

### 3.1.1 - Uso e ocupação do solo

Com relação ao uso atual do solo, na área de estudo não existem assentamentos populacionais, apenas atividade agropastoril e garimpos de pedras preciosas.

Historicamente, a atividade de extração de pedras preciosas na região já demonstrou sua natureza impactante sobre o meio ambiente. Segundo Gomes (2004), em 1993, a Promotoria Pública do Estado do Rio Grande do Sul, tendo conhecimento da existência de lavra garimpeira clandestina no Município de São Martinho da Serra, aplicou a Lei Federal número 7.805, de 18 de julho de 1989, expedindo mandato judicial interrompendo as atividades de exploração mineral de ametista, ágatas, citrino e opala do solo Martinhense, onde se constatou a existência de crime ambiental significativo somado a total negligência tributária.

Em 2001 foi criada a Cooperativa Martinhense de Garimpeiros da Região Central (COOMAR) com o objetivo de retomar a atividade extrativa. Atualmente, o processo de lavra na região se desenvolve a céu aberto, apresentando uma sistemática de extração ascendente de pedreira de encosta. O processo de extração é semimecanizado, utilizando desmonte com explosivos, sendo que a camada mineralizada é escarificada com um trator e depois garimpada manualmente, retirando as pedras preciosas que são encontradas (Figura 3.4).

Entretanto, não se pode ignorar o passivo ambiental presente nas áreas requeridas no município, tendo-se em vista em passado recente a existência de garimpo clandestino. Considerando a natureza impactante da atividade extrativista mineral e para evitar e remediar eventuais impactos sobre os corpos d'água da região, foi proposto o programa piloto de monitoramento hidrossedimentométrico e de qualidade da água na sub-bacia em que está inserida a área com potencial gemológico do Município de São Martinho da Serra, financiado pelo Edital Fapergs 001/2004-Procoredes.



Figura 3.4 – Vista geral do garimpo.

### 3.1.2 - Geologia e geomorfologia regional

Conforme “O Mapa Gemológico do Estado do Rio Grande do Sul”, elaborado por Branco & Gil (2000, *apud* GOMES, 2004), a Região Serrana nas cabeceiras da Bacia do Rio Ibicuí apresenta elevado potencial gemológico, e o município de São Martinho da Serra pertence a esta região.

De acordo com Viera, Mendes & Robaina (2002), a área de estudo apresenta a ocorrência de rochas Efusivas Básicas e Ácidas com intercalações de arenitos intertrapps. Tais características são resultantes do vulcanismo de fissura ocorrido na Bacia do Ibicuí-Mirim, no Mesozóico. É composta, assim, por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, a qual está subdividida em duas seqüências vulcânicas – a Ácida Superior e a Básica Inferior. As jazidas localizam-se na seqüência inferior que é formada por diversos derrames basálticos horizontalizados de cor cinza-escura.

A região onde se localiza a área de basalto está encravada no segmento da Serra Geral, que recebe a denominação local de Serra de São Martinho. Apresenta

grande individualidade litológica e representa testemunho atual de uma fase da evolução do planalto. É composta por diferentes níveis topográficos, sendo altamente suscetível ao deslocamento de blocos de massa, vertentes abruptas e convexas e onde a erosão age fortemente, devido à energia do relevo.

As características morfométricas impedem o uso agrícola e pecuário, exigindo a preservação da vegetação natural. Sua beleza cênica favorece um excelente mirante em que se pode observar a paisagem agradável e o formato das vertentes da Serra, bem como das áreas mais baixas onde ficou evidenciada uma predisposição à dinâmica plúvio-erosiva.

As áreas de garimpo situam-se nas cotas mais baixas da bacia em estudo, onde ainda existem locais preservados, mas que pelo avanço agrícola e extrativista correm o risco de serem degradados.

## 4 - METODOLOGIA

### 4.1 - Coleta de amostras

As amostras de águas foram coletadas em tempo seco, ausência de chuva, nos três pontos de monitoramento da bacia em estudo: à montante e à jusante da área de mineração e na saída do principal garimpo em atividade.

Essas coletas superficiais de amostras foram realizadas no centro da seção dos três pontos de amostragem, de maneira manual, através de frascos identificados apropriadamente.

As amostras que foram utilizadas para realização das análises de metais foram estocadas em frascos de polietileno, previamente descontaminados por meio da imersão dos mesmos em solução 5 % v/v HNO<sub>3</sub> (ácido nítrico), durante pelo menos 24 h.

Para a análise de nitrato, fosfato e DQO, as amostras foram coletadas em frascos de vidro previamente descontaminados por meio da imersão dos mesmos em solução 5 % v/v HCl (ácido clorídrico), durante pelo menos 24 h.

As amostras para análise de coliformes termotolerantes e coliformes totais foram coletadas em embalagens plásticas esterilizadas descartáveis de 100 mL. As amostras para realização dos demais parâmetros foram armazenadas em frascos de polietileno.

No ponto de jusante, além das coletas em tempo seco, foram realizadas coletas em tempo úmido, na ocorrência de chuva. Nas coletas em tempo úmido utilizou-se um amostrador instantâneo de nível ascendente (ANA), instalado na seção de amostragem. Este amostrador possibilita monitorar a variação da qualidade da água durante a passagem da onda de cheia.

#### 4.1.1 - Amostrador Automático

Este tipo de equipamento foi utilizado devido à dificuldade para obtenção de amostras de água durante os eventos de chuva, pois além da maior parte dos eventos ocorrerem durante a noite, a distância do laboratório até os pontos de amostragem (aproximadamente 47 km) dificultavam a coleta em tempo hábil.

O tipo de amostrador instantâneo utilizado foi o amostrador de nível ascendente - ANA (UMEZAWA, 1979), utilizado para coletar amostras de água durante a subida da onda de cheia. Consiste em uma série de garrafas, onde em cada uma delas são acoplados dois tubos em sifão, um para admissão da amostra e outro para saída do ar. A forma de sifão impede a recirculação de água no interior da garrafa enquanto a mesma estiver submersa. As aberturas dos tubos ficam orientadas contra a corrente, de modo a facilitar a entrada da amostra. A coleta de água em cada garrafa inicia no instante em que o nível de água chega ao bocal de tomada, até o momento em que atinge o ponto mais alto do seu sifão.

Primeiramente, foi instalado no ponto de jusante o amostrador ANA na margem direita com 9 garrafas de vidro, da cota 0,23 m à cota 1,44 m. Posteriormente no dia 22 de setembro de 2005, as garrafas de vidro foram substituídas por frascos de plástico de 1000mL, pois esse material seria o mais indicado para fazer as coletas e evitar a contaminação para a análise de metais. Além disso, o nível das garrafas foi alterado, da cota 0,33 m à cota 1,6 m. A figura 4.1 mostra o amostrador e a tabela 4.1 apresenta a 1ª e a 2ª relação entre os níveis correspondentes a cada garrafa do amostrador ANA.

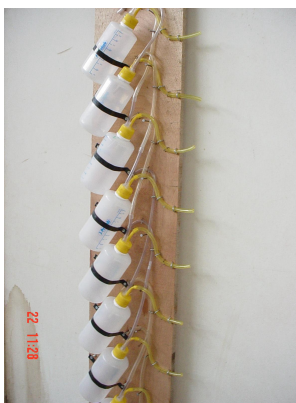


Figura 4.1 – Foto do amostrador de nível ascendente – ANA

Tabela 4.1 - Relações nível-garrafa do ANA, instalado no ponto de jusante.

1ª Relação Nível-Garrafa		2ª Relação Nível-Garrafa	
Garrafa	Nível do fundo (m)	Garrafa	Nível do fundo (m)
G1	0,23	G1	0,33
G2	0,38	G2	0,47
G3	0,53	G3	0,63
G4	0,68	G4	0,79
G5	0,84	G5	0,95
G6	0,99	G6	1,11
G7	1,14	G7	1,28
G8	1,29	G8	1,45
G9	1,44	G9	1,6

#### 4.2 - Parâmetros de qualidade da água

Periodicamente, foi realizada, juntamente com as medições de vazão, a determinação dos seguintes parâmetros de qualidade: temperatura do ar, temperatura da água, pH, condutividade elétrica, turbidez, OD, DBO<sub>5</sub>, DQO, sólidos totais, sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, sólidos fixos, sólidos voláteis, coliformes totais e coliformes termotolerantes, objetivando a identificação de eventuais alterações na qualidade da água.

Foram feitas, também, cinco investigações detalhadas, para a quantificação dos seguintes parâmetros: Alcalinidade, Alumínio, Cálcio, Cádmi, Cobre, Cromo, Ferro, Fluoreto, Fosfato, Magnésio, Manganês, Mercúrio, Nitrato, Sódio e Zinco. Sendo que os parâmetros Cádmi, Fluoreto e Mercúrio foram avaliados somente uma vez, devido à não detecção destes parâmetros e o alto custo das análises.

As análises dos metais foram realizadas no Laboratório de Análises Químicas Industriais e Ambientais (LAQIA) do Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM e as análises dos demais parâmetros foram feitas no Laboratório de Saneamento Ambiental (LASAM), do Departamento de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da UFSM.

A tabela 4.2 apresenta os parâmetros monitorados, unidades, técnicas e locais onde foram analisados.

Tabela 4.2 – Parâmetros monitorados, unidades, técnicas e locais de análise.

<b>Parâmetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Técnica analítica</b>	<b>Local</b>
Sólidos	mg/L	Standart Methods	LASAM
Temperatura	°C	Terminal InoLab e Oxímetro YSI	LASAM
Turbidez	UNT	Turbidímetro SL-2k	LASAM
pH	-	Terminal Multiparâmetros InoLab	LASAM
Alcalinidade	-	Standart Methods	LASAM
Condutividade	µS/cm	Terminal Multiparâmetros InoLab	LASAM
OD	mg/L	Terminal InoLab e Oxímetro YSI	LASAM
DBO <sub>5</sub>	mg/L	Standart Methods	LASAM
DQO	mg/L	Standart Methods	LASAM
Coliformes	NMP/100ml	Standart Methods	LASAM
Alumínio	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Cálcio	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Cobre	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Cromo	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Ferro	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Magnésio	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Manganês	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Sódio	mg/L	Espectometria atômica	LAQIA
Zinco	mg/L	ICP – OES	LAQIA
Fosfato	mg/L	Standart Methods	LASAM
Nitrato	mg/L	Standart Methods	LASAM

#### 4.2.1 - Parâmetros físicos

##### 4.2.1.1 Sólidos

Todos os contaminantes da água, com exceção de gases dissolvidos, contribuem para carga de sólidos. Foram analisados os sólidos totais, os sólidos dissolvidos e os sólidos em suspensão.

Ainda foram determinados os sólidos suspensos voláteis – que representam uma estimativa da matéria orgânica nos sólidos; e os sólidos suspensos fixos – que representam a matéria inorgânica ou mineral.

O procedimento para a obtenção das concentrações de sólidos totais, dissolvidos, suspensos fixos e voláteis, de filtragem e pesagem, segue a metodologia descrita no APHA, AWWA, WEF (1998).

#### **4.2.1.2 Temperatura**

A temperatura da água exerce influência na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas dos organismos e na solubilidade dos gases dissolvidos. A transferência de calor pode ser de origem natural (radiação, condução ou convecção) ou de origem antropogênica (despejos industriais e águas de resfriamento).

Deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, tais como oxigênio dissolvido. Para determinação do parâmetro, nas amostras, utilizou-se o terminal multiparâmetros InoLab e o oxímetro YSI.

#### **4.2.1.3 Turbidez**

A turbidez indica a alteração na passagem da luz devido à presença de partículas em suspensão na água, tornando-a com uma aparência turva. Quando de origem antropogênica, pode estar associada a compostos tóxicos, organismos patogênicos e a erosão. No entanto, quando de origem natural, está associada à variação sazonal, à intensidade de precipitação, à partículas de rocha, argila e silte, algas e outros microrganismos. Pode reduzir a penetração da luz, prejudicando a fotossíntese. A determinação do parâmetro foi realizada através do turbidímetro SL-2K.

### **4.2.2 - Parâmetros físico-químicos**

#### **4.2.2.1 pH**

O potencial hidrogeniônico (pH) indica a intensidade das condições ácidas ou alcalinas da água através da medição do grau de concentração de íons hidrogênio ( $H^+$ ). A escala de pH varia de 0 a 14, identificando a condição ácida, neutra ou alcalina.

A origem natural de hidrogênio é a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese. Como origem



antropogênica, tem-se os despejos domésticos e industriais e fontes difusas de poluição.

Para determinação do parâmetro nas amostras utilizou-se o terminal multiparâmetros InoLab.

#### **4.2.2.2 Alcalinidade**

A alcalinidade indica a quantidade de íons na água para neutralizar os íons hidrogênio. É uma medição da capacidade da água em resistir às mudanças de pH. Os principais constituintes são os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e os hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ). Sua origem pode ser natural, através da dissolução de rochas e reação do  $\text{CO}_2$  com a água; ou antropogênica, através dos despejos industriais. Para a determinação da alcalinidade foi utilizada a metodologia descrita no APHA , AWWA, WEF (1998).

#### **4.2.2.3 Condutividade elétrica**

A condutividade elétrica da água pode ser definida como a capacidade que a mesma apresenta de conduzir corrente elétrica, estando relacionada com a presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. Para a determinação do parâmetro, nas amostras, utilizou-se o terminal multiparâmetros InoLab.

#### **4.2.2.4 Oxigênio Dissolvido – OD**

É um dos parâmetros mais significativos para as análises de qualidade da água, pois se encontra diretamente relacionado com a possibilidade de manutenção de vida dos organismos aeróbios, que habitam o meio aquático. As variações nos teores de oxigênio dissolvido estão associadas aos processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos d'água.

Para determinação do oxigênio dissolvido, utilizou-se o terminal multiparâmetros InoLab e o oxímetro YSI.

#### **4.2.2.5 Demandas Química e Bioquímica de Oxigênio**

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e a Demanda Química de Oxigênio (DQO) são parâmetros utilizados para avaliar a quantidade de matéria orgânica presente no corpo hídrico. A matéria orgânica é responsável pela redução na concentração de oxigênio dissolvido. Portanto, a avaliação da presença de matéria orgânica pode ser feita através da medição do consumo de oxigênio.

A diferença entre DBO e DQO está no tipo de matéria orgânica estabilizada. A DBO pode ser entendida como sendo a quantidade de oxigênio molecular necessária para a estabilização da matéria orgânica mineralizada por atividades de microorganismos. A DQO refere-se, também, à estabilização da matéria orgânica ocorrida por processos químicos.

A metodologia utilizada para a determinação das concentrações de  $DBO_5$  e da DQO segue o recomendado pelo APHA, AWWA, WEF (1998).

#### **4.2.3 - Parâmetros Microbiológicos**

##### **4.2.3.1 Coliformes Totais e Termotolerantes**

As bactérias do grupo coliforme são utilizadas como organismos indicadores de contaminação fecal. Esses organismos não são patogênicos, mas dão uma indicação de que a água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais de sangue quente e, portanto, existe a probabilidade de transmitir doenças.

Para a obtenção do número de coliformes termotolerantes e totais, utilizou-se o *Colilert* 24h, possibilitando a detecção, confirmação e enumeração, simultaneamente, dos organismos em 24 horas. Os testes utilizam tecnologia do substrato definido, usando indicadores/nutrientes específicos para coliformes e *Escherichia Coli*. Este procedimento é recomendado pela USEPA e aceito pelo APHA, AWWA, WEF (1998).

#### 4.2.4 - Parâmetros Químicos

##### 4.2.4.1 Metais

O cádmio em condições naturais é encontrado na água, em traços mínimos, mas pode ser nela introduzido por alguns despejos industriais. É considerado um elemento de elevado potencial tóxico, podendo causar intoxicação aguda e crônica.

O chumbo também pode ser encontrado na água em traços mínimos. Em geral sua origem vem da poluição por efluentes de indústrias ou minas, ou como resultado da ação corrosiva sobre as canalizações desse metal. É um metal cumulativo, podendo causar saturnismo, moléstia que pode levar à morte.

A ocorrência natural de sais de cromo hexavalente é muito rara, de modo que quando estão presentes na água, devem originar-se da poluição por despejos industriais. Não se conhece ainda a quantidade desse íon que pode ser ingerida a longo prazo sem conseqüências adversas.

O mercúrio introduzido por efluentes industriais nos sistemas hídricos é inicialmente incorporado nos sedimentos de fundo. Esses sedimentos podem subseqüentemente trocar sua carga de mercúrio com a água que os cobre por até cem anos. A exposição ao mercúrio em longo prazo pode provocar rompimento dos cromossomos e inibição do mecanismo mitótico, além de poder causar danos irreversíveis ao cérebro.

Os elementos ferro e manganês apresentam comportamento químico semelhantes. Podem ser originados pela dissolução de componentes do solo ou por despejos industriais. Embora esses elementos não apresentem danos à saúde nas concentrações normalmente encontradas, eles podem provocar problemas estéticos (cor na água) ou prejudicar certos usos industriais e domésticos. Deve-se destacar que as águas de muitas regiões brasileiras, como no Estado do Rio Grande do Sul, já apresentam, naturalmente, teores elevados de ferro e manganês, que podem ser superiores aos limites estabelecidos pelo CONAMA 357/05 para a classe 2.

As análises de metais foram realizadas no LAQIA – UFSM. Para determinação de Ca, Fe, Mg, Mn e Na foi utilizada a técnica de Espectometria

Atômica. Para a análise de Al, Cr, Cu e Zn foi utilizada a técnica de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES).

#### 4.2.4.2 Fosfato

O fósforo é um dos mais importantes nutrientes para o crescimento de plantas aquáticas. Quando esse crescimento ocorre em excesso pode haver o fenômeno da eutrofização. Na água, o fósforo pode ser encontrado em várias formas, entre elas como ortofosfatos. Os ortofosfatos são diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem necessidade de conversões a formas mais simples.

A presença de fósforo pode ser originária de processos naturais (dissolução de rochas, carreamento do solo, decomposição de matéria orgânica e chuva) ou de processos antropogênicos (despejos domésticos e industriais, detergentes, excrementos de animais, fertilizantes e pesticidas, drenagem pluvial).

A metodologia utilizada para a determinação do fosfato foi APHA , AWWA, WEF (1998), através do Método Colorimétrico Ácido Vanadomolibdofosfórico (4500-P C.).

#### 4.2.4.3 Nitrato

O nitrogênio também é um importante nutriente para o crescimento de algas e plantas aquáticas superiores, podendo também contribuir para o fenômeno de eutrofização. Dentro do ciclo do nitrogênio, este elemento encontra-se entre várias formas e estados de oxidação. No meio aquático, uma das formas que este elemento pode se apresentar é como íon nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), que é uma forma oxidada de nitrogênio. O nitrato em concentrações elevadas está associado à doença da metahemoglobinemia, que dificulta o transporte de oxigênio na corrente sanguínea de bebês.

Por ser constituinte de proteínas, clorofila e outros compostos biológicos, o nitrogênio pode ser facilmente encontrado na natureza. E ainda pode ter origem antropogênica através do lançamento de despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes.

A metodologia utilizada para a determinação do nitrato foi APHA , AWWA, WEF (1998).

#### 4.3 - Medição de vazão

Para determinação das vazões durante o período de observação foi determinada a curva “cota x descarga”, para a seção do vertedor no ponto de jusante.

O vertedor construído é do tipo triangular de soleira curta, desenvolvido pelo “U.S. Soil Conservation Service”, para uso em bacias rurais (BRAKENSIEK & OSBORN, 1979) denominado “V-notch weir”, com inclinação da crista de 1vertical : 5 horizontal. A figura 4.2 mostra o esquema do vertedor.

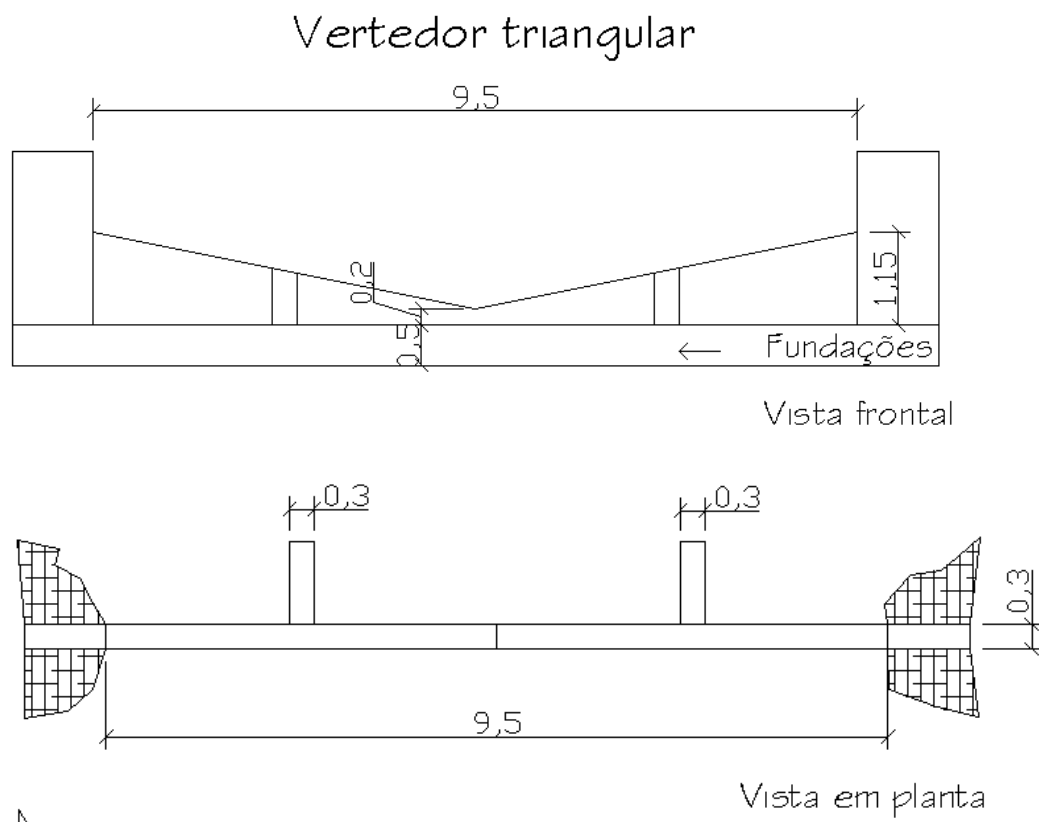


Figura 4.2 – Esquema do vertedor triangular de jusante

A curva-chave é apresentada nas equações 4.1, 4.2 e 4.3.

Para  $0,06 < H \leq 0,47$  m

$$Q = 7,438435.H^{2,5} \quad (4.1)$$

Para  $0,47 < H \leq 1,11$  m

$$Q = 7,702248.H^{2,5} \quad (4.2)$$

Para  $1,11 < H \leq 1,15$  m

$$Q = 7,659451.H^{2,5} \quad (4.3)$$

Para  $H > 1,15$  m o vertedor funciona como um vertedor misto (triangular e retangular) e a vazão adotada é mostrada na equação 4.4:

$$Q = 10,862811 + (16,6383 - 0,342H).(H - 1,15)^{\frac{3}{2}} \quad (4.4)$$

onde:

Q = vazão (m<sup>3</sup>/s);

H = cota (m).

#### 4.4 - Avaliação da carga difusa

Foram utilizados os resultados de qualidade obtidos, através das coletas pontuais e do amostrador de nível ascendente, para os eventos analisados da bacia em estudo. A avaliação da carga difusa foi feita através dos hidrogramas Q(t) e polutogramas C(t) para cada poluente considerado, do cálculo das Concentrações Médias dos Eventos (CME's) e da distribuição da massa poluente pelo volume escoado (curvas M(V)).

Para uma avaliação completa das características da qualidade da água (CQA), durante a passagem da onda de cheia, adotaram-se pontos iniciais e finais para todos os eventos analisados, assumindo para os mesmos as características de qualidade da água, de tempo seco, do dia mais próximo ao evento. A adoção de pontos iniciais justifica-se pela dificuldade de chegar à estação antes do início da precipitação, devido à distância do laboratório aos pontos de monitoramento. A

adoção dos pontos finais justifica-se pela extensão de alguns eventos impossibilitando a permanência da equipe em campo.

As cargas de poluentes foram obtidas através da multiplicação do valor da característica de qualidade da água em questão pela vazão de escoamento superficial, no instante considerado. Os valores destas cargas foram sendo acumulados durante todo o evento de precipitação. Como o corpo d'água apresenta uma carga poluente de base, devido à sua vazão de base, este valor foi calculado e descontado do montante, já que objetiva-se avaliar apenas o impacto do escoamento superficial, ou seja, da poluição difusa no recurso hídrico.

#### 4.4.1 - Concentração média do evento (CME)

A Concentração Média do Evento (CME) foi calculada utilizando-se equação 4.5 proposta por LEE *et al.*, 2000.

$$CME = \frac{M}{V} = \frac{\int_0^{tr} C_t Q_t dt}{\int_0^{tr} Q_t dt} \cong \frac{\sum C_t Q_t \Delta t}{\sum Q_t \Delta t} \quad (4.5)$$

onde:

CME = concentração média do evento (mg/L);

M = massa total de poluente durante o evento (g);

V = volume total durante o evento (m<sup>3</sup>);

t = tempo (s);

C<sub>t</sub> = concentração no tempo t (mg/L);

Q<sub>t</sub> = vazão no tempo t (m<sup>3</sup>/s);

Δt = intervalo de tempo (s).

Para intervalos de tempo menores que a duração total do evento, foi calculada a Concentração Média Parcial do Evento (CMPE) dada pela equação 4.6:

$$CMPE = \frac{m(t)}{v(t)} = \frac{\int_0^t C_t Q_t dt}{\int_0^t Q_t dt} \cong \frac{\sum C_t Q_t \Delta t}{\sum Q_t \Delta t} \quad (4.6)$$

onde:

CMPE = concentração média parcial do evento (mg/L);

m(t) = massa poluente transportada até o tempo t (g);

v(t) = volume escoado até o tempo t (m<sup>3</sup>);

t = tempo (s);

C<sub>t</sub> = concentração no tempo t (mg/L);

Q<sub>t</sub> = vazão no tempo t (m<sup>3</sup>/s);

Δt = intervalo de tempo (s).