com arroz com 11 mg L⁻¹. Já o ponto P17 apresentou a menor concentração (0,01 mg L⁻¹) em uma área de pastagem. Sendo a área ocupada por campo nativo e arroz, respectivo ponto P5 e P24 o escoamento superficial aumentou a concentração de sólidos sedimentáveis.

Tanto a Resolução CONAMA n° 396/2008 quanto a Portaria do M.S n° 2.914/2011 não apresentam valores de referência para sólidos sedimentáveis, ressaltando que apenas a Resolução CONAMA n° 357/2005 a qual, rege que águas doces classe I, o valor máximo permitido de sólido dissolvidos totais são de 500 mg L⁻¹.

3.4 Condutividade Elétrica (C.E.)

A figura 6 ilustra a variação da CE nos 26 pontos de amostragem, situados na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim.

De todos os pontos onde ocorreu escoamento superficial a condutividade elétrica observada nos 3 minutos iniciais, apenas nos pontos P2 (área de mata nativa), P4 e P6 (cultivo de soja), P20 (área de pastagem) e P21 (cultivo de arroz) ficaram abaixo dos 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$, sendo que o ponto P14 apresentou escoamento antes dos 3 minutos.

No intervalo dos 3 aos 30 minutos após o início do escoamento superficial, a condutividade ficou abaixo dos 100 $\mu\text{S cm}^{-1}$ nos pontos P1, P2 e P26 (área de mata nativa), P4 e P7 (cultivo de soja), P14 (área urbana), P19 e P21, P25 (áreas de cultivo de arroz), e P20 (área de pastagem), sendo que no restante dos pontos onde foi simulada a precipitação e houve

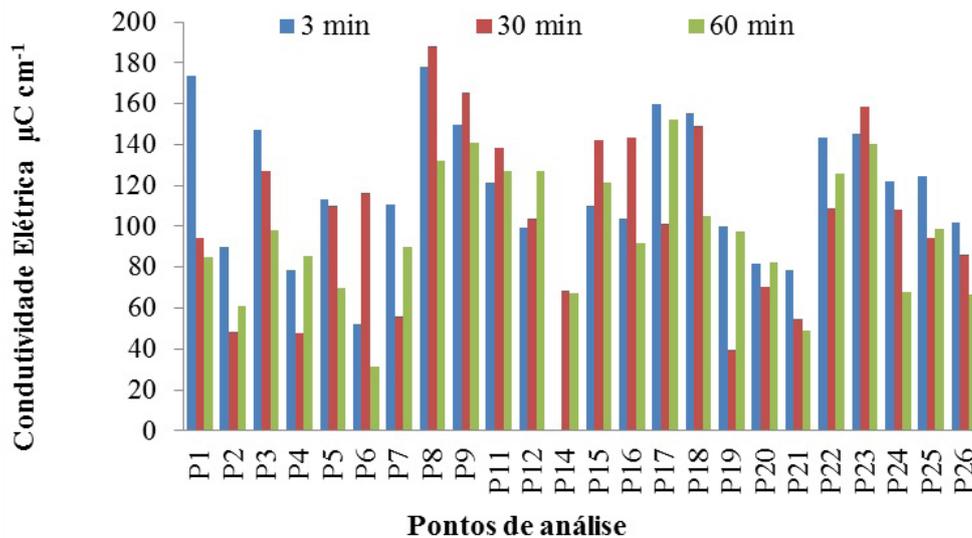


Figura 6 - Variação da condutividade elétrica das amostras de água provenientes da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

o escoamento superficial, os valores encontram-se acima dos $100 \mu\text{S cm}^{-1}$, o maior valor está localizado no P8 com $188,10 \mu\text{S cm}^{-1}$, e o menor no ponto P19 com $39,50 \mu\text{S cm}^{-1}$.

No período de 30 a 60 minutos, dez pontos apresentaram valores acima dos $100 \mu\text{S cm}^{-1}$ sendo eles P1, P3, P8, P9, P11, P17, P18, P22, P23 e P25, sendo que o P22 apresentou o maior valor de C.E. com $125,8 \mu\text{S cm}^{-1}$, enquanto que 14 pontos apresentaram valores inferiores a $100 \mu\text{S cm}^{-1}$, sendo eles o P2, P4, P5, P6, P7, P19, P20, P21, P24 e P2. A menor concentração ocorreu no ponto P21 ($31,10 \mu\text{S cm}^{-1}$), os pontos P10 e P13 não apresentaram escoamento superficial.

ANDRADE *et al.* (2012) retratam que amostras que possuem elevados valores de CE, pode ser em função da alta concentração de sais, tanto no solo quanto na água subterrânea. No presente estudo, destaca-se com elevados valores de CE os pontos P8 ($166,00 \mu\text{S cm}^{-1}$), P9 ($152,16 \mu\text{S cm}^{-1}$) e P23 ($148,03 \mu\text{S cm}^{-1}$), que podem estar com elevados valores de sais em sua composição.

ESTEVES (1998) e PETRUF *et al.* (2011) dizem que são diversos os parâmetros que influenciam na condutividade elétrica da água, dentre eles a concentração de íons dissolvidos. Os íons que estão mais diretamente responsáveis pelos valores de condutividade elétrica são os chamados macro nutrientes (cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato e cloreto, etc.).

Segundo PINTO (2007), a condutividade elétrica é uma propriedade que a solução aquosa possui de conduzir uma corrente elétrica devido à presença de íons. Essa propriedade varia com a concentração total de substâncias ionizadas dissolvidas na água, com a temperatura, com a mobilidade dos íons, com

a valência dos íons e com as concentrações real e relativa de cada íon.

3.5 Potencial Hidrogeniônico pH

A figura 7 ilustra a variação do pH da água oriunda do escoamento superficial dos 26 pontos de amostragem presentes na bacia hidrográfica do rio Vacacaí-Mirim.

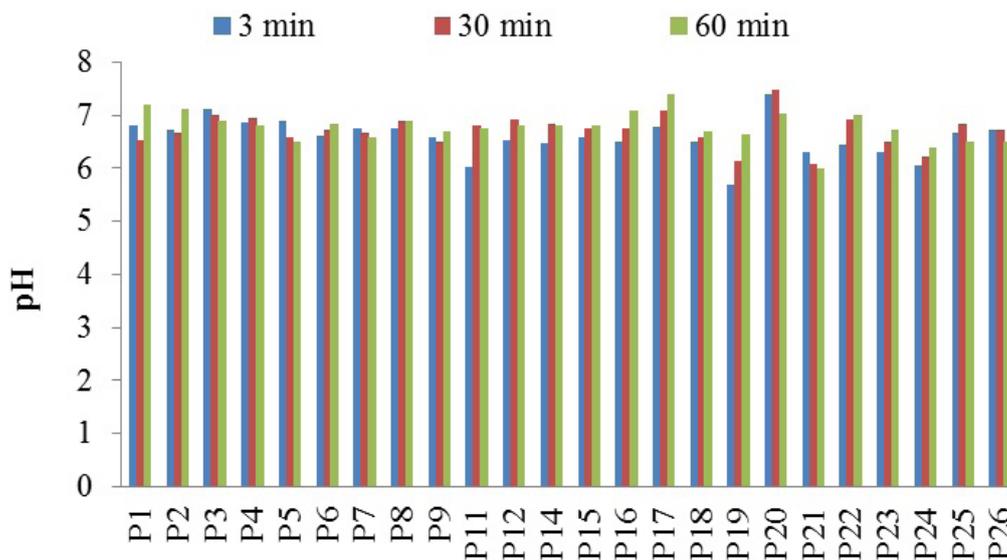
Os valores de pH variaram entre 5,7 ponto (P19 sob cultivo de arroz) a 7,4 ponto (P20 área de pastagem).

Aos 30 minutos os valores de pH das amostras oscilaram entre 6,07 (P20) a 7,49 (P21), sob os usos de pastagem e arroz, respectivamente.

Na terceira amostragem (dos 30 até 60 minutos) os valores do pH variaram de 6 ponto (P21) meio ácido a 7,41 ponto (P17) meio básico, sob cultivos de arroz. O único ponto o qual a determinação do pH ficou abaixo da norma estabelecida pela Resolução da CONAMA 2.914/2011 a qual dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, no ponto P19 onde na coleta realizada antes dos 3 minutos iniciais ficou com 5,7 em um Planossolo Eutrófico.

Para SCIVITTARO *et al.* (2010) relatam que em estudo realizado na Estação Experimental Terras Baixas (ETB), da Embrapa Clima Temperado, em Capão do Leão - RS, durante a safra agrícola 2007/08, as amostras de água apresentaram valores de pH próximos a 7, resultados semelhantes aos expostos neste trabalho.

Valores de pH muito abaixo de 7 são um fator preocupante ao consumo humano devido às características ácidas. COSTA *et al.* (2011), afirma que o pH está intimamente relacionado com a concentração de diversas substâncias na água, podendo se tornar



Pontos de análise

Figura 7 - Variação dos valores de pH das amostras de água provenientes da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

altamente significativa na determinação dos limites perigosos de concentração.

3.6 Potássio (K⁺)

A figura 8 ilustra a variação da concentração do elemento Potássio nos 26 pontos de amostragem.

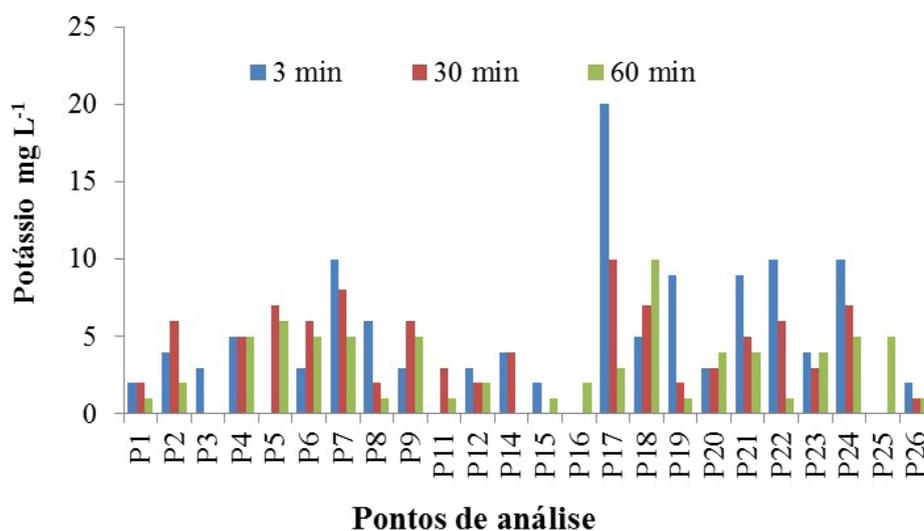
Como pode ser observada na figura 8, na coleta dos 3 minutos, a concentração de potássio não foi detectável pela técnica utilizada nos pontos P5 (solo de campo nativo), P11 (solo de pastagem) e nos pontos P16 e P25 (áreas de arroz). O maior valor observado nessa coleta ocorreu no P17, sob cultivo de arroz, com 20 mg L⁻¹.

PARRON *et al.* (2011) relatam que as concentrações de potássio em águas superficiais variam de

1 a 3 mg L⁻¹. Águas subterrâneas apresentam valores inferiores a 10 mg L⁻¹ sendo mais frequente entre 0,5 e 5 mg L⁻¹.

Na segunda amostragem (realizada entre 3 e 30 minutos), quatro pontos apresentaram concentração de potássio (K⁺) abaixo do (L.D), sendo eles os pontos P3 (mata nativa), P15 (pastagem), P16 e P25 (arroz). As maiores concentrações ocorreram nos pontos P7 (8 mg L⁻¹) sob uso de soja e P17 (6 mg L⁻¹) em uma área com plantio de arroz.

Na coleta realizada a partir dos 30 minutos, dois pontos apresentaram valores abaixo do limite de detecção, sendo estes o P3 (mata nativa) e P14 (área urbana). As maiores concentrações ocorreram nos pontos P18 (área de arroz) com 10 mg L⁻¹ e o P5



Pontos de análise

Figura 8 - Concentração de Potássio das amostras de água provenientes da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

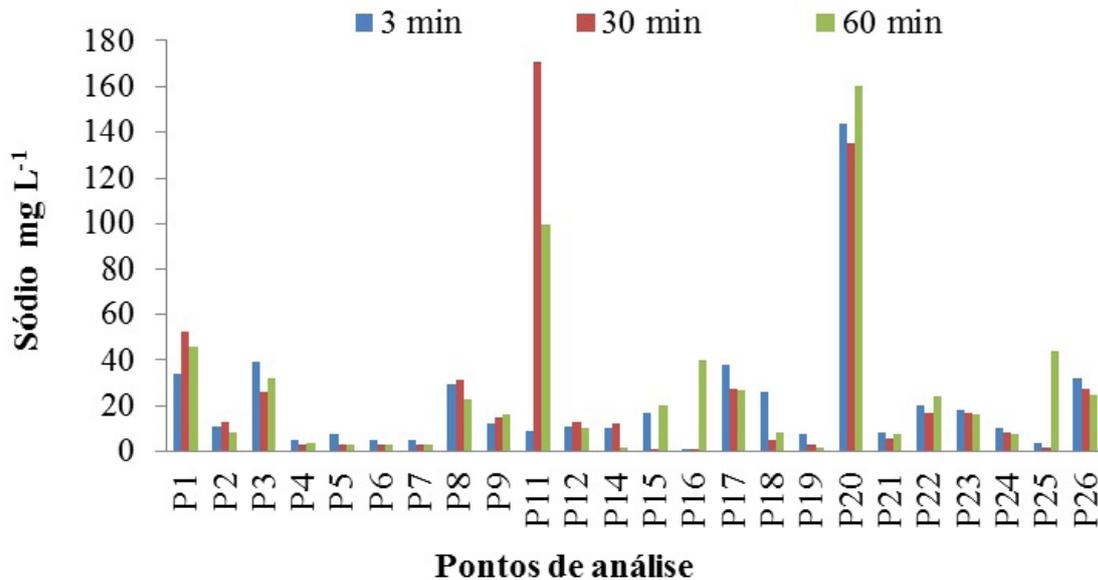


Figura 9 - Variação da concentração de sódio das amostras de água provenientes da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

(campo nativo) com 6 mg L^{-1} .

Segundo CLESCERI *et al.* (1999) o K^+ é um elemento essencial tanto na nutrição das plantas quanto na dos humanos e ocorre nas águas subterrâneas como resultado da dissolução de minerais, de material vegetal em decomposição e escoamento agrícola. Diferentemente de outros íons, como sódio, potássio, não permanece em solução, pois é rapidamente assimilado pelas plantas e facilmente incorporado em argila.

Com relação a legislação vigente, tanto a Portaria n.º 2.914/2011 do Ministério da Saúde e Resolução n.º 396/2008 do CONAMA, não apresentam valor máximo permitido (VMP) para o elemento potássio.

3.7 Sódio (Na^+)

Conforme a figura 9, os pontos apresentaram a maior e menor concentração de sódio sendo que o ponto P20 apresentou concentração de 171 mg L^{-1} e P20 de 2 mg L^{-1} .

Muitas águas superficiais, incluindo aquelas que recebem efluentes, tem níveis bem abaixo de 50 mg L^{-1} , as concentrações na águas subterrâneas excedem 50 mg L^{-1} . Embora a concentração de sódio em água potável geralmente é menor que 20 mg L^{-1} esse valor pode ser excedido em alguns países, porém concentrações acima de 200 mg L^{-1} , podendo acarretar em odores desagradáveis (CETESB, 2006).

Na amostragem realizada entre 3 e 30 minutos, as maiores concentrações de sódio ocorreram em solos ocupados por pastagem nos pontos P11 e P20 (171 mg L^{-1} e 135 mg L^{-1} respectivamente). Os demais pontos apresentaram menores concentrações variando entre 1 mg L^{-1} (P1) a 53 mg L^{-1} (P15). Na terceira coleta, rea-

lizada a partir dos 30 minutos, novamente os pontos P11 e P20 destacaram-se, com concentrações de 100 mg L^{-1} e 160 mg L^{-1} , respectivamente. No restante dos pontos o sódio foi encontrado em menores concentrações variando de 2 mg L^{-1} (P14) a 46 mg L^{-1} (P1).

O sódio é um elemento químico normalmente presente nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fontes são os feldspatos plagioclásios, os quais são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre $0,1$ e 100 mg L^{-1} , sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal alcalino a partir das zonas de recarga (FEITOSA & MANOEL FILHO, 1997).

Por se tratar de um elemento químico abundante na natureza, o sódio pode ser encontrado disperso no meio sólido e líquido, porém pode estar presente em altas concentrações em algumas rochas, como no mineral halita e na água do mar. Mas em níveis elevados pode por em risco a qualidade do solo no que se refere em salinização e sodificação e por em risco as águas subterrâneas (SILVA *et al.*, 2010).

A concentração de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura, principalmente na irrigação. Uma fonte de água utilizada para irrigação com altas concentrações de sódio favorece o aparecimento de crostas desse elemento na superfície, tornando-se um grave problema no solo (KEMERICH *et al.*, 2011). Em aquíferos litorâneos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada à intrusão da água do mar. Segundo a OMS o valor máximo recomendável de sódio na água potável é de

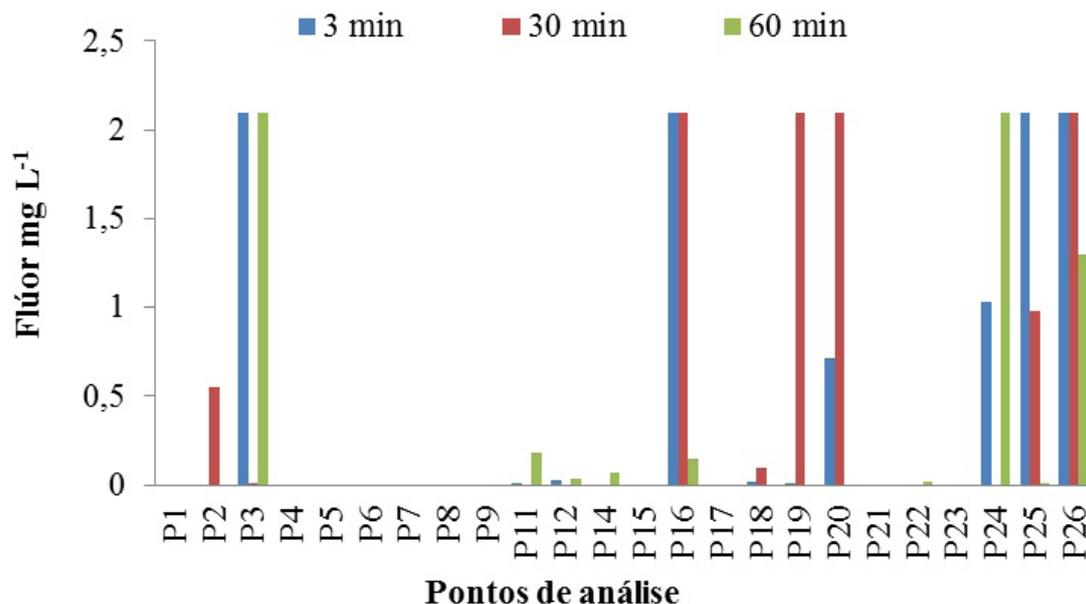


Figura 10 - Variação da concentração de F⁻ das amostras de água provenientes da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

200 mg L⁻¹, o mesmo adotado na Resolução CONAMA n.º 396/2008, cabendo destacar que nenhuma amostra apresentou valores superiores a este limite.

3.8 Flúor (F⁻)

A figura 10 ilustra a variação da concentração de flúor nos 26 pontos de amostragem, durante as três coletas (0, 30 e 60 minutos).

Como pode ser observado na figura 10, na primeira amostragem realizada, aos 3 minutos do início do escoamento, os pontos que apresentaram maior concentração foram os pontos P3 (2,1 mg L⁻¹), P16 (2,1 mg L⁻¹) e P26 (2,1 mg L⁻¹) e solo de mata nativa, P25 (2,1 mg L⁻¹) (cultivo de arroz) apresentaram concentração de 2,1 mg L⁻¹, já os pontos P14 e P15 apresentaram concentrações abaixo do L.D.

Na segunda amostragem realizada, as maiores concentrações ocorreram nos pontos P16 e P19 (Planossolo Eutrófico em áreas de cultivo de arroz) com 2,1 mg L⁻¹ nos dois pontos, P20 em área de pastagem com uma concentração de 2,1 mg L⁻¹ e P26 área de mata nativa com 2,1 mg L⁻¹ em um Planossolo Eutrófico, já os pontos P1, P4, P5, P6, P7, P8, P9, P15, P17 e P21 não apresentaram concentrações de flúor.

Já na terceira amostragem, realizada entre os 30 e os 60 minutos, novamente as áreas que apresentaram maiores concentração de flúor foram as áreas de cultivo de arroz sendo os pontos P3 (2,1 mg L⁻¹), P24 (2,1 mg L⁻¹) e P26 (1,3 mg L⁻¹) sendo os pontos P24 e P26 em Planossolo Eutrófico, e P3 Argissolo Vermelho álico distrófico, áreas de pastagem apresentaram

baixas concentrações no P11 (0,18 mg L⁻¹), também níveis baixos foram encontrados em áreas de campo nativo, nos pontos P12 (0,04 mg L⁻¹) e P22 (0,02 mg L⁻¹).

Para De SOUSA (2004) o flúor possui solubilidade limitada e pouco contribui para a alcalinidade da água, pois se hidrolisa rapidamente. Suas concentrações estão entre 0,1 e 1,5 mg/L nas águas naturais, podendo chegar até 10 mg/L e, raramente a 50 mg/L em águas muito sódicas com pouco cálcio.

De acordo SANTIAGO (2010) o Estado do Rio Grande do Sul apresenta uma legislação mais restritiva, valores entre 0,6 até 0,9 mg L⁻¹ de flúor.

Para BRANCO (1982) é quase impossível identificar, com certeza, o composto que constitui a fonte de flúor na água. Isto se deve às enormes quantidades e variedades de minerais com flúor que estão dispersos no solo. Deste modo, supõe-se que a presença de flúor em águas naturais é devida à passagem destas através de minerais, como apatita e criolita.

Para ANDREAZZINI *et al.* (2006), o Flúor é um elemento essencial para a saúde do homem, embora o consumo de água com excesso deste elemento possa ocasionar problemas nos dentes e ossos (doença conhecida como fluorose). Em água potável, o teor máximo recomendado pela OMS (1996) é 1,5 mg L⁻¹ de F⁻, variando principalmente com as condições climáticas (ANDREAZZINI *et al.*, 2006).

3.9 Oxigênio dissolvido (O.D.)

Para PINTO *et al.* (2007) o O.D. é o elemento principal no metabolismo dos microrganismos aeróbios que habitam as águas naturais ou os reatores para

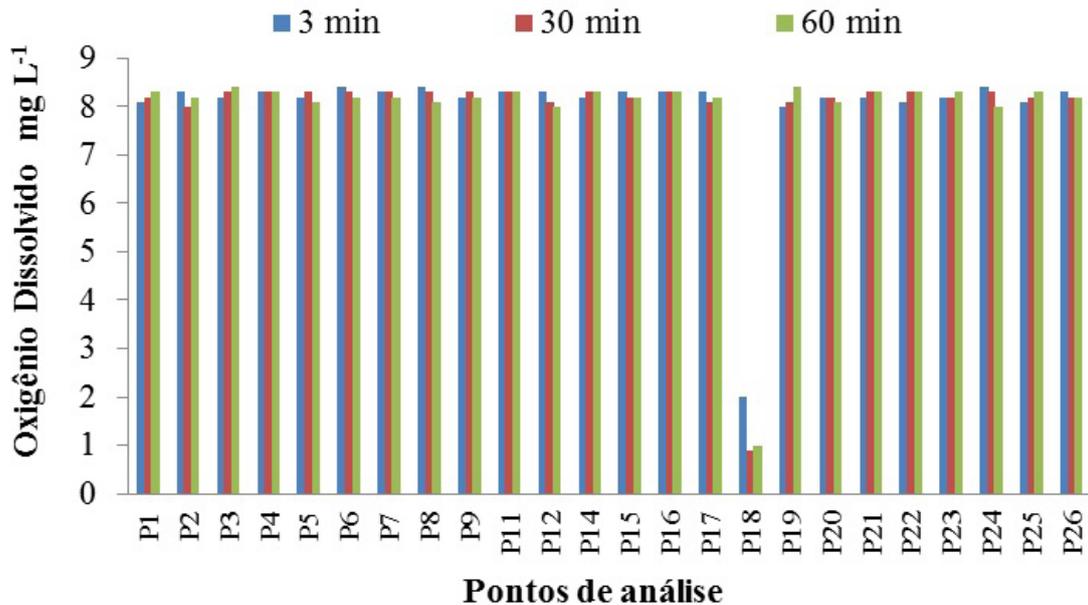


Figura 11 - Variação da concentração de oxigênio dissolvido das amostras de água provenientes da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

tratamento biológico de esgotos. Nas águas naturais, o oxigênio é indispensável também para outros seres vivos, especialmente os peixes, onde a maioria das espécies não resiste a concentrações de oxigênio dissolvido na água inferiores a 4 mg L^{-1} . É, portanto, um parâmetro de extrema relevância na legislação de classificação das águas naturais, bem como na composição de índices de qualidade de águas (IQAs) (PINTO *et al.*, 2010).

A figura 11 ilustra a variação da concentração de O.D. na água proveniente do escoamento superficial nas coletas 3, 30 e 60 minutos.

Na primeira amostragem, o menor valor observado ocorreu no ponto P18 (2 mg L^{-1}) em área de arroz, nos demais pontos a variação foi de 8 mg L^{-1} ponto (P8) a $8,4 \text{ mg L}^{-1}$ (P19).

Na segunda coleta o ponto que mais se destacou foi o ponto P18 (cultivo de arroz), devido sua baixa concentração em relação aos demais, com $0,9 \text{ mg L}^{-1}$, enquanto que o restante dos pontos as concentrações foram semelhantes aos da coleta anterior com valores entre 8 mg L^{-1} ponto (P2) e $8,3 \text{ mg L}^{-1}$ ponto (P21). Na terceira amostra coletada, também ocorreram baixas concentrações no ponto P18 (1 mg L^{-1}), e o restante dos pontos apresentaram variações entre 8 mg L^{-1} no ponto P12 e $8,4 \text{ mg L}^{-1}$ no ponto P19.

LIBÂNIO *et al.* (2006) relatam que as variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água. Para a manutenção da

vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio dissolvido de 2 mg L^{-1} a 5 mg L^{-1} , de acordo com o grau de exigência de cada organismo.

O O.D. indica o grau de arejamento da água. É um excelente indicativo da qualidade da água. A introdução de O.D. no recurso hídrico ocorre através da fotossíntese, da ação de aeradores ou do próprio contato do ar atmosférico (MACÊDO, 2003).

3.10 Cloretos (Cl⁻)

A figura 12 ilustra a variação da concentração dos íons cloreto na água proveniente do escoamento superficial da bacia em estudo.

Como pode ser observado na figura 12, os valores de concentração de cloretos obtidos nas 72 amostras, distribuídas nos 26 pontos nos tempos 0 a 3 minutos, 3 aos 30, e 30 aos 60 minutos, após início do escoamento, variaram de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ (P3) a $0,59 \text{ mg L}^{-1}$ de Cl⁻. Tais resultados estão dentro da faixa considerada normal e não representam riscos a saúde humana, de acordo com a Portaria nº 2.914/2011 do M.S.

De acordo com FEITOSA & MANOEL FILHO (1997), as águas subterrâneas apresentam geralmente teores de cloretos inferiores a 100 mg L^{-1} , o que vem ao encontro dos resultados obtidos neste estudo.

Concentrações altas de cloretos podem restringir o uso da água em razão do sabor que eles conferem e pelo efeito laxativo que eles podem provocar. A portaria nº 2914/2011 do Ministério da Saúde estabeleceu o teor de 250 mg L^{-1} como o valor máximo permitido para água potável, mesmo valor estabele-

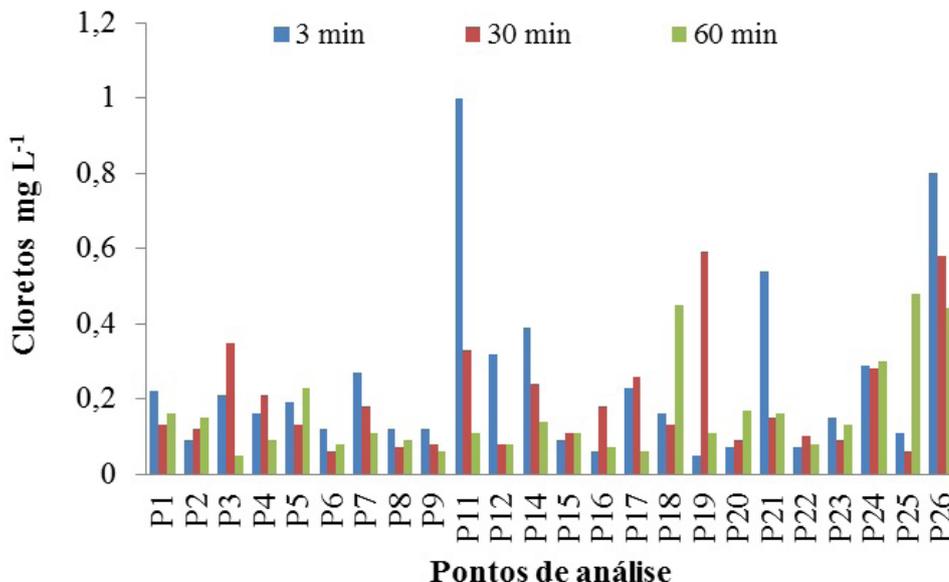


Figura 12 - Variação da concentração dos íons cloreto das amostras de água provenientes da bacia hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim.

cido pela Resolução nº 396/2008, sendo que nenhuma das amostras ultrapassou tal valor de concentração.

3.11 Infiltração e Escoamento superficial

As figuras 13 e 14 ilustram a variação dos valores de infiltração de água no solo e escoamento superficial, respectivamente. Com relação às taxas de infiltração de água no solo, a figura 13 ilustra que os maiores valores de infiltração de água no solo estão apresentados nas áreas de arroz e campo nativo,

apresentados na região central e leste do cartograma. As menores taxas foram observadas na região leste e sul do cartograma, em áreas de mata nativa e arroz.

Como pode ser observado na figura 14, os maiores valores de escoamento superficial foram apresentados nas áreas de cultivo de arroz, indicados na região sudeste da bacia hidrográfica, já os menores valores estão representados na região nordeste da bacia. Tais condições podem ser explicadas pelo fato das áreas de cultivo de arroz apresentarem solos com

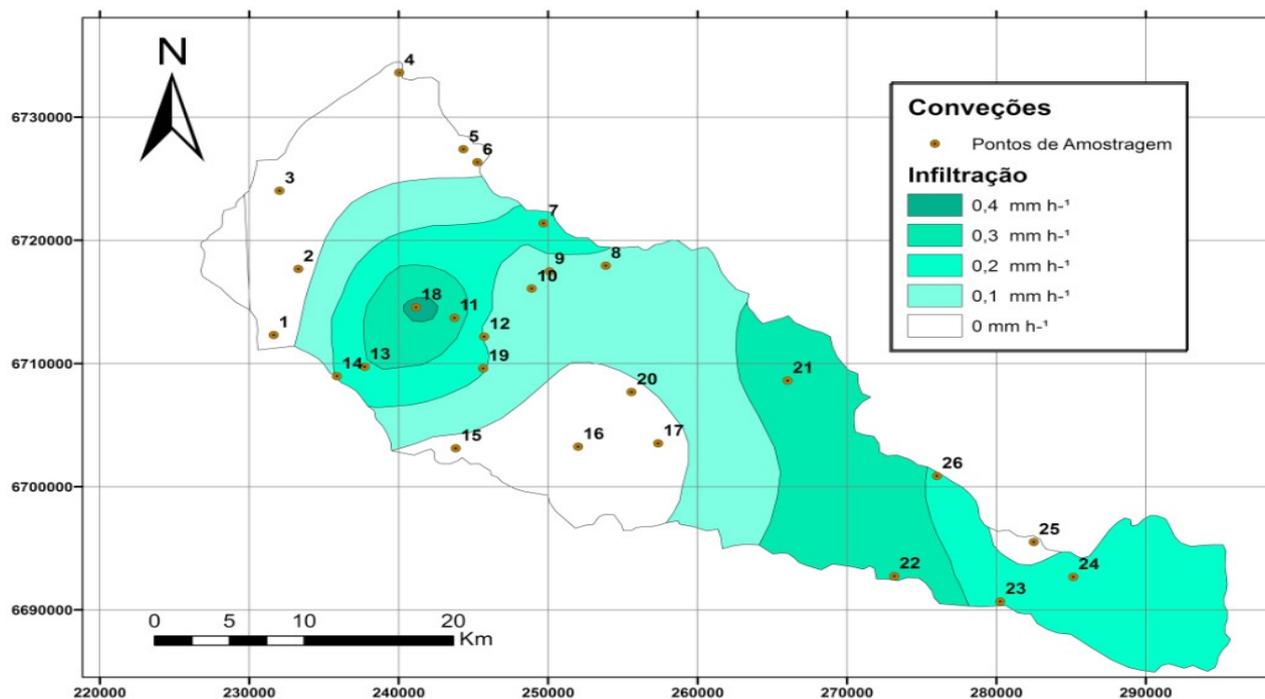


Figura 13 - Valores de Infiltração de água no solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim, RS, 2012.

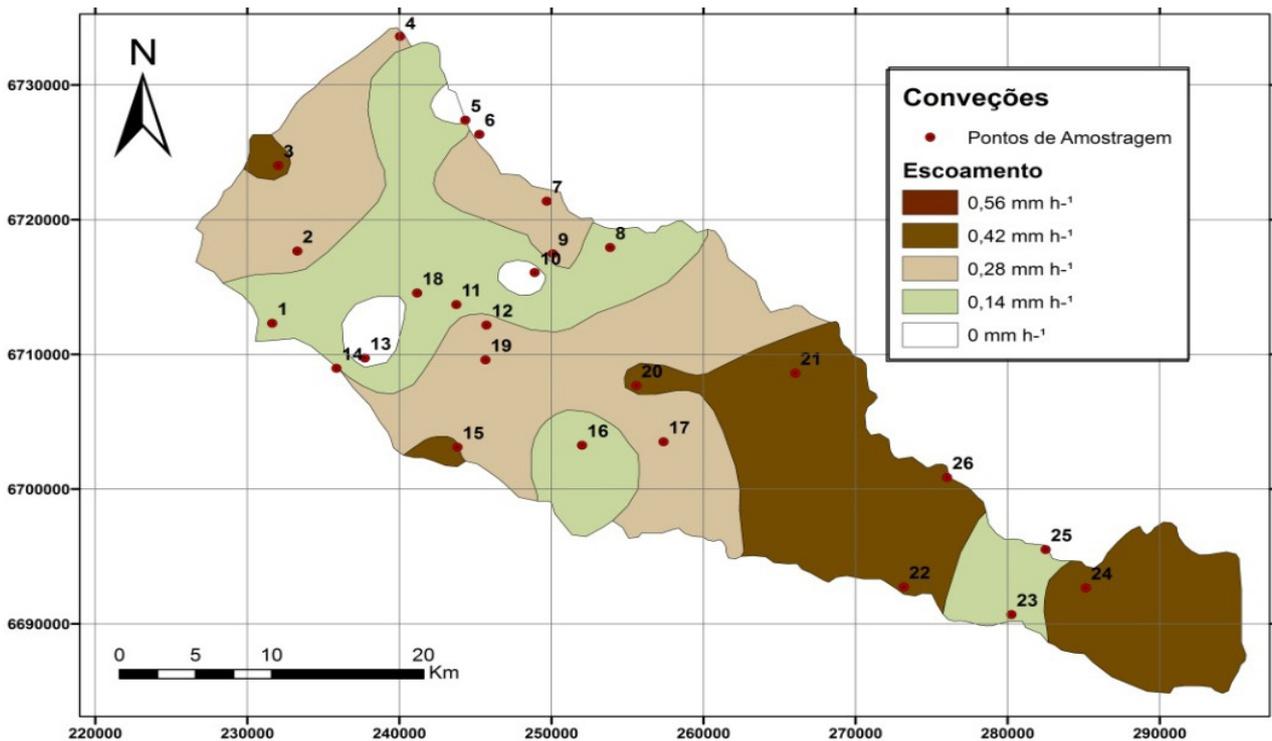


Figura 14 - Valores de escoamento superficial no solo na Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim, RS, 2012.

Tabela 3 - Desmembramento do efeito simples do uso e manejo do solo, nas características químicas da água escoada superficialmente em áreas da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim, 2012.

Características Químicas da Água	Usos e Manejo do Solo						CV (%)
	MN	CN	Pastagem	Arroz	Soja	Urbano	
Cloreto	0,19 ns	0,12	0,11	0,16	0,11	0,24	87,16
Potássio	2,00 ns	3,50	2,00	5,00	5,00	4,00	82,25
Sódio	30,00 b	14,50 b	100,00 a	7,00 b	5,00 b	10,00 b	120,36
Flúor	0,28 a	0,00 b	0,00 b	0,01 b	0,00 b	0,00 b	202,22
Sólidos Suspensos	1,49 ns	0,60	0,60	1,00	0,40	0,75	130,97
Sólidos Totais	59,84 ns	77,61	78,91	65,85	71,96	43,62	32,31
Oxigênio	8,20 ns	8,20	8,20	8,20	8,30	8,30	17,39
pH	6,77 ns	6,66	6,80	6,50	6,75	6,82	4,50
Cor	211,00 a	43,65 b	41,20 b	194,00a	21,10 b	25,60 b	84,89
Condutividade Elétrica	92,05 ns	119,40	121,40	101,30	110,70	68,70	31,67

baixa porosidade, o que dificulta a entrada de água no solo, proporcionando maiores taxas de escoamento.

3.12 Análise de Variância

Os resultados das análises da variância, não revelaram interações entre os fatores uso e manejo do

solo no período do início do escoamento superficial para nenhuma das variáveis estudadas. Portanto, procedeu-se o desmembramento dos efeitos simples significativos. Para o fator uso do solo, as variáveis significativas foram teores de sódio e flúor e a cor da água. Nas áreas de pastagem verificaram-se os

Tabela 4 - Desmembramento do efeito simples do período do início do escoamento superficial, nas características químicas da água escoada em áreas da Bacia Hidrográfica do Vacacaí-Mirim. 2012

Características Químicas da Água	Período do Início do Escoamento Superficial (minutos)			CV (%)
	3	30	60	
Cloreto (mg L ⁻¹)	0,24 ns	0,19	0,16	87,16
Potássio (mg L ⁻¹)	4,87 ns	3,54	3,08	82,25
Sódio (mg L ⁻¹)	20,96 ns	24,87	26,25	120,36
Flúor (mg L ⁻¹)	0,42 ns	0,42	0,25	202,22
Sólidos Suspensos	1,65 ns	1,36	0,84	130,97
Sólidos Totais µg.L ⁻¹	75,96 ns	68,27	62,66	32,31
Oxigênio mg L ⁻¹	7,98 ns	7,92	7,92	17,39
pH	6,59 ns	6,72	6,78	4,50
Cor uC	209,70 a*	133,43 ab	90,75 b	84,89
Condutividade Elétrica	113,73 ns	105,03	96,40	31,67

maiores teores de sódio (100 mg L⁻¹) diferindo significativamente dos demais sistemas de uso, que não diferiram entre si. Quanto aos teores de flúor, observou-se que apenas nas áreas de mata nativa determinou-se a ocorrência do elemento na água escoada. Nas demais áreas não foram detectados teores de flúor na água escoada.

Em relação às alterações químicas na água em função do período do início do escoamento superficial, verificou-se efeito significativo apenas na cor da água, onde a medida que aumenta o tempo de escoamento a água perde a coloração torna-se mais cristalina. As demais características não foram afetadas significativamente pelo período de escoamento superficial, indicando que mesmo após 60 minutos de escoamento superficial de água ocorrem perdas de nutrientes do solo como, por exemplo, de potássio.

A falta de significância das variáveis estudadas deve estar atrelada aos valores dos coeficientes de variação (CV%) observados, classificados como altos para a maioria das variáveis (WARRICK & NIELSEN, 1980).

4 Conclusão

O que pode ser observado com o desenvolvimento do presente estudo, é que os diferentes usos do solo alteram suas propriedades (físicas e químicas), o que resulta em prejuízos ao meio ambiente ou ainda aos sistemas de cultivo em uma escala de tempo.

O parâmetro cor sofreu grande influência do escoamento superficial, sendo que sua concentração apresentou gradativo aumento ao longo do teste, indicando que pode ocorrer grande perda de partículas e nutrientes do solo em função da taxa de escoamento superficial.

Referências

- ANDRADE, T. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; RODRIGUES, D. F. B. Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.16, n.5, p.496-504. 2012.
- ANDREAZZINI, M. J.; FIGUEIREDO, B. R.; LICHT, O. A. B. Comportamento Geoquímico do Flúor em Águas e Sedimentos Fluviais da Região de Cerro Azul, Estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, Curitiba, p. 336 - 346. 2006.
- AWWA/APHA/WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington: 22th edition. 2012.

- BARRIGOSI, J. A. F.; LANNA, A. C.; FERREIRA, E. Uso de agrotóxicos no cultivo do arroz. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 67. 2004.
- BATALHA B. L.; PARLATORE, A. C. Controle da qualidade da água para o consumo humano, Bases conceituais e operacionais. São Paulo: CETESB. 1997.
- BRANCO, P. M. Dicionário de Mineralogia. Porto Alegre: Sagra. 1982.
- BRANCO, S. M. Hidrobiologia aplicada a engenharia sanitária. São Paulo: CETESB, 1987.
- BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (2008) – Resolução n.º396 de 03 de abril de 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>>. Acesso em: 15 agos. 2012.
- BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) - Resolução n.º357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 15 agos. 2012.
- BRASIL. Ministério da Saúde (2011) - Portaria MS nº 2914. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>. Acesso em: 15 agos. 2012.
- CASAGRANDE, L.; Avaliação do Parâmetro De Propagação de Sedimentos do Modelo de Williams (1975) Na Bacia do Rio Vacacaí-Mirim Com o Auxílio de Técnicas de Geoprocessamento. 142f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. 2004.
- CLESCERI, L. S.; GREENBERG, A. E.; EATON, A. D. Estanders Methods for the Examination of Wader and Wastwater. Washington, DC: American Public Health Association. 1999.
- CETESB. Variáveis de Qualidade de Água. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/125-variaveis-de-qualidade-das-aguas-e-dos-sedimentos>>. Acesso em: 15 agos. 2012.
- COSTA, C. F. G.; FIGUEIREDO, R. O. DE.; SANTOS, I. P. O. Influência do Uso da Terra no Nordeste Paraense sobre Indicadores Físico-Químicos de Qualidade da Água do Escoamento Superficial no Solo. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió. Anais. Maceió: ABRH, 2011.
- DE SOUSA, A. A. Caracterização da Bacia do Rio Iguaçu, a Jusante do Município de Reserva do Iguaçu, como área de descarga do aquífero Guarani. 92f. Dissertação (Mestrado em Geologia ambiental) – Universidade Federal do Paraná, 2004.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Tecnologia de Produção de Soja na Região Central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja. 2006.
- ESTEVES, F. A. Fundamentos da Limnologia. Rio de Janeiro: FINEP. 1998.
- FEITOSA, A. C. F.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia - Conceitos e Aplicações. Fortaleza: Editora Gráfica LCR. 1997.
- GRÜTZMACHER, D. D.; GRÜTZMACHER, A. D.; AGOSTINETTO, D.; LOECK, A. E.; ROMAN, R.; PEIXOTO, S. C.; ZANELLA, R. Monitoramento de agrotóxicos em dois mananciais hídricos no sul do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.12, n.6, p.632–637 .2008.
- KEMERICH, P. D. C.; CANTO, L. S.; DESCOVI FILHO, L. L. V.; UCKER, F. E.; TEIXEIRA, L. C. ; TEIXEIRA, M. C. Variação Espacial Da Qualidade Da Água Subterrânea Em Área Ocupada Por Cemitério Tipo Parque Jardim. Engenharia Ambiental (Online), Espírito Santo do Pinhal, v. 9, p. 264-279, 2012.
- LIBÂNIO, M.; SPERLING, E. V.; BASTOS, R. K. X.; HELLER, L.; BORJA, C. B. Vigilância E Controle da Qualidade da Água Para Consumo Humano. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. Brasília : Ministério da Saúde. 2006.
- MACÊDO, J. A. B. Métodos laboratoriais de análises: físico-químicas e microbiológicas. Belo Horizonte: CRQ. 2003.
- OMS - Organização Mundial da Saúde - 1996. Disponível em: <[Http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Chemicals/fluoridesum](http://www.who.int/water_sanitation_health/GDWQ/Chemicals/fluoridesum)>. Acesso em: 12 dez. de 2012.

PARRON, L. M.; MUNIZ, D. H. DE. F.; PEREIRA, C. M. Manual de Procedimento de Amostragem e Análise Físico Químico de Água. Brasília: Embrapa. 2011.

PETRUF, L. A.; SACCO, V. A.; LUCIO, L. C. Oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), temperatura e condutividade elétrica como parâmetros físico-químicos da água do Ribeirão Morangueira, Maringá/PR. In: VII Encontro Internacional de Produção Científica, Maringá, 2011.

PINTO, M. C. F. Manual Medição in loco: Temperatura, pH, Condutividade Elétrica e Oxigênio Dissolvido. Brasília: CPRM. 2007.

PINTO, A. L.; OLIVEIRA, G. H.; PEREIRA, G. A. Avaliação da Eficiência da Utilização do Oxigênio Dissolvido como Principal Indicador de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS. Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino, Campo Mourão, v. 1, p. 69-82. 2010.

PIVELI, R. P.; KATO, M. T. Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos. São Paulo/SP: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2005.

SANTI, A. L. Relações Entre Indicadores de Qualidade do Solo e Produtividade das Culturas em Áreas Com Agricultura de Precisão. 175f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria.

SANTIAGO, M. R. Análises das Ocorrências Anômalas de Fluoreto em Águas Subterrâneas. 97f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. 2010.

SANTOS, M. V. C.; ELTZ, F. L. F.; WENDLING, A.; DIDONÉ, A. J. ; COGO, C. M.; Avaliação das perdas de solo, nutrientes e matéria orgânica em sistemas de manejo sob plantio direto. In: XIV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água, Cuiabá 2002.

SAS INSTITUTE - Statistical Analysis System SAS/STAT User's Guide 8.0. North Caroline, NC: SAS Institute. Inc. 1999.

SEPLAN - Secretaria de Planejamento da Presidência da República (1986) - Levantamento dos recursos naturais. Rio de Janeiro, IBGE.

SILVA, P. M. De. O. Modelagem do Escoamento Superficial e Da Erosão Hídrica na Sub-Bacia Hidrográfica do Ribeirão Marcela, Alto Rio Grande, MG. 155f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras. 2006.

SCIVITTARO, W. B.; SILVA, M. T.; BRAUN, J. A. F.; MATTOS, M. L. T. Monitoramento da qualidade da água de drenagem pós-semeadura de lavoura de arroz irrigado. In: VII Congresso Brasileiro de Arroz Irrigado, v. 2. p. 457-46. 2011.

SILVA, D. F. DE.; MATOS, A. T. DE.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; MOREIRA, D. A. Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.14, n.10, p.1094–1100. 2010.

SOARES, T. S.; CARVALHO, R. M. M. A.; VIANA, E. C.; ANTUNES, F. C. B.; Impactos ambientais decorrentes da ocupação desordenada na área urbana do município de Viçosa, estado de Minas Gerais. Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal, São Paulo, v. 8, p. 1-14. 2006.

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. Porto Alegre: EMATER/RS-ASCAR. 2008.

Van ES. H. & SCHINDELBECK, R. Field procedures and data analysis for the cornell Sprinkle Infiltrometer. Cornell University, Department of Crop and Soil Sciences. Extension publication R 03-01. 8 pages. 2003.

WARRICK, A. W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. New York: Academic Press, p. 319-344. 1980.