

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**VASCO MONAKAPUI CRISTÓVÃO PASCOAL**

**CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA, QUÍMICA, MINERALÓGICA E  
MORFOSCÓPICA DOS SEDIMENTOS DO RIO URUSSANGA, SC**

**CRICIÚMA**

**2011**

**VASCO MONAKAPUI CRISTÓVÃO PASCOAL**

**CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA, QUÍMICA, MINERALÓGICA E  
MORFOSCÓPICA DOS SEDIMENTOS DO RIO URUSSANGA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. MSc. Clóvis Norberto Savi

**CRICIÚMA**

**2011**

**VASCO MONAKAPUI CRISTÓVÃO PASCOAL**

**CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA, QUÍMICA, MINERALÓGICA E  
MORFOSCÓPICA DOS SEDIMENTOS DO RIO URUSSANGA, SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental, no Curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 02 de Dezembro de 2011

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Clóvis Norberto Savi - Mestre - (IPAT/UNESC)

Prof. Carlyle Torres Bezerra de Menezes – Doutor – (UNESC)

Prof. Marcos Back – Mestre – (UNESC)

**“Dedico este trabalho a minha família pelo apoio e carinho que me deram para realização deste sonho.”**

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Professor Clóvis Norberto Savi pela orientação e dedicação.

Aos Professores do curso de Engenharia Ambiental pelos ensinamentos.

À coordenação do curso de Engenharia Ambiental pelo apoio durante o curso.

À direção do IPAT por permitir a realização do estágio.

Aos meus amigos pelo apoio e incentivo.

Aos técnicos de laboratório do IPAT pela ajuda nas análises laboratoriais.

À Professora Rosaura do CTC mat pelos trabalhos prestados no MEV.

À direção da Siano Rego pelo apoio durante o tempo de estadia no Brasil.

À direção da Sonangol E.P. pela oportunidade que me deu.

A todos que direta ou indiretamente estiveram envolvidos neste trabalho, o meu muito obrigado.

***“Quando faço o bem, me sinto bem e quando faço o mal, me sinto mal. Eis a minha religião.”***

***Abraham Lincoln***

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi caracterizar granulométrica, química, mineralógica e morfoscopicamente os sedimentos do rio Urussanga. O Rio Urussanga é o principal contribuinte da Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga (BHRU), tem seu limite compreendido na região sul de Santa Catarina abrangendo os municípios de Urussanga, Cocal do Sul e Morro da Fumaça, e em parte os municípios de Criciúma, Içara, Sangão, Jaguaruna, Pedras Grandes e Treze de Maio. Foram coletadas amostras em quatro pontos ao longo do Rio Urussanga com o intuito de mostrar as características destes sedimentos. A descrição da geologia da bacia do Rio Urussanga permitiu identificar a origem dos sedimentos. Ensaio de laboratório tais como peneiramento, difração de raios X, fluorescência de raios X e varredura em microscópio eletrônico foram realizados para determinar as características dos sedimentos. Com base nos resultados obtidos verificou-se uma grande variação dos tamanhos dos grãos dos sedimentos; o quartzo é o elemento predominante das amostras de sedimento, possivelmente por serem os minerais com maior resistência as ações de intemperismo; a sílica aparece como o principal constituinte das amostras; os sedimentos apresentam grãos de contorno arredondado e anguloso.

**Palavras-chave:** Caracterização. Sedimentos. Bacia do Rio Urussanga.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Métodos usados para as análises.....	34
Figura 2: Pontos de coleta dos sedimentos.....	41
Figura 3: Mesa vibratória com oito peneiras.....	42
Figura 4: Difratorômetro de Raios X.....	43
Figura 5: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 01.....	47
Figura 6: Difratoograma de raios X da amostra 02 do ponto 01.....	47
Figura 7: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 02.....	48
Figura 8: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 03.....	48
Figura 9: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 04.....	49
Figura 10: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 18 vezes.....	53
Figura 11: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 33 vezes.....	53
Figura 12: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 85 vezes.....	54
Figura 13: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 450 vezes.....	54
Figura 14: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 700 vezes.....	55
Figura 15: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 700 vezes.....	56
Figura 16: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 22 vezes.....	56
Figura 17: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 25 vezes.....	57
Figura 18: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 27 vezes.....	57
Figura 19: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 30 vezes.....	58



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número mínimo de amostras para caracterização de sedimento. ....	30
Tabela 2: Classificação granulométrica segundo Resolução CONAMA N° 344/04...	32
Tabela 3: Classificação granulométrica segundo a ABNT. ....	33
Tabela 4: Classificação granulométrica da American Geophysical Union.....	33
Tabela 5: Localização dos pontos de coleta das amostras. ....	42
Tabela 6: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 01. ....	44
Tabela 7: Peso do material após o peneiramento da amostra 02 do ponto 01. ....	44
Tabela 8: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 02. ....	45
Tabela 9: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 03. ....	45
Tabela 10: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 04. ....	46
Tabela 11: Resultados da análise de fluorescência de Raios X e Absorção Atômica. .....	50
Tabela 12: Resultados da análise de fluorescência de Raios X e Absorção Atômica. .....	50
Tabela 13: Resultados da análise de fluorescência de Raios X e Absorção Atômica. .....	51
Tabela 14: Resultados da análise de fluorescência de Raios X e Absorção Atômica. .....	52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVO</b> .....	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
<b>3 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>15</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>16</b>
4.1 ORIGEM DAS PARTÍCULAS SEDIMENTARES .....	16
4.2 EROÇÃO .....	16
4.2.1 Tipos de erosão .....	16
4.2.1.1 Erosão eólica .....	16
4.2.1.2 Erosão fluvial .....	17
4.2.1.3 Erosão hídrica superficial .....	17
4.2.1.4 Erosão por remoção em massa .....	17
4.3 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS .....	17
4.4 DEPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS .....	18
4.5 PROBLEMAS GERADOS PELOS SEDIMENTOS .....	19
4.5.1 Problemas devidos à erosão .....	19
4.5.2 Problemas devidos ao transporte de sedimento .....	19
4.5.3 Problemas devidos ao depósito de sedimento .....	20
4.5.4 Benefícios trazidos pelos sedimentos .....	22
4.5.5 Efeitos dos sedimentos sobre o meio ambiente .....	23
4.6 PROPRIEDADES DOS SEDIMENTOS .....	25
4.6.1 Propriedades físicas .....	25
4.6.1.1 Granulometria .....	25
4.6.1.2 Morfoscopia .....	25
4.6.1.2.1 Principais tipos de grãos .....	26
4.6.1.2.1.1 Grãos NU (“Non-Usés) (Não Desgastados, angulosos) .....	26
4.6.1.2.1.2 Grãos EL (“Emoussés-Luisants”) (Boleados Brilhantes) .....	26
4.6.1.2.1.3 Grãos RM (“Ronds-Mats”) (Arredondados Embaçados) .....	26
4.6.1.3 Morfometria .....	27
4.6.2 Propriedades mineralógicas .....	27
4.7 AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS .....	29

4.7.1 Finalidades da amostragem .....	30
4.7.2 Métodos de amostragem de sedimentos.....	31
4.7.2.1 Amostragem de sedimento em suspensão .....	31
4.7.2.2 Amostragem de sedimento do leito .....	31
4.8 CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE ACORDO COM A GRANULOMETRIA .....	32
4.9 MÉTODOS DE ANÁLISES DE SEDIMENTOS .....	33
4.9.1 Análise granulométrica de sedimentos.....	34
4.9.1.1 Finalidades das análises granulométricas.....	34
4.9.1.2 Método de peneiramento.....	35
4.9.1.3 Método de análise granulométrica pelo densímetro.....	35
4.9.1.4 Método de tubo de remoção pela base .....	36
4.9.1.5 Método do tubo de acumulação visual .....	36
4.9.2 Análise morfoscópica .....	36
4.9.2.1 Procedimento para a análise morfoscópica.....	36
4.9.3 Análise por difração de Raios X .....	37
4.9.4 Análise química .....	37
4.9.4.1 Fluorescência de Raios X.....	38
4.9.5 Microscópio eletrônico.....	38
4.9.5.1 Microscópio eletrônico de varredura .....	38
4.10 GEOLOGIA DA BACIA DO RIO URUSSANGA.....	38
4.10.1 Granitóides tardi a pós-tectônicos .....	39
4.10.2 Formação Rio do Sul.....	39
4.10.3 Formação Rio Bonito.....	39
4.10.4 Formação Palermo .....	40
4.10.5 Formação Irati .....	40
4.10.6 Formação Serra Geral.....	40
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>41</b>
5.1 AMOSTRAGEM.....	41
5.2 GRANULOMETRIA .....	42
5.3 ANÁLISES MINERALÓGICAS .....	43
5.4 ANÁLISES QUÍMICAS.....	43
5.5 MORFOSCOPIA.....	43
<b>6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS .....</b>	<b>44</b>

6.1 GRANULOMETRIA .....	44
6.2 DIFRAÇÃO DE RAIOS X .....	46
6.3 ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X E DE ABSORÇÃO ATÔMICA .....	49
6.4 MORFOSCOPIA.....	52
<b>7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A grande quantidade de sedimentos presentes ao longo dos rios é responsável pelo fenômeno de assoreamento nos mesmos.

A sedimentação se refere aos processos derivados do sedimento, abrangendo erosão, transporte nos cursos de água e deposição dos sedimentos (CARVALHO, 2008).

Os sedimentos originam-se pelo processo de erosão que ocorrem no solo principalmente pela ação da água e do vento. O transporte dos sedimentos do solo até o rio é realizado de diversas formas, e a deposição dos mesmos acontece quando ocorre a diminuição da capacidade de transporte do agente.

Os problemas causados pelos sedimentos em rios dependem, principalmente, da natureza e da quantidade dos sedimentos, fatores que estão diretamente relacionados aos processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos.

O conhecimento da quantidade e da qualidade dos sedimentos ao longo dos rios é importante para que se possa avaliar as consequências que os mesmos podem causar ao homem e ao meio ambiente.

O Rio Urussanga inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Urussanga (BHRU), tem seu limite compreendido na região sul de Santa Catarina abrangendo os municípios de Urussanga, Cocal do Sul e Morro da Fumaça, e em parte os municípios de Criciúma, Içara, Sangão, Jaguaruna, Pedras Grandes e Treze de Maio. Trata-se de uma Bacia com 580 km<sup>2</sup>, onde são desenvolvidas atividades agropecuárias (criação de gado, rizicultura, etc) e mineração (extração de carvão, fluorita, areia e argila).

Como todo rio, o Urussanga transporta grandes quantidades de sedimentos, principalmente em épocas de chuvas, causando transtornos a população e a economia local devido às cheias.

Para determinação das propriedades granulométricas, químicas, mineralógicas e morfoscópica dos sedimentos em rios é necessário realizar-se a sua coleta seguida de análises laboratoriais. Essas análises podem ser realizadas por peneiramento, pipetagem, densímetro, difração de raios X, fluorescência de RX e Varredura com Microscópio Eletrônico.

No presente trabalho procurou-se identificar as características granulométricas, químicas, mineralógicas e morfoscópicas dos sedimentos do rio Urussanga, bem como descrever a geologia da bacia do Rio Urussanga e amostragem dos sedimentos de sua nascente até a foz.

Ensaio de granulometria, difração de raios X, fluorescência de raios X e observação ao microscópio eletrônico de varredura foram realizados para determinação das principais características dos sedimentos.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Efetuar estudo do sedimento do Rio Urussanga para identificar as características granulométricas, químicas, mineralógicas e morfoscópicas.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Descrever a geologia da bacia do Rio Urussanga;
- Amostrar os sedimentos ao longo do canal do Rio Urussanga;
- Caracterizar a morfoscopia, granulometria e, composição química e mineralógica dos sedimentos.
- Subsidiar medidas de controle ambiental e ações de controle ambiental e prevenção a partir da caracterização dos sedimentos do Rio Urussanga.

### 3 JUSTIFICATIVA

O arraste de sedimentos e o lançamento de lixo no leito dos rios tem provocado acúmulo nos rios, impedindo o fluxo livre das águas e provocando enchentes. O acúmulo de sedimentos nos leitos dos rios de forma natural com a contribuição antrópica, acelera o fenômeno chamado assoreamento.

Os sedimentos podem ser fonte de poluição através da agregação de metais pesados, pesticidas, entre outros contaminantes e, a sua caracterização permite identificar a presença de contaminantes nocivos ao homem e ao meio ambiente.

O projeto de desassoreamento do Rio Urussanga apresenta proposta para limpeza e retirada dos sedimentos presentes no rio, minimizando os riscos de inundação durante o período de chuvas que ocorrem na região.

Nesta pesquisa procurou-se identificar e caracterizar granulométrica, química, mineralógica e morfoscopicamente os sedimentos presentes no Rio Urussanga com o intuito de propor ações corretas para sua dragagem e disposição.



## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 ORIGEM DAS PARTÍCULAS SEDIMENTARES

Segundo Mendes (1984, p. 07), “originam-se, os sedimentos, pela maior parte, do intemperismo de rochas de vários tipos”.

Para Rocha, Rosa e Cardoso (2009, p. 28):

Os sedimentos consistem em partículas com diferentes tamanhos, formas e composição química, as quais foram transportadas pela água, ar ou gelo do ambiente terrestre de origem e depositadas no fundo de lagos, rios e oceanos.

“Os minerais leves (*light minerals*) e os minerais pesados (*heavy minerals*) são úteis na investigação da procedência dos sedimentos, sobretudo os pesados”. (MENDES, 1984, p. 10).

Conforme Laporte (1969, p. 21), “os sedimentos se formam dentro ou fora da área onde há deposição final”.

### 4.2 EROSÃO

Segundo Suguio (2003), a erosão é um fenômeno natural, onde a superfície terrestre é desgastada e afeiçãoada por processos físicos, químicos e biológicos, que modelam a paisagem.

Para Carvalho (2008), a erosão é o processo no qual ocorre a separação e remoção da partícula da rocha e do solo pela ação da água, do vento ou por outro efeito, sendo que diversos fenômenos têm ação preponderante nesse processo.

#### 4.2.1 Tipos de erosão

Para Carvalho (2008, p. 39), “a erosão pode se processar segundo quatro grandes tipos: erosão eólica, erosão hídrica superficial, a de remoção em massa e a erosão fluvial”.

##### 4.2.1.1 Erosão eólica

A erosão eólica, ou erosão provocada pelo vento, ocorre quando o terreno está muito seco e as partículas do solo perderam sua coesão. Essa erosão

depende, ainda, das condições da superfície do terreno, tamanho e estabilidade das partículas, rugosidade da superfície, velocidade e turbulência do vento ou outro fator de influência (LECARPENTIER et al, 1977 apud CARVALHO 2008).

#### 4.2.1.2 Erosão fluvial

A erosão fluvial que ocorre nos curso de água se processa através de escavações locais ou geralmente como erosão de leito e erosão de margem. A erosão fluvial é aquela que se processa de modo contínuo e espontâneo pela ação das correntes dos rios. É de grande interesse na morfologia fluvial podendo explicar a formação dos rios e da rede hidrográfica. É responsável pelo aprofundamento e alargamento do leito dos rios (CARVALHO, 2008).

#### 4.2.1.3 Erosão hídrica superficial

A erosão hídrica superficial pode se processar em forma de erosão pluvial, erosão por escoamento difuso, erosão por escoamento difuso intenso, erosão laminar e erosão por escoamento concentrado, erosão linear (CARVALHO, 2008).

#### 4.2.1.4 Erosão por remoção em massa

O tipo de erosão por remoção em massa corresponde a movimentos de uma quantidade substancial de materiais das formações superficiais e de rochas sob a influência combinada da gravidade e de saturação de água (CARVALHO, 2008).

### 4.3 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

Segundo Carvalho (2008, p. 05), o deslocamento e o transporte do sedimento “dependem da forma, tamanho, peso da partícula e das forças exercidas pela ação de escoamento”.

São conhecidos vários tipos de transporte de sedimentos conforme os agentes envolvidos que atuam na erosão. Sendo assim podem ser reconhecidos entre os principais, os transportes de sedimentos por águas pluviais, fluviais, e

correntes costeiras (ou litorâneas), ventos, geleiras e movimentos de massa (SUGUIO, 2003).

A definição mais usada é a seguinte (SUBCOMMITTEE, 1965 apud CARVALHO, 2008):

- Carga sólida de arrasto: são as partículas de sedimento que rolam ou escorregam longitudinalmente no curso de água. As partículas estão em contato com o leito praticamente todo o tempo.
- Carga sólida saltante: são as partículas que pulam ao longo do curso de água por efeito da correnteza ou devido ao impacto de outras partículas. O impulso inicial que arremessa uma partícula na correnteza pode ser devido ao impacto de uma na outra, o rolamento de uma por cima da outra ou fluxo de água sobre a superfície curva de uma partícula, criando assim uma pressão negativa.
- Carga sólida em suspensão: são as partículas que estão suportadas pelas componentes verticais das velocidades do fluxo turbulento, enquanto estão sendo transportadas pelas componentes horizontais dessas velocidades, sendo pequenas suficientemente para permanecerem em suspensão, subindo e descendo na corrente acima do leito. O movimento da partícula em suspensão é mais complexo do que a do leito.

Segundo Carvalho (2008, p. 74), “as chuvas que desagregam os solos e as enxurradas que transportam para os cursos de água são os maiores responsáveis pelo transporte dos sedimentos”.

Para Mendes (1984), em ambientes de sedimentação fluvial as partículas de silte e argila são transportadas em suspensão, movendo-se com maior rapidez em relação às partículas de areia do fundo.

#### 4.4 DEPOSIÇÃO DOS SEDIMENTOS

Segundo Suguio (1998, p. 691), sedimentação é a deposição de partículas minerais ou orgânicas em meio subaquoso ou subaéreo sob condições físico-químicas normais, isto é, próximas as da superfície terrestre.

O depósito pode ser de curto tempo, como as praias ou barras de rios, ou permanente (CARVALHO, 2008, p. 4).

## 4.5 PROBLEMAS GERADOS PELOS SEDIMENTOS

A erosão se constitui no início de todos os problemas derivados do sedimento no meio ambiente. Além de gerar sedimento, também pode causar sérios danos nas terras agrícolas pela perda gradual da fertilidade dos solos. Os sedimentos erodidos desses locais vão formar depósitos indesejáveis em outras posições. Podem também formar depósitos por aumento de novas terras produtivas (CARVALHO, 2008).

### 4.5.1 Problemas devidos à erosão

A erosão é o processo inicial da sedimentação. De forma resumida, pode-se relatar o seguinte (CARVALHO, 2008):

- A erosão nas cabeceiras dos rios provoca a destruição das nascentes.
- Aumenta o risco de desertificação.
- Em zonas agrícolas, promove a remoção da camada fértil, com o empobrecimento do solo.
- O desprendimento e escorregamento de terras e taludes podem provocar danos gerais, incluindo mortes e às vezes, a destruição de obras.
- Alteração as condições de escoamento da água na superfície e na calha dos rios.
- Desbarrancamentos em rios modificam a calha e provocam depósito no leito.
- Trabalhos de mineração em cursos de água prejudicam sobremaneira a calha do rio, provocando a degradação local e a jusante.
- A erosão nas terras devido a enxurradas produz sulcos em locais indesejáveis.
- A erosão em torno de estruturas pode provocar danos indesejáveis.

### 4.5.2 Problemas devidos ao transporte de sedimento

O sedimento é transportado pelo curso de água tanto em suspensão quanto no leito, com partícula que rolam ou deslizam, ou mesmo em trocas, com

partículas que saltam e voltam ao leito. De forma resumida listam-se os seguintes problemas (CARVALHO, 2008):

- As partículas em suspensão degradam o uso consumptivo da água, aumentando o custo do tratamento.
- O sedimento degrada a água especificamente para abastecimento, recreação, consumo industrial, resfriamento, em hidrelétricas e vida aquática.
- O aumento da turbidez na água reduz a qualidade estética do curso de água.
- O sedimento em suspensão impede a penetração da luz e do calor, reduzindo a atividade da fotossíntese necessária à salubridade dos corpos de água.
- Quando aumenta o sedimento fino em suspensão, diminui a população de peixes nos rios, sobrevivendo somente aqueles de espécies resistentes.
- O sedimento atua como portador de outros poluentes, tais como nutrientes químicos, inseticidas, herbicidas e metais pesados.
- Atua como portador de bactérias e vírus.
- A carga sólida provoca perturbação na forma do canal.
- O sedimento no leito dos rios, mesmo ainda em movimento, mas com redução das profundidades, pode prejudicar a navegação ou elevar o nível de água, provocando enchentes locais mais frequentes.
- Colisão de areia em suspensão produz abrasão em turbinas e máquinas diversas e comportas, quando as partículas se movem em alta velocidade, produzindo a redução de eficiência ou inutilizando peças.
- Durante enchentes, as pedras e seixos rolados danificam encontros e pilares de ponte, suporte de fundações de cais e canais pavimentados.
- Enchentes torrenciais deslocam matacões e pedras que prejudicam, por colisão, obras hidráulicas, árvores, cercas, linhas telefônicas, edifícios e outros objetos em sua passagem.

#### **4.5.3 Problemas devidos ao depósito de sedimento**

O depósito de sedimento pode ocorrer tanto próximo ao local de erosão quanto distante. Esses depósitos podem ser em locais planos, em canais, planície de inundação, reservatórios, deltas estuários ou no oceano. O sedimento pode

causar danos, dependendo da quantidade, qualidade e local de deposição. De forma resumida, podem-se citar os seguintes problemas ou danos (CARVALHO, 2008):

- O depósito em reservatórios pode provocar o seu assoreamento, reduzindo o volume de água, a regularização do curso de água e a vida útil do lago.
- Pode assorear obras de arte, tomadas de água e outras estruturas fluviais; pode assorear as calhas dos rios prejudicando a navegação pela redução da profundidade, ou aumentar os riscos de enchente pela redução de capacidade do canal.
- Riachos assoreados prejudicam os animais, incluindo o gado que vai beber água, terminando por ingerir sedimento, prejudicando a saúde.
- Em cursos de água assoreados, a água em nível mais elevado provoca erosão de margens.
- Materiais danosos depositados em terras de fazendas, no pé dos declives ou em terraços férteis podem reduzir a fertilidade dos solos se a cobertura de sedimentos não contiver nutrientes, algumas vezes soterrando valiosos cultivos.
- O sedimento depositado em algumas áreas reduz a drenagem superficial.
- Sedimentos depositados em canais de irrigação e de drenagem, em canais de navegação e de escoamento de enchentes, em reservatórios e portos, em ruas, estradas e edificações não somente criam transtornos, mas também impõem altos custos públicos de serviços de manutenção (VANONI, 1977 apud CARVALHO, 2008).
- Quando o sedimento se deposita em áreas produtivas, diminui ou paralisa, temporariamente ou permanentemente, o crescimento de plantas.
- O sedimento fino, depositado na forma de lama, em portos, áreas de recreação, locais de pescadores ou outros locais onde pode haver uma concentração e uso do curso de água, lago ou reservatório, por pessoas, afasta os usuários devido à aversão à lama; o depósito no leito, sem nutrientes, afasta peixes e microorganismos.
- O sedimento, em ocasião de enchentes, pode cobrir rodovias, danificar seriamente propriedades, áreas urbanas, ruas, gramados e jardins.
- Os diques naturais que se formam pouco a pouco nas margens dos rios costumam apresentar um depósito de material fino na sua base, tirando a

permeabilidade do solo e favorecendo a formação de área encharcada na zona de várzea, tanto devido ao dique quanto à impermeabilidade (SUBCOMMITTEE ON SEDIMENTATION, 1963 apud CARVALHO, 2008).

- O sedimento que se deposita em canais é constituído de material fino, permitindo o crescimento de vegetação, prejudicando o escoamento.
- O sedimento que se deposita em canais de irrigação cria sérios problemas devido à elevação do nível de água, redução do volume de água e danos às plantações; a obstrução de desvios e escoadouros com sedimento também reduz a quantidade de água disponível (VANONI, 1977 apud CARVALHO, 2008).
- Inundação com sedimento grosso em áreas irrigadas reduz a fertilidade dos solos, enquanto o sedimento coloidal reduz a permeabilidade, sendo que os dois casos reduzem a fertilidade das terras irrigadas.
- O assoreamento de lagos dificulta ou impede totalmente o pouso de hidroaviões.

#### **4.5.4 Benefícios trazidos pelos sedimentos**

Na fase de erosão, o homem atua diretamente removendo o sedimento para uso da área ou do próprio sedimento. O homem transforma os sedimentos que remove em outros materiais de uso benéfico, como é o caso da obtenção da cal, cimento, ferro, ouro e todo o trabalho mineiro ou mineração. Também a preparação de tijolos, telhas e artefatos de barros. Podem-se citar outros benefícios derivados do sedimento. Resumidamente tem-se (CARVALHO, 2008):

- O sedimento em suspensão reduz a ação erosiva da água no escoamento de rios.
- Atua como um redutor de outros poluentes, melhorando dessa forma a purificação da água.
- Permite que seja um meio no qual as reações químicas possam ocorrer.
- Permite que seja um meio condutor de microorganismos ou matéria orgânica diversa que melhora a fauna fluvial.

- Os depósitos formados nos campos podem constituir camada superior de solo, devido à deposição em ocasião de enchentes, sendo benéficos se a camada depositada tiver nutrientes.
- Sedimentos com matéria fértil natural podem ser recuperados e colocados para uso benéfico em jardins, canteiros outras pequenas áreas de plantação.
- Sedimentos de granulometria adequada, incluindo pedras e matacões, são usados em construção; argilas são usadas como impermeabilizantes; areias, como filtros; pedregulhos, em massas de concreto; e pedras, como enrocamento na construção de barragens; silte, areia e pedregulho são usados no concreto e argamassas para construção em geral; pedra e matacão são usados em fundações e muros de arrimo; pedregulho e pedra são usados em concreto ciclópico.
- Sedimentos são usados em aterros de áreas alagadas ou terrenos baixos, para uso adequado.

#### **4.5.5 Efeitos dos sedimentos sobre o meio ambiente**

De acordo com Araújo et al (2010), os sedimentos em suspensão representam a maior parte da carga poluente nas águas superficiais. Os sedimentos causam impactos, a curto e longo prazo, nas águas superficiais.

Para Carvalho (2008), os aspectos que perturbam o meio ambiente devem ser enfatizados, como segue:

- Os sólidos em suspensão afetam desfavoravelmente os peixes, pois:  
Atuam diretamente sobre os mesmos provocando a redução de sua taxa de crescimento e resistência às moléstias, bem como causando sua mortalidade;
- Impedem o desenvolvimento de ovos e larvas;
- Modificam os movimentos migratórios naturais;
- Reduzem a abundância de alimento disponível;
- Diminuem a fauna íctica.
- Os materiais suspensos aumentam a turbidez, reduzindo a penetração da luz na água, diminuindo a profundidade da zona fotossintética e prejudicando, a cadeia primária e os alimentos para os peixes; adicionalmente, a superfície da água



é aquecida devido à maior absorção de calor pelo material particulado, impedindo uma mistura vertical; tal redução da mistura decresce a dispersão de oxigênio dissolvido e de nutrientes em regiões mais profundas da água.

- O sedimento é um poluente.
- Diminui ou paralisa, temporariamente, o crescimento das plantas quando se deposita em terras produtivas, devido à obstrução dos poros ou vazios do solo.
- Altera ou destrói a vida aquática.
- O aumento da turbidez na água reduz a qualidade estética do curso da água.
- Degrada o uso consumptivo da água.
- Atua como portador de outros poluentes, tais como nutrientes químicos, inseticidas, herbicidas e metais pesados.
- Atua como portador de bactérias e vírus.
- A formação de delta no reservatório, ou mesmo os depósitos marginais ao lago, permite condições propícias de formação de brejos e vegetação típica que provocam a facilidade de aparecimento de mosquitos e fatores insalubres à saúde humana.
- Substâncias químicas e resíduos são assimilados por fora e no interior do sedimento; trocas de íons ocorrem entre soluções e o sedimento (VANONI, 1977 apud CARVALHO, 2008).
- O sedimento é o suporte armazenador de resíduos pesticidas, fósforo adsorvente, nitrogênio e outros componentes orgânicos, bactérias e vírus.
- Profundidades alcançadas por depósitos de sedimentos, menores que 2 a 2,5 m, favorecem o crescimento de plantas aquáticas; esse fato resulta na destruição de áreas de desovas de certas espécies de peixes, bem como de áreas de pescas, sendo que a operação de barcos em tais áreas se torna difícil (VANONI, 1977 apud CARVALHO, 2008); propriedades marginais aos lagos e reservatórios têm seu valor depreciado em posições com vegetação desse tipo.
- Correntes de densidade em reservatórios afetam a temperatura e a qualidade da água, podendo prejudicar a vida do peixe.

- Como efeitos benéficos do sedimento ao meio ambiente, podemos citar:
  - Permite um meio no qual as reações químicas podem ocorrer em condições favoráveis.
  - Permite ser um meio condutor de microorganismos ou matéria orgânica diversa que melhora a fauna fluvial e marinha.
  - Atua como um redutor de outros poluentes, melhorando dessa forma a purificação da água.
  - Forma uma camada fértil na parte superior do solo nos campos, várzeas ou áreas de inundação, devido à deposição em ocasião de enchentes, se a camada depositada contém nutrientes.

## 4.6 PROPRIEDADES DOS SEDIMENTOS

### 4.6.1 Propriedades físicas

De acordo com Suguio (1980), o tamanho, forma e arranjo espacial dos componentes mineralógicos constituem algumas das propriedades físicas texturais mais importantes relacionadas às microgeometria da rocha.

#### 4.6.1.1 Granulometria

Segundo Suguio (1980), o tamanho das partículas de rochas sedimentares detríticas constitui uma propriedade textural fundamental, que é utilizada na subdivisão básica dos sedimentos clásticos em conglomerados, arenitos e folhelhos.

#### 4.6.1.2 Morfoscopia

O estudo da morfoscopia analisa o tamanho, a forma e a textura das partículas, além de indicar a origem, o modo de transporte e as condições de deposição dos sedimentos (BREWER, 1976; SCHAETZL, 1996 apud SILVA et al 2002).

#### 4.6.1.2.1 Principais tipos de grãos

Para Cailleux (1942 apud DIAS, 2004), como o transporte sedimentar se efetua fundamentalmente por dois agentes, o vento e a água, os tipos básicos morfoscópicos são os grãos NU, que não foram ainda sujeitos a transporte durante tempo suficiente para adquirirem marcas e rolamento significativos; grãos EL, que foram sujeitos a intenso transporte em meio aquoso; e grãos RM, que foram sujeitos a intenso transporte eólico.

##### 4.6.1.2.1.1 Grãos NU (“Non-Usés”) (Não Desgastados, angulosos)

São grãos de contornos angulosos e frequentemente com arestas cortantes, As faces são côncavas e convexas, resultantes da fratura conchoidal característica do quartzo. O brilho é gorduroso, com frequência são hialinos. Têm normalmente origem direta na desagregação mecânica ou química das rochas. Correspondem a grãos introduzidos recentemente no ciclo sedimentar, em que o transporte e consequentes choques com outras partículas não tiveram ainda tempo de arredondar e marcar as superfícies (CAILLEUX, 1942 apud DIAS, 2004).

##### 4.6.1.2.1.2 Grãos EL (“Emoussés-Luisants”) (Boleados Brilhantes)

São grãos de forma variada, mas sempre de contornos mais ou menos arredondados. O transporte em meio hídrico provoca choques entre partículas relativamente pouco violentos (devido à viscosidade da água), conduzindo a um polimento muito suave da superfície, o que dá aos grãos um aspecto brilhante. Predominam as formas convexas, pois que os choques entre partículas apenas conduzem, em geral, ao fraturamento e consequente remoção das partes mais salientes, incrementando o estado de rolamento. Testemunham intensos (e/ou longo) transportes em meio hídrico (CAILLEUX, 1942 apud DIAS, 2004).

##### 4.6.1.2.1.3 Grãos RM (“Ronds-Mats”) (Arredondados Embaçados)

O contorno é geralmente mais arredondado do que os grãos EL. A superfície está uniformemente despolida, dando-lhe um aspecto baço. Tal é devido

ao fato de toda superfície estar afetada por marcas de choques violentos. Efetivamente o transporte eólico proporciona freqüentes choques violentos entre grãos, devido à baixa viscosidade do ar, o que provoca a liberação de lascas microscópicas ou a abertura de fendas, ficando a superfície com aspecto picotado, muito irregular, o que inibe uma reflexão perfeita da luz, e confere aos grãos um aspecto embaçado característico. Testemunham intenso (e/ou longo) transporte eólico (CAILLEUX, 1942 apud DIAS, 2004).

#### 4.6.1.3 Morfometria

A morfometria compreende o estudo da forma (esfericidade) e arredondamento das partículas sedimentares detríticas, propriedades que têm sido usadas para tentar decifrar os ambientes de sedimentação. Esses parâmetros dependem do meio de transporte e do modo de transporte. Entretanto um fator importante de controle é a composição, além da estrutura interna e forma original. Uma rocha bem estratificada ou com xistosidade bem desenvolvida tende a produzir fragmentos tabulares ou alongados enquanto rochas homogêneas tendem a produzir partículas mais esféricas. Os seixos provenientes de rochas xistosas e ardósias tenderão a ter uma forma original tabular ou laminar enquanto os de quartzo de veio e de sílex tenderão a ter formas mais esféricas. Mas alguns agentes geológicos, além do gelo e do vento, podem modificar essas formas (SUGUIO, 1980).

#### 4.6.2 Propriedades mineralógicas

Para Suguio (1980), em rochas ígneas, muitos tipos de minerais constituem o arcabouço das rochas. Em rochas sedimentares, porém, apenas alguns minerais são importantes na composição da maioria das rochas. Além disso, cada um dos minerais em sedimentos pode apresentar-se em grande número de variedades. Desse modo, por exemplo, o mineral calcita ( $\text{CaCO}_3$ ) pode aparecer como oólitos, seixos transportados, fósseis, pelotas, vasa micocristalina, várias gerações de cimento de preenchimento de interstícios intergranulares de arenitos, vênulas, etc. A composição mineralógica é uma propriedade importante nos

sedimentos e, juntamente com as características texturais e de estruturas sedimentares, define as propriedades dos agregados minerais.

A lista abaixo, elaborada por Folk (1968 apud Suguio, 1980), dá uma idéia da frequência relativa dos minerais mais comuns nas rochas sedimentares:

a) Minerais terrígenos – Esses minerais são derivados por intemperismo e erosão de rochas matrizes (ígneas, metamórficas ou sedimentares), seguido de transportes e compreendem de 60% a 80% das colunas estratigráficas. Seus principais representantes são:

- Quartzo (de 35% a 50% de frequência relativa) – Este é um dos minerais mais estáveis e de maior abundância na crosta terrestre.
- Minerais de argila (de 25% a 35%) – Filossilicatos derivados do intemperismo de outros silicatos de origem primária das rochas ígneas, principalmente feldspatos. Os principais tipos de minerais de argila compreendem os grupos de montmorillonita, illita, caulinita e clorita. Existem os minerais de argila formados por processos hidrotermais.
- Fragmentos de rochas metamórficas (de 5% a 15%) – Compõem-se de partículas detríticas de ardósia, filito, quartzito fino, etc. Não são minerais restritos e podem apresentar-se como fragmentos uni ou pluriminerálicos.
- Feldspatos (de 5% a 15%) – Os feldspatos compreendem dois grupos principais (potássicos e plagioclásios), sendo o primeiro muito mais abundante que o segundo nas rochas sedimentares.
- Sílex (de 1% a 4%) – É formado por  $\text{SiO}_2$  na forma cripto ou microcristalina, resultando principalmente do retrabalhamento de partes silicificadas (nódulo e camadas de substituição de  $\text{CaCO}_3$  por  $\text{SiO}_2$ ) de antigos calcários.
- Mica grossa (de 0,1% a 0,4%) – A muscovita é a mais abundante. Por ser resistente ao intemperismo, podendo alguma biota ou clorita com diferentes graus de alteração.
- Carbonatos (de 0,2% a 1%) – Os carbonatos mais comuns entre as rochas sedimentares são os calcários e os dolomitos. Frequentemente, os fragmentos carbonáticos das rochas sedimentares são originários do retrabalhamento de calcários antigos.

- Minerais acessórios pesados (de 0,1% a 1%) - Correspondem aos minerais acessórios de rochas ígneas, metamórficas e de rochas sedimentares mais antigas. Podem ser encontrados vários tipos de minerais pesados: opacos (magnetita, ilmenita, hematita, etc.), ultra-estáveis (zircão, turmalina e rutilo) e menos estáveis (granada, apatita, cianita, etc.).

b) Minerais químicos e autigênicos – Esses minerais são formados pela precipitação a partir de soluções dentro de uma bacia de deposição ou formados durante a fase de diagênese dos sedimentos. Eles abrangem cerca de 20% a 40 % das colunas estratigráficas. Seus principais representantes são:

- Carbonatos (de 70% a 85%) – Dos carbonatos, o mais comum nos registros sedimentares é a calcita (2/3 a 3/4), seguida pela dolomita (1/3 a 1/4), e menores quantidades de aragonita, siderita e ankerita.

- Sílica (de 10% a 15%) – Ocorre principalmente nas formas de quartzo e Sílex, e menos frequentemente como opala.

- Sulfatos e outros sais (de 2% a 7%) – Os sulfatos mais comuns são a gipsita e a anidrita, mas os sais mais comuns no registro geológico são os depósitos de halita, podendo ocorrer menores quantidades de silvita, carnalita, barita, etc.

- Minerais autigênicos (de 2% a 7%) – São grupos de minerais formados durante a sedimentação ou fase de diagênese precoce, podendo então indicar as condições físico-químicas dos ambientes de sedimentação.

#### 4.7 AMOSTRAGEM DE SEDIMENTOS

“Uma amostra é parte de conjunto (população = conjunto de indivíduos) que apresenta as propriedades do conjunto”. (SUGUIO, 1973, p. 15).

Segundo a Resolução CONAMA Nº 344/04, a coleta de amostras de sedimentos consiste em caracterizar a seção horizontal e vertical da área de dragagem, a partir da coleta de amostras de sedimentos que representam os materiais a serem dragados.

Para Carvalho (2008, p. 146):

Os métodos de amostragem do sedimento do leito dependem fundamentalmente da granulometria, podendo ser classificado em amostragem de finos a cascalhos ou pedregulhos médio (8 mm de diâmetro) e material maior que pedregulho médio. Os métodos de amostragem para o material grosso do leito, maior que 8 mm, exigem

técnicas especiais, incluindo contagem de pedras ou seixos. Este método é limitado para rios rasos, onde passa a vau, e quantidades de pedras de 100 a 200 a serem contadas.

A tabela 1 mostra o número mínimo de amostra para a caracterização de sedimento.

**Tabela 1:** Número mínimo de amostras para caracterização de sedimento.

<b>Volume a ser Dragado (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Número de amostras</b>
Até 25.000	3
Entre 25.000 e 100.000	4 a 6
Entre 100.000 e 500.000	7 a 15
Entre 500.000 e 2.000.000	16 a 30
Acima de 2.000.000	10 extras por 1 milhão de m <sup>3</sup>

Fonte: Resolução CONAMA N° 344/04 (<http://www.ecotox.com.br/upload/legislacao/pdf2.pdf>)

#### 4.7.1 Finalidades da amostragem

Segundo Suguio (1973, p. 16), a finalidade das amostras, que são coletadas durante o trabalho de campo, permite diferenciá-las em vários tipos:

a) Amostra de referência – Em material inconsolidado, uma amostra de referência pode consistir simplesmente de um pequeno frasco do material (areia, silte ou argila). A coleta de tais amostras não oferece dificuldades a não ser quando se deseja preservar as estruturas, tais como, o acamamento e orientações de seixos, etc. Quando se deseja conservar essas estruturas, elas devem ser coletadas sem perturbação, com cuidados especiais, executando-se previamente uma aplicação de algum tipo de plástico.

Se a rocha for dura a amostra referência poderá ser constituída de um fragmento da mesma. O tamanho deste fragmento poderia ser de um bloco com 7 x 10 cm de área a 3 cm de espessura.

b) Amostra de análises para fins econômicos – as amostras de sedimentos coletadas para fins econômicos apresentam alguns problemas peculiares, mas, em geral, os métodos de amostragem ou processos similares aos usados para estudo científico detalhado de laboratório podem ser usados.

A análise para fins econômicos pode ser feita com diversas finalidades, tais como, para determinação do conteúdo de CaO e MgO do calcário para fabricação de cimento; granulometria e constituição mineralógica de cascalhos, como material de construção; e análise de teor de SiO<sub>2</sub> em areias, para fabricação de vidro ou para fundentes, etc.

c) Amostra para estudo detalhado no laboratório – Uma escolha adequada de amostras, necessária em qualquer estudo detalhado de sedimentos, deve levar em consideração muitos elementos para que os resultados finais não sejam empobrecidos pela coleta feita sem visão do propósito do estudo. Os sedimentos podem variar em termos de tamanho de suas partículas, grau de seleção, estratificação, grau de compactação, grau de alteração, etc. Em qualquer formação, sempre se deve levar em conta as variações tanto verticais quanto horizontais, presença ou ausência de estratificação, mudanças de espessura das camadas de sedimentos, mudanças de forma dos corpos litológicos, tamanho e arranjo das partículas devem ser observados e anotados.

## 4.7.2 Métodos de amostragem de sedimentos

Quando se pretende conhecer o histórico de um sedimento é importante realizar a coleta de suas várias camadas. Assim, dependendo dos objetivos, podem ser utilizadas várias técnicas como manual (cilindro ou cores), guincho, coletas de testemunhos (curtos, médios e longos) ou dragas (ROCHA et al, 2009).

### 4.7.2.1 Amostragem de sedimento em suspensão

As amostragens de sedimento em suspensão podem ser feitas por diversos métodos considerados aceitáveis, como instantânea ou por integração, depende do tipo de equipamento disponível. De forma geral a amostragem pode ser feita pelo método pontual ou por integração na vertical. A pontual é usada em medições diretas e indiretas, enquanto a integração é usual só em medições indiretas (CARVALHO, 2008).

A amostragem pontual instantânea é aquela quando a admissão da amostra no recipiente é feita instantaneamente ou em pouquíssimos segundos. A amostragem pontual por integração é aquela quando a admissão é feita em maior tempo, mais que 10 segundos (CARVALHO, 2008).

### 4.7.2.2 Amostragem de sedimento do leito

Segundo Ringer (1978 apud CARVALHO, 2008, p. 178), os métodos de amostragem podem ser classificados em:

- a) Amostragem de material mais fino que pedregulho, menor que 8 mm de diâmetro médio.
- b) Amostragem de material o qual 90% ou mais é maior que a areia grossa, isto é, maior que 8 mm de diâmetro médio.

As amostras de material do leito, como areias ou partículas mais finas, são coletadas em posições da seção transversal para garantir a determinação da granulometria do sedimento que está sujeito a movimento e disponível para transporte pela corrente. A amostragem fica dependente da granulometria, da profundidade e da velocidade. Estes critérios são fundamentais para escolha adequada do equipamento. (CARVALHO, 2008).



Materiais de fundo mais grosso que 8 mm, tais como seixos rolados, pedregulhos e pedras, são de extrema dificuldade para amostrar por ser de difícil penetração e a necessidade de coletar grande quantidade para amostragem adequada. Para isso há necessidade de equipamentos ou métodos apropriados. Materiais dessa natureza são também de difícil análise. A amostragem é feita, manualmente na maioria das vezes, sendo então usadas somente amostragens em rios rasos, quando permite passagem a vau (CARVALHO, 2008).

#### 4.8 CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS DE ACORDO COM A GRANULOMETRIA

“O termo granulometria significa, literalmente, medida de tamanho dos grãos. Certos materiais, minerais ou não, apresentam-se natural ou artificialmente sob a forma de partículas ou grãos”. (SUGUIO, 1973, p. 38).

Segundo Popp (1987), os tamanhos dos diâmetros das partículas sedimentares são medidos diretamente, no caso dos seixos, ou através de peneiras para as areias, ou ainda pela velocidade de decantação, no caso dos siltes e argilas.

A tabela 2 mostra a classificação granulométrica dos sedimentos, tendo como referência a escala granulométrica de Wentworth, 1922.

**Tabela 2:** Classificação granulométrica segundo Resolução CONAMA Nº 344/04.

<b>Classificação</b>	<b>Phi (<math>\Phi</math>)</b>	<b>(mm)</b>
Areia muito grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia muito fina	3 a 4	0,125 a 0,062
Silte	4 a 8	0,062 a 0,00394
Argila	8 a 12	0,00394 a 0,0002

Fonte: Resolução CONAMA Nº 344/04 (<http://www.ecotox.com.br/upload/legislacao/pdf2.pdf>)

A tabela 3 mostra a classificação simplificada ABNT, obtida da norma NBR Nº 6.502, de Setembro de 1995.

**Tabela 3:** Classificação granulométrica segundo a ABNT.

<b>Diâmetros (mm)</b>	<b>Denominações</b>
200,0 – 1000,0	Matacão
60,0 – 200,0	Pedra de mão
20,0 – 60,0	Pedregulho grosso
6,0 – 20,0	Pedregulho médio
6,0 – 2,0	Pedregulho fino
2,0 – 0,60	Areia grossa
0,60 – 0,20	Areia média
0,20 – 0,06	Areia fina
0,06 – 0,002	Silte
< 0,002	Argila

Fonte: Carvalho (2008).

A tabela 4 mostra a classificação granulométrica da American Geophysical Union.

**Tabela 4:** Classificação granulométrica da American Geophysical Union.

<b>Diâmetro (mm)</b>	<b>Denominações</b>
62 – 32	Cascalho muito grosso
32 – 16	Cascalho grosso
16 – 8	Cascalho médio
8 – 4	Cascalho fino
4 – 2	Cascalho muito fino
2,00 – 1,00	Areia muito grossa
1,00 – 0,50	Areia grossa
0,50 – 0,25	Areia média
0,25 – 0,125	Areia fina
0,125 – 0,0625	Areia muito fina
0,0625 – 0,031	Silte grosso
0,031 – 0,016	Silte médio
0,016 – 0,008	Silte fino
0,008 – 0,004	Silte muito fino
0,004 – 0,0020	Argila grossa
0,0020 – 0,0010	Argila média
0,0010 – 0,0005	Argila fina
0,0005 – 0,00024	Argila muito fina

Fonte: Carvalho (2008).

#### 4.9 MÉTODOS DE ANÁLISES DE SEDIMENTOS

“As análises mais usuais são as de concentração de sedimentos e de granulometria”. (CARVALHO, 2008, p. 196).

A figura 1 mostra os métodos usados para as análises de concentração de sedimentos e de granulometria.

Figura 1: Métodos usados para as análises.

SEDIMENTO EM SUSPENSÃO	Análise de concentração	Filtração Evaporação Tubo de remoção pela base
	Análise granulométrica	Tubo de remoção pela base Pipetagem Densímetro
MATERIAL DO LEITO	Análise granulométrica	Peneiramento Densímetro Pipetagem Tubo de acumulação visual Tubo de remoção pela base

Fonte: DNAEE (1970 apud CARVALHO, 2008).

#### 4.9.1 Análise granulométrica de sedimentos

Segundo Suguio (1973, p.38), a análise, que permite estabelecer uma expressão quantitativa da distribuição granulométrica, é conhecida como análise granulométrica ou análise mecânica.

##### 4.9.1.1 Finalidades das análises granulométricas

As finalidades das análises granulométricas variam de acordo com o campo de atividades em que elas estão sendo empregadas. Sendo assim, podem ser consideradas as seguintes aplicações (SUGUIO, 1973):

1) Em geologia acadêmica permite:

- Caracterizar e classificar os sedimentos com mínimo de subjetividade.
- Correlacionar sedimentos de áreas diferentes por meio de tratamentos estatísticos adequados.
- Dar idéias relativas aproximadas sobre os diferentes valores de permeabilidade e porosidade dos sedimentos.
- Inferir idéias relativas à gênese dos sedimentos, no que diz respeito ao modo de transporte e deposição nos casos de sedimentos clásticos (detríticos).
- Preparar os sedimentos para outros tipos de estudos, tais como minerais pesados, textura superficial dos grãos, estudo de argilo – minerais, etc.

2) Em geologia aplicada à engenharia civil permite:

- Caracterizar e classificar os tipos de solo, eventualmente permitindo prever certos comportamentos frente às esforços solicitados.

- Correlacionar os tipos de solo.

3) Em pedologia permite:

- Caracterizar e classificar os tipos de solo, eventualmente permitindo prever certos comportamentos frente aos problemas ligados à agronomia.

- Correlacionar os tipos de solo.

4) Na indústria permite:

- Dimensionar a granulometria necessária de materiais, que constituem a matéria prima usadas na fabricação de vidros, concreto, quartzo para fundente, dentre outras aplicações.

- Em alguns casos permite dimensionar e controlar a granulometria necessária para que ocorra o máximo de liberação do mineral interessante, que faça parte de agregados.

#### 4.9.1.2 Método de peneiramento

O método de peneiramento consiste na utilização de uma série de peneiras padrão agitadas mecanicamente e por um tempo determinado em aparelhos denominados "RO-TAP". Para realização da análise granulométrica, adota-se aproximadamente 100 gramas do material seco, ou dependendo do tamanho da peneira, adicionam-se 5 cm<sup>3</sup> de agente defloculante (CARVALHO, 2008).

#### 4.9.1.3 Método de análise granulométrica pelo densímetro

Segundo Carvalho (2008), o método de análise granulométrica pelo densímetro tem como objetivo determinar somente os diâmetros dos grãos do material sólido em suspensão, desde que eles estejam contidos em limites inferiores a 2,362 mm. O material composto de partículas mais grossas não é analisável com a

precisão devida pelo uso do densímetro, já que sua precipitação se processa com relativa rapidez, não se mantendo, portanto, em suspensão durante a análise.

#### 4.9.1.4 Método de tubo de remoção pela base

Esse método, comum às análises do material de suspensão e do fundo, objetiva a determinação da granulometria e da concentração do material contido na amostra. Essa determinação feita a partir de precipitação do material coletado em aparelhagem especial. Uma série de três ou cinco tubos de vidro, de extremidades afuniladas, de diâmetros internos conhecidos e de pouco mais de um metro de comprimento, constitui a aparelhagem, onde são efetuadas as citadas precipitações. Os tubos, de aproximadamente 1 m cada, são instalados em peças de madeira presas à parede e de forma a permitirem a remoção fácil (CARVALHO, 2008).

#### 4.9.1.5 Método do tubo de acumulação visual

Esse método é aplicável à análise granulométrica de amostras de material de fundo ou de sedimento em suspensão, constituída de partículas de granulometria da areia, desde a mais fina até a de diâmetro igual a 2 mm (CARVALHO, 2008).

### **4.9.2 Análise morfooscópica**

A análise morfooscópica, estuda a forma e a superfície dos grãos e seixos, permitindo avaliar a importância do desgaste produzido nos grãos durante os diferentes processos de transporte e também sobre a própria natureza destes (POPP, 1987).

#### 4.9.2.1 Procedimento para a análise morfooscópica

A preparação do material para observação morfooscópica é semelhante à que se utiliza para observação da fração grosseira, embora seja útil a imersão da amostra em solução acidificada para proceder à destruição dos carbonatos, o que, além do mais, retira dos grãos de quartzo eventuais depósitos de carbonatos (naturais ou constituídos no decurso do peneiramento devido aos grãos de quartzo

poder desgastar partículas bioclásticas eventualmente existentes, ficando pó destas na superfície daquelas). Além disso, esse processo permite a destruição de óxidos de ferro eventualmente depositados nas superfícies dos grãos de quartzo (DIAS, 2004).

A observação ocorre, utilizando lupa binocular, com iluminação por reflexão dirigida a 45°. Para facilitar a análise, o tabuleiro onde se coloca a amostra deve ser preto, embaçado e reticulado. Geralmente, a espécie mineral a ser observada é o quartzo, por ser muito resistente, conservar bem as marcas e ocorrer de forma abundante. Mas, em casos especiais, a análise morfológica pode ser feita com outras espécies minerais duras, como são os casos do zircão e granada. As frações granulométricas cuja observação conduz, de forma geral, a bons resultados, são as correspondentes a areia muito grosseira, a areia grosseira e a areia média (DIAS, 2004).

#### **4.9.3 Análise por difração de Raios X**

A análise de difração de Raios X é aquela na qual, a clivagem basal e a estrutura em leitos fornecem os necessários elementos para que haja reflexão de Raios X com espaçamento (001), principalmente em agregados orientados. Essas reflexões (001, 002, etc) podem ser facilmente reconhecidas em fotografias de diagramas de pó ou em difratogramas (SUGUIO, 1980).

Ainda de acordo com Suguio (1980), a distância interplanar define o grupo estrutural ao qual pertence o mineral de argila. Espaços de 7, 10 e 14 Å são característicos de caulinita, mica e montmorillonita, respectivamente. Testes suplementares de aquecimento e processos químicos, como a glicolação (tratamento com etilenoglicol), são necessários para a identificação dos diferentes tipos de minerais de argila.

#### **4.9.4 Análise química**

Segundo Suguio (1890), A análise química completa fornece as bases necessárias para chegar à composição química do mineral. Algumas propriedades dos minerais de argila, que dependem da composição química, são a capacidade de troca de íons e a decomposição por ácidos e álcalis. Estes testes químicos de

decomposição de certos minerais de argila podem ser utilizados em conjugação com o método de difração de raios x.

#### 4.9.4.1 Fluorescência de Raios X

A fluorescência de raios X (XRF – X-Ray Fluorescence) é uma técnica analítica multielementar e não destrutiva usada para obter informações qualitativas e quantitativas da composição elementar das amostras. Esta metodologia está baseada na produção e detecção de raios X característicos emitido pelos elementos constituintes da amostra quando irradiada com elétrons, prótons, raios x ou gama com energia apropriada (SILVA, 2002).

#### 4.9.5 Microscópio eletrônico

Os minerais de argila, como caulinita, dickita, haloisita, hidromicas e alguns membros do grupo da montorillonita e paligorsquita são alguns dos minerais que possuem formas características reconhecíveis ao microscópio eletrônico. O aumento utilizado é da ordem de 15.000 a 75.000 vezes o tamanho natural. Os cristais maiores de minerais do grupo da caulinita podem ser, muitas vezes, identificados ao microscópio eletrônico (SUGUIO, 1980).

##### 4.9.5.1 Microscópio eletrônico de varredura

A microscopia eletrônica de varredura é utilizada em várias áreas do conhecimento, incluindo a mineralogia. O uso desta técnica vem se tornando mais frequente por fornecer informações de detalhe, com aumento de 300.000 vezes. A imagem eletrônica de varredura é formada pela incidência de um feixe de elétrons no mineral, sob condições de vácuo (DUARTE et al, 2003).

#### 4.10 GEOLOGIA DA BACIA DO RIO URUSSANGA

Na área correspondente a bacia do rio Urussanga, afloram rochas sedimentares e vulcânicas que constituem a seqüência da borda leste da Bacia do Paraná e sedimentos inconsolidados que constituem a planície costeira ou formam

depósitos aluviais atuais. O embasamento cristalino é composto de rochas granitóides tardi a pós-tectônicas. Na faixa costeira também ocorre diversidade enorme de depósitos de areia, silte e argila, relacionados a processos marinhos e continentais (TREIN, 2008).

#### **4.10.1 Granitóides tardi a pós-tectônicos**

Na porção compreendida entre as cidades de Pedras Grandes e Morro da Fumaça (em locais próximos ao limite da bacia), ocorre o denominado granitóide Pedras Grandes, bastante conhecido por conter filões de fluorita e ocorrências de água mineral. Trata-se de uma rocha granítica de cor rósea, granulação média à grossa, textura porfirítica ou porfiróide, constituída principalmente de quartzo, plagioclásio, feldspato potássico e biotita. Como mineral acessório ocorre titanita, apatita, Zircão e opacos (TREIN, 2008).

#### **4.10.2 Formação Rio do Sul**

Do ponto de vista litológico, a Formação Rio do Sul, na porção sudeste do estado, é caracterizada por folhelhos e siltitos cinza-escuro a preto, conglomerados, diamictitos, ritmitos, varvitos e depósitos de arenitos com estratificações plano-paralela Cruzada de baixo ângulo e cruzada de *hummocky* (TREIN, 2008).

#### **4.10.3 Formação Rio Bonito**

O Membro Triunfo caracteriza a porção basal da Formação Rio Bonito, sendo constituído essencialmente de arenitos e conglomerados cinza-claros a esbranquiçados, com intercalações de folhelhos e siltitos maciços ou laminados de coloração cinza ou preta. O membro Paraguaçu, constitui a parte média da Formação Rio Bonito, sendo caracterizado por uma sedimentação predominantemente pelítica e é formado principalmente por siltitos e folhelhos cinza-médio a esverdeados e subordinadamente apresenta intercalações de camadas de arenitos muito finos, quartzosos, micáceos, com laminação plano-paralela e ondulada, e bioturbação. O membro Siderópolis constitui um espesso pacote de arenitos, com intercalações de siltitos, folhelhos carbonosos e carvão (TREIN, 2008).



#### **4.10.4 Formação Palermo**

A Formação Palermo, que caracteriza o início do evento transgressivo, é constituída por um espesso pacote de ritmitos, com interlaminação de areia-silte e argila, com intenso retrabalhamento com ondas. A alternância das tonalidades claras e escuras evidencia a intercalação de leitos arenosos e siltico-argilosos, respectivamente (TREIN, 2008).

#### **4.10.5 Formação Irati**

Do ponto de vista litológico, esta Formação por ser essencialmente pelítica, sendo constituída, na sua base, por folhelhos e siltitos cinza-escuro, eventualmente cinza-claro a azulado. Quando intemperizados, os folhelhos adquirem tons amarelados, micáceos, mostrando desagregação conchoidal (Membro Taquaral). No seu topo (Membro Assistência) é formada por um pacote de folhelhos cinza-escuro a pretos, intercalados com folhelhos pirobetuminosos associados a lentes de margas creme a cinza-escuro, dolomíticas (TREIN, 2008).

#### **4.10.6 Formação Serra Geral**

As rochas vulcânicas da Formação Serra Geral constituem a escarpa superior do planalto gonduânico. É muito frequente a intrusão de diabásios em rochas sedimentares gonduânicas. Esta Formação é consequência de intenso magmatismo de fissura, correspondendo este vulcanismo ao encerramento da evolução gonduânica da Bacia do Paraná (TREIN, 2008).

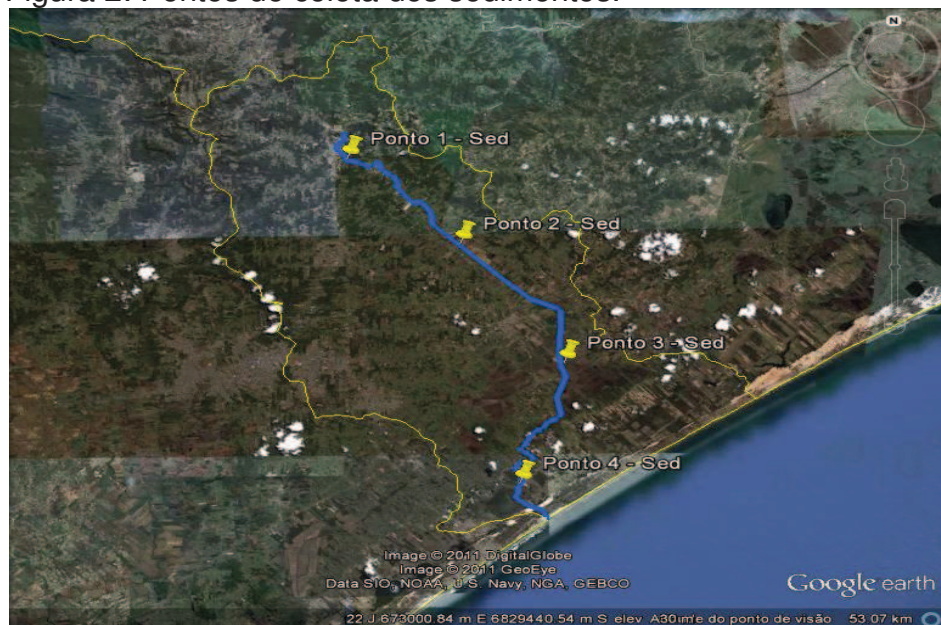
## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 AMOSTRAGEM

Ao longo do Rio Urussanga, foram coletadas 5 amostras em 4 pontos. Para coleta das amostras foi usado uma pá e para o seu acondicionamento foram usados sacos plásticos.

Os pontos foram escolhidos com intuito de mostrar as características dos sedimentos em diferentes pontos (Figura 2).

Figura 2: Pontos de coleta dos sedimentos.



Fonte: Google (2011).

No ponto 1, foram coletadas duas amostras. A amostra 1 foi coletada no perfil do barranco da margem direita do rio Urussanga. A amostra 2 foi coletada superficialmente na calha do rio. No ponto 2, foi coletada uma amostra no leito do rio. No ponto 3, foi coletada uma amostra na bacia de inundação do rio Urussanga. No ponto 4, também foi coletada uma amostra na margem esquerda bem próximo ao nível da água.

A tabela 5 mostra a localização por GPS dos pontos de coleta das amostras de sedimentos de Rio Urussanga.

**Tabela 5:** Localização dos pontos de coleta das amostras.

Pontos de amostragem	Amostras	Municípios	Localização por GPS
Ponto 01	Amostra 01	Urussanga	0665002 E – 6842935 N
Ponto 01	Amostra 02	Urussanga	0665002 E – 6842935 N
Ponto 02	Amostra 01	Urussanga	0672032 E – 6835723 N
Ponto 03	Amostra 01	Urussanga	0678435 E – 6825541 N
Ponto 04	Amostra 01	Urussanga	0675225 E – 6815535 N

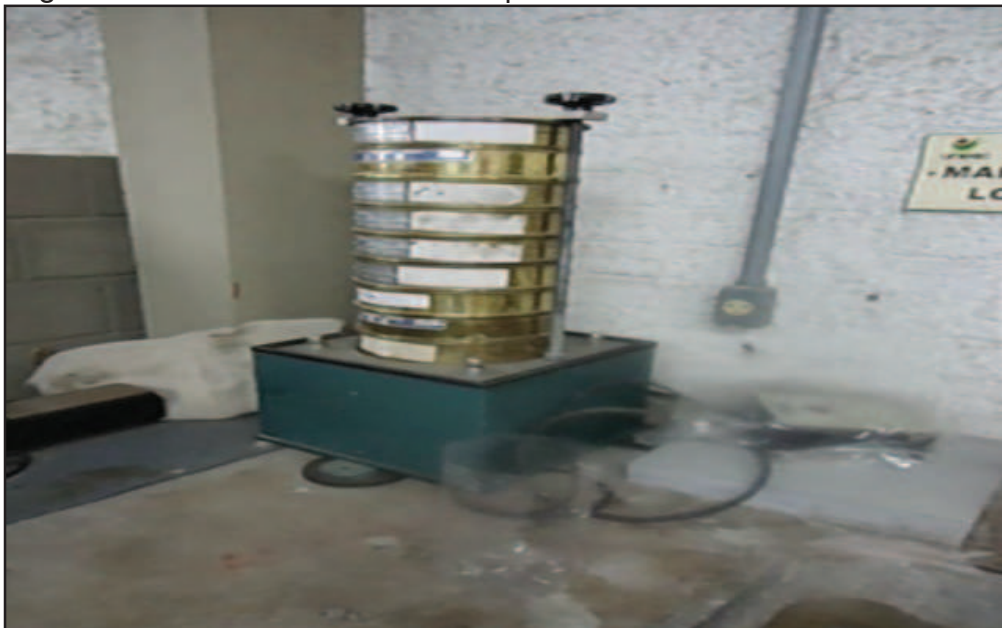
Fonte: Dados do pesquisador.

## 5.2 GRANULOMETRIA

Inicialmente foi feita a secagem das amostras numa estufa com temperatura máxima de 300°C. A secagem das amostras foi realizada a uma temperatura de 150°C durante cinco dias.

O peso das amostras para análise granulométrica foi de 500g. A análise granulométrica envolveu peneiramento por meio de uma mesa vibratória que apresenta 8 peneiras, ou seja, peneira de 3/8 mesh, 1/4 mesh, 4 mesh, 8 mesh, 16 mesh, 30 mesh, 50 mesh e 100 mesh, além do fundo da peneira (Figura 3). O tempo de peneiramento foi de 30 minutos com uma frequência de 15 Hertz, seguido de pesagem. O peneiramento na peneira de 200 mesh foi realizado manualmente.

Figura 3: Mesa vibratória com oito peneiras.

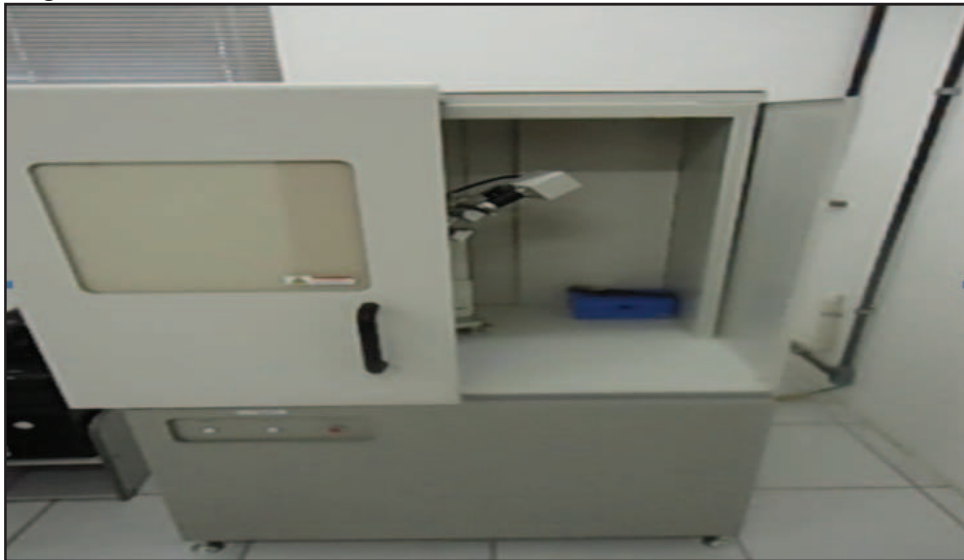


Fonte: Autor (2011).

### 5.3 ANÁLISES MINERALÓGICAS

Para identificar a composição mineralógica das amostras de sedimentos utilizou-se o difratômetro de raios X (Figura 4).

Figura 4: Difratômetro de Raios X.



Fonte: Autor (2011).

### 5.4 ANÁLISES QUÍMICAS

A determinação da concentração química das amostras de sedimento foi realizada utilizando-se a análise química por espectrometria de fluorescência de raios X e espectrometria de absorção atômica.

### 5.5 MORFOSCOPIA

A forma dos sedimentos foi identificada a partir da observação em microscópio eletrônico de varredura.

## 6 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

### 6.1 GRANULOMETRIA

A análise granulométrica das amostras de sedimentos dos 4 pontos envolveu peneiramento através de uma mesa vibratória.

Os pesos do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 01 estão demonstrados na tabela 6. O peso inicial da amostra antes do peneiramento foi de 500g.

Tabela 6: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 01.

Peneira (Mesh)	Tempo ( Min)	Frequência (Hz)	Peso após o peneiramento	% do material retido
3/8	30	15	38,5g	7,7
1/4	30	15	20,4g	4,08
4	30	15	19,6g	3,92
8	30	15	59,2g	11,84
16	30	15	81,9g	16,3
30	30	15	94,5g	18,9
50	30	15	96,3g	19,26
100	30	15	71,6g	14,32
Fundo da peneira	30	15	18,3g	3,66
Total	-	-	499,9g	99,98

Fonte: Dados do pesquisador.

Analisando os dados da tabela 6, observa-se que no peneiramento da amostra 01 do ponto 01 ficaram retidos sedimentos em todas as peneiras, o que indica grande variação do tamanho dos grãos.

Os pesos do material após o peneiramento da amostra 02 do ponto 01 estão demonstrados na tabela 7. O peso inicial da amostra antes do peneiramento foi de 500g.

Tabela 7: Peso do material após o peneiramento da amostra 02 do ponto 01.

Peneira (Mesh)	Tempo ( Min)	Frequência (Hz)	Peso após o peneiramento	% do material retido
3/8	30	15	-	-
1/4	30	15	-	-
4	30	15	-	-
8	30	15	-	-
16	30	15	0,4g	0,08
30	30	15	1,0g	0,2
50	30	15	25,8g	5,16
100	30	15	399,6g	79,92
Fundo da peneira	30	15	72,6g	14,52
Total	-	-	499,4g	99,88

Fonte: Dados do pesquisador.

O peneiramento da amostra 02 do ponto 01 mostra que nas peneiras de 3/8 mesh, 1/4 mesh, 4 mesh e 8 mesh não foi possível reter sedimentos, ou seja, todo material está abaixo da peneira de 8 mesh.

Os pesos do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 02 estão demonstrados na tabela 8. O peso inicial da amostra antes do peneiramento foi de 500g.

Tabela 8: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 02.

Peneira (Mesh)	Tempo ( Min)	Frequência (Hz)	Peso após o peneiramento	% do material retido
3/8	30	15	-	-
1/4	30	15	-	-
4	30	15	-	-
8	30	15	0,8g	0,16
16	30	15	1,9g	0,38
30	30	15	4,6g	0,92
50	30	15	13,7g	2,74
100	30	15	305,7g	61,14
Fundo da peneira	30	15	172,86g	34,57
Total	-	-	499,46g	99,91

Fonte: Dados do pesquisador.

O peneiramento da amostra 01 do ponto 02 mostra que com exceção das peneiras de 3/8 mesh, 1/4 mesh e 4 mesh os sedimentos ficaram retidos em todas as peneiras, ou seja, todo material está abaixo da peneira de 4 mesh.

Os pesos do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 03 estão demonstrados na tabela 9. O peso inicial da amostra antes do peneiramento foi de 500g.

Tabela 9: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 03.

Peneira (Mesh)	Tempo ( Min)	Frequência (Hz)	Peso após o peneiramento	% do material retido
3/8	30	15	-	-
1/4	30	15	-	-
4	30	15	-	-
8	30	15	20,3g	4,06
16	30	15	65,7g	13,14
30	30	15	82,0g	16,4
50	30	15	119,4g	23,88
100	30	15	157,0g	31,4
Fundo da peneira	30	15	55,4g	11,08
Total	-	-	499,8g	99,96

Fonte: Dados do pesquisador.

O peneiramento da amostra 01 do ponto 03 mostra que não foi possível reter sedimentos nas peneiras de 3/8 mesh, 1/4 mesh e 4 mesh.

Os pesos do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 04 estão demonstrados na tabela 10. O peso inicial da amostra antes do peneiramento foi de 500g.

Tabela 10: Peso do material após o peneiramento da amostra 01 do ponto 04.

Peneira (Mesh)	Tempo ( Min)	Frequência (Hz)	Peso após o peneiramento	% do material retido
3/8	30	15	-	-
1/4	30	15	-	-
4	30	15	-	-
8	30	15	1,6g	0,32
16	30	15	13,5g	2,7
30	30	15	28,8g	5,76
50	30	15	60,3g	12,06
100	30	15	317,4g	63,48
Fundo da peneira	30	15	78,3g	15,66
Total	-	-	499,9g	99,98

Fonte: Dados do pesquisador.

O peneiramento da amostra 01 do ponto 04 também mostra que nas peneiras de 3/8 mesh, 1/4 mesh e 4 mesh não foi possível reter sedimentos.

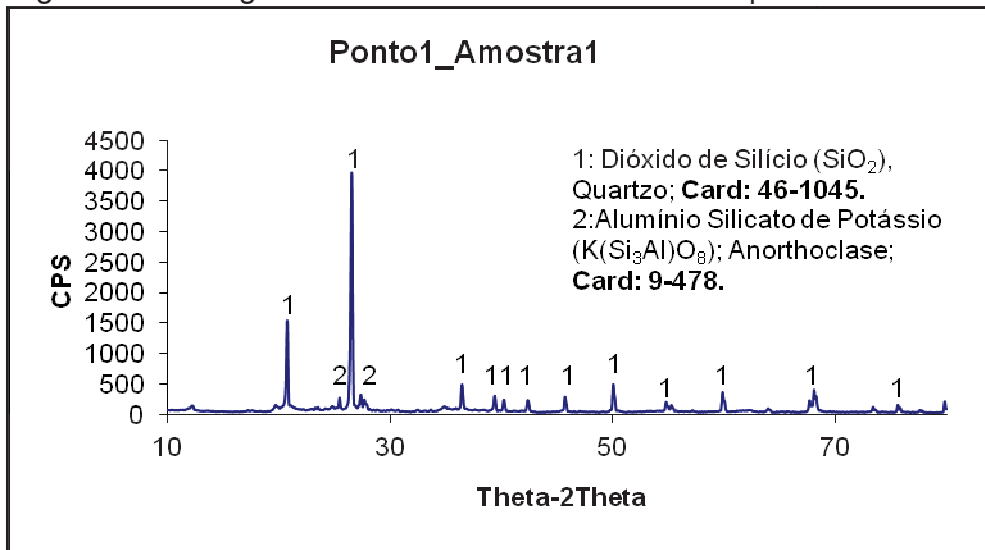
O peneiramento mostrou uma grande variação dos tamanhos dos grãos dos sedimentos, uma vez que após o peneiramento de todas as amostras ficou retido sedimentos em quase todas as peneiras, possivelmente por terem sido coletados em pontos diferentes e devido ao agente transportador, principalmente a água e o vento.

## 6.2 DIFRAÇÃO DE RAIOS X

A composição mineralógica das amostras de sedimentos foi identificada por difração de raios X.

Na figura 5 estão apresentados os resultados obtidos no ensaio de DRX da amostra 01 do ponto 01.

Figura 5: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 01.

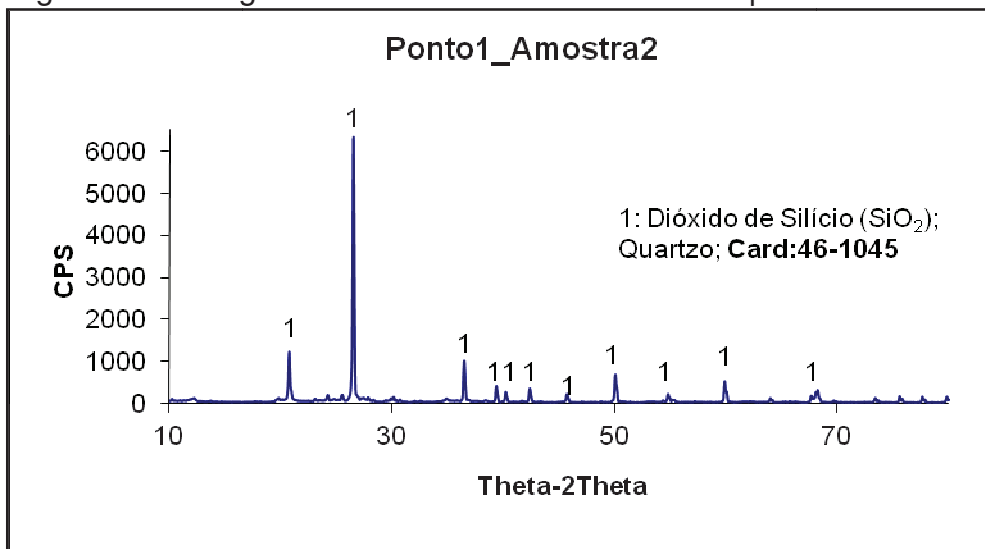


Fonte: IPAT (2011).

A difratometria de raios X da amostra 01 do ponto 01 apresenta nas fases mineralógicas a predominância de quartzo.

A figura 6 mostra os resultados obtidos no ensaio de DRX da amostra 02 do ponto 01.

Figura 6: Difratoograma de raios X da amostra 02 do ponto 01.



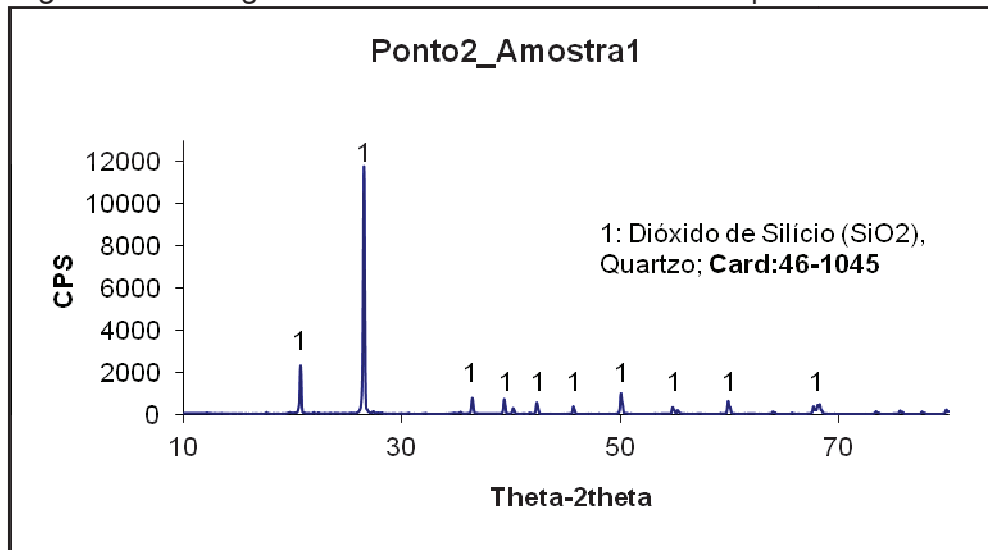
Fonte: IPAT (2011).

A difratometria de raios X da amostra 02 do ponto 01 apresenta nas fases mineralógicas a predominância de quartzo.

A figura 7 mostra os resultados da análise de DRX da amostra 01 do ponto 02.



Figura 7: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 02.

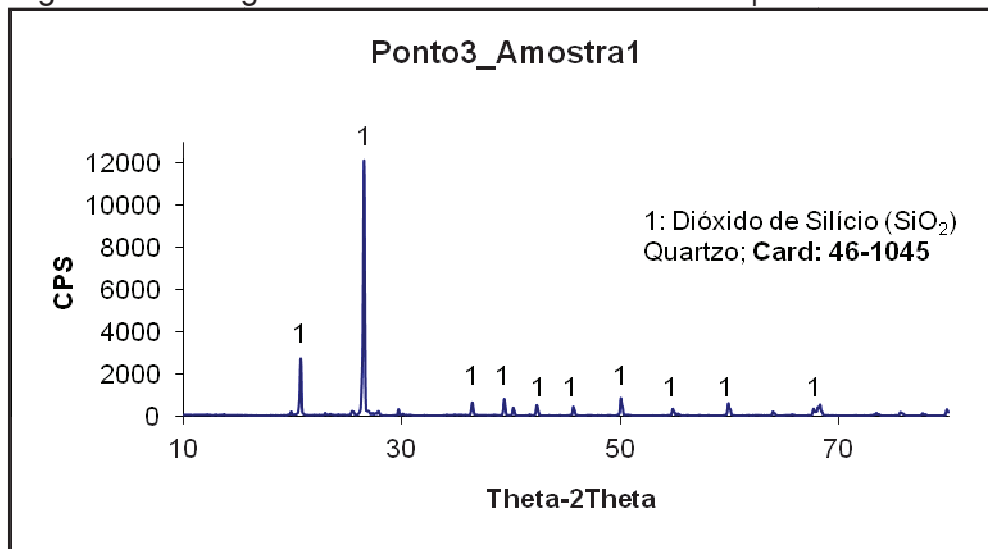


Fonte: IPAT (2011).

Os resultados da análise de difratometria de raios X da amostra 01 do ponto 02 mostram predominância de quartzo.

Na figura 8 estão apresentados os resultados da análise de DRX da amostra 01 do ponto 03.

Figura 8: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 03.

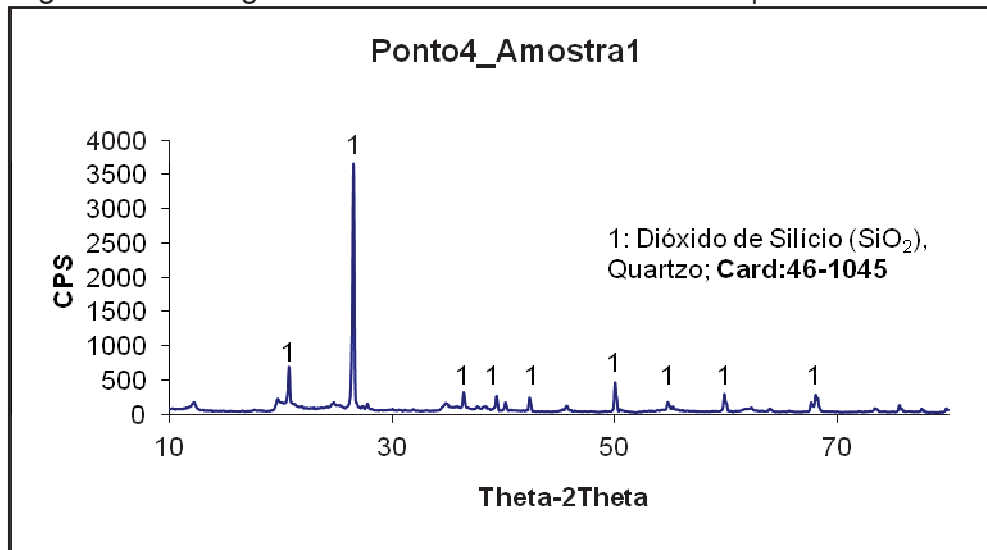


Fonte: IPAT (2011).

Os resultados da análise de difratometria de raios X da amostra 01 do ponto 03 mostram predominância de quartzo.

Na figura 9 estão apresentados os resultados da análise de DRX da amostra 01 do ponto 04.

Figura 9: Difratoograma de raios X da amostra 01 do ponto 04.



Fonte: IPAT (2011).

Os resultados da análise de difratometria de raios X da amostra 01 do ponto 04 indicam a predominância de quartzo em todas as frações.

As análises de difratometria de raios X mostram que os sedimentos das amostras coletadas nos quatro pontos ao longo do Rio Urussanga apresentam como predominância dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), o qual se encontra na fase mineralógica de quartzo. A predominância de quartzo na área a Bacia do Rio Urussanga está relacionada à predominância de rochas sedimentares e ígneas plutônicas (granitóides).

### 6.3 ESPECTROMETRIA DE FLUORESCÊNCIA DE RAIOS X E DE ABSORÇÃO ATÔMICA

A avaliação da composição química das amostras de sedimentos foi feita por fluorescência de raios X e absorção atômica.

Na tabela 11 estão demonstrados os resultados da análise química por espectrometria de fluorescência de raios X e espectrometria de absorção atômica da amostra 01 do ponto 01. A quantidade da amostra foi de 100g.

Tabela 11: Resultados da análise de fluorescência de raios X e absorção atômica.

Elementos	Teor (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,95
CaO	0,11
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,13
K <sub>2</sub> O	0,52
MgO	0,16
MnO	< 0,05
Na <sub>2</sub> O	0,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05
SiO <sub>2</sub>	90,19
TiO <sub>2</sub>	0,55
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Li <sub>2</sub> O	-
BaO	-
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
PbO	-
SrO	-
ZnO	-
ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub>	-
Perda Fogo	2,13

Fonte: CTC mat (2011).

Com base nos resultados obtidos observa-se que os principais constituintes da amostra 01 do ponto 01 são a sílica e o óxido de ferro, seguido pelo óxido de alumínio.

Na tabela 12 estão demonstrados os resultados da análise química por espectrometria de fluorescência de raios X e espectrometria de absorção atômica da amostra 01 do ponto 02. A quantidade da amostra foi de 100g.

Tabela 12: Resultados da análise de fluorescência de raios X e absorção atômica.

Elementos	Teor (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,30
CaO	0,67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,64
K <sub>2</sub> O	0,61
MgO	0,12
MnO	< 0,05
Na <sub>2</sub> O	0,19
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< 0,05
SiO <sub>2</sub>	94,39
TiO <sub>2</sub>	0,28
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Li <sub>2</sub> O	-
BaO	-
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
PbO	-
SrO	-
ZnO	-
ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub>	-
Perda Fogo	0,75

Fonte: CTC mat (2011).

Os resultados da amostra 01 do ponto 02 mostram que os principais constituintes são a sílica e o óxido de alumínio.

Na tabela 13 estão demonstrados os resultados da análise química por espectrometria de fluorescência de raios X e espectrometria de absorção atômica da amostra 01 do ponto 03. A quantidade da amostra foi de 100g.

Tabela 13: Resultados da análise de fluorescência de raios X e absorção atômica.

Elementos	Teor (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,71
CaO	0,06
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,24
K <sub>2</sub> O	1,89
MgO	0,07
MnO	< 0,05
Na <sub>2</sub> O	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	< 0,05
SiO <sub>2</sub>	93,07
TiO <sub>2</sub>	0,19
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Li <sub>2</sub> O	-
BaO	-
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
PbO	-
SrO	-
ZnO	-
ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub>	-
Perda Fogo	< 0,39

Fonte: CTC mat (2011).

Os resultados da amostra 01 do ponto 03 mostram que os principais constituintes são a sílica e o óxido de alumínio, seguido pelo óxido de potássio.

Na tabela 14 estão demonstrados os resultados da análise química por espectrometria de fluorescência de raios X e espectrometria de absorção atômica da amostra 01 do ponto 04. A quantidade da amostra foi de 100g.

Tabela 14: Resultados da análise de fluorescência de raios X e absorção atômica.

Elementos	Teor (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,21
CaO	0,12
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,53
K <sub>2</sub> O	1,42
MgO	0,26
MnO	< 0,05
Na <sub>2</sub> O	0,32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,18
SiO <sub>2</sub>	71,53
TiO <sub>2</sub>	0,51
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Li <sub>2</sub> O	-
BaO	-
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
PbO	-
SrO	-
ZnO	-
ZrO <sub>2</sub> + HfO <sub>2</sub>	-
Perda Fogo	8,90

Fonte: CTC mat (2011).

Os resultados mostram que os principais constituintes da amostra 01 do ponto 04 são a sílica, o óxido de alumínio e o óxido de ferro, seguidos pelo óxido de potássio.

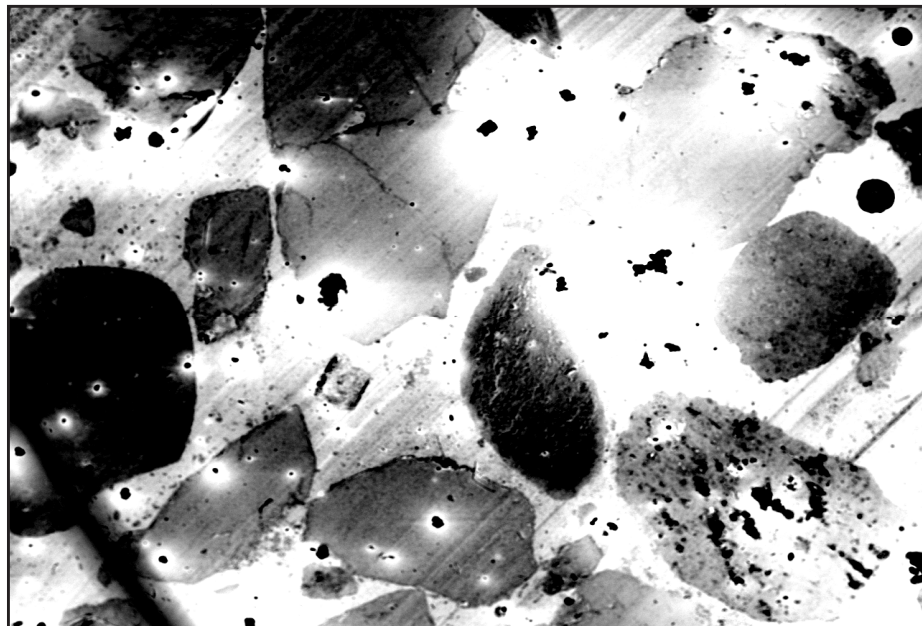
A análise química pelo método de espectrometria de fluorescência de raios X e espectrometria de absorção atômica mostrou que a sílica, óxido de alumínio e o óxido de ferro são os principais constituintes das amostras de sedimentos. A sílica devido à composição química dos minerais presentes nos sedimentos, predominantemente quartzo. O óxido de alumínio, provavelmente da presença de folhelho ao longo da Bacia do Rio Urussanga. O óxido de ferro, provavelmente da pirita devido à exploração do carvão.

#### 6.4 MORFOSCOPIA

O objetivo da análise morfoscóptica foi de identificar a forma dos grãos das amostras de sedimentos. Para tal, utilizou-se o microscópio eletrônico de varredura.

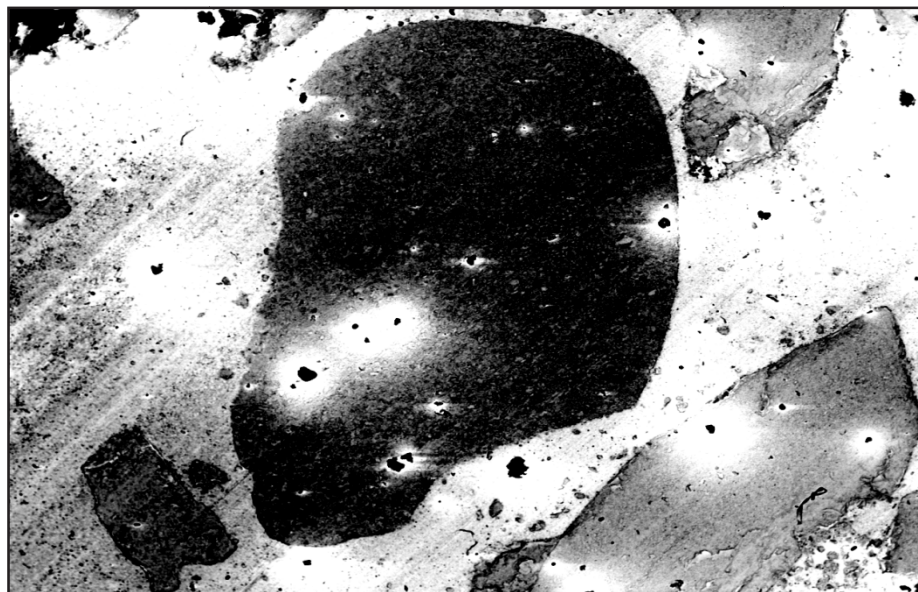
As figuras 10, 11, 12, 13 e 14 mostram informações de detalhe da amostra 01 ponto 01 com aumento de 18, 33, 85, 450 e 700 vezes realizadas no microscópio eletrônico de varredura.

Figura 10: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 18 vezes.



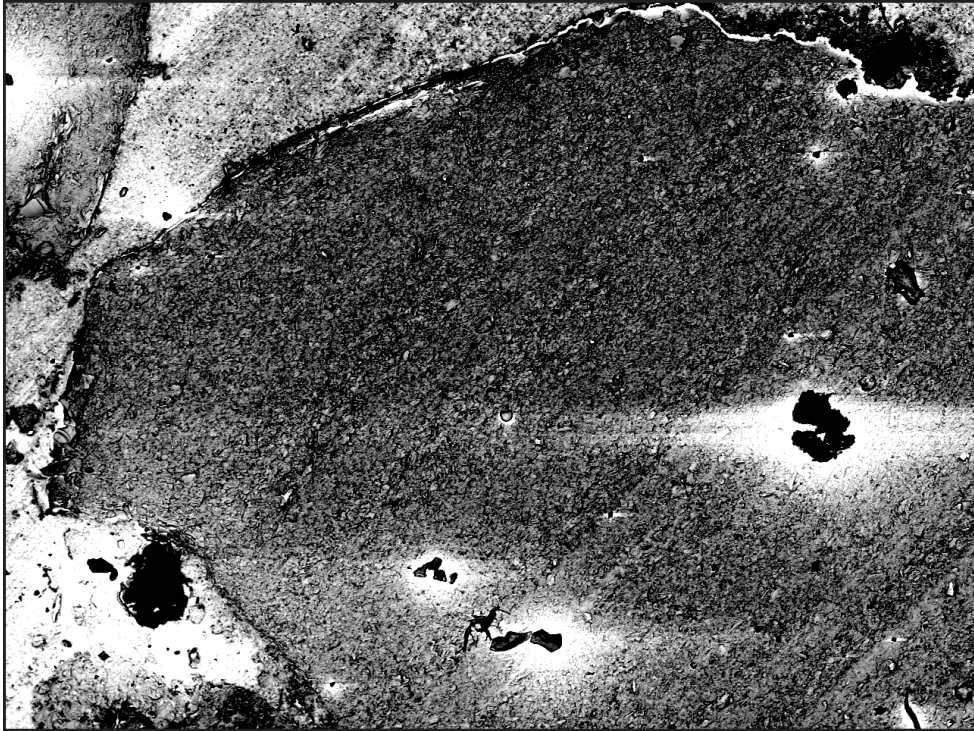
Fonte: CTC mat (2011).

Figura 11: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 33 vezes.



Fonte: CTC mat (2011).

Figura 12: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 85 vezes.



Fonte: CTC mat (2011).

Figura 13: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 450 vezes.



Fonte: CTC mat (2011).

Figura 14: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 700 vezes.



Fonte: CTC mat (2011).

Analisando as imagens obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura, observa-se que os grãos da amostra 01 do ponto 01 apresentam contorno arredondado.

As figuras 15, 16, 17, 18 e 19 mostram informações de detalhe da amostra 01 ponto 03 com aumento de 18, 22, 25, 27 e 30 vezes realizadas no microscópio eletrônico de varredura.

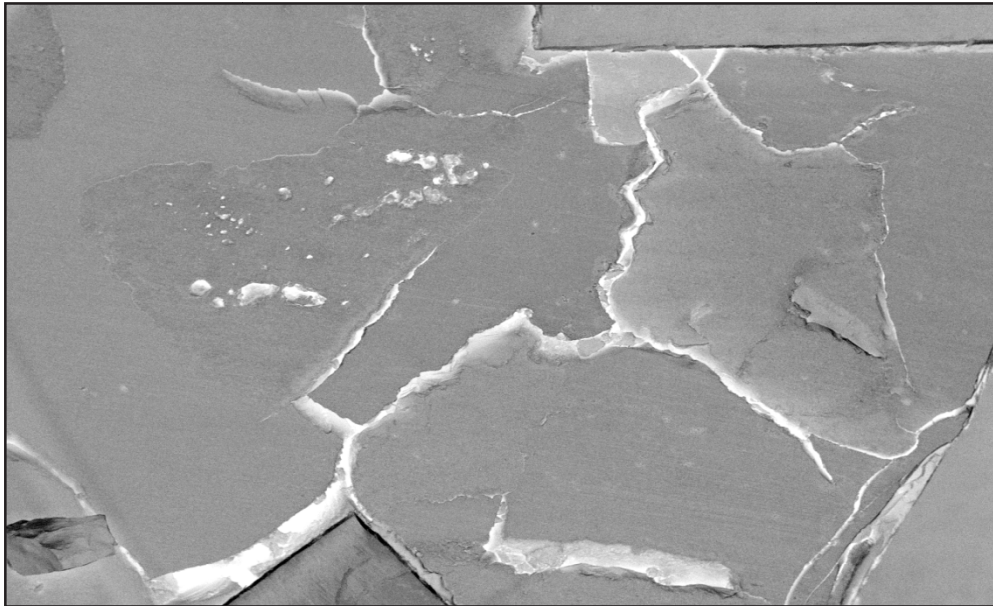


Figura 15: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 01 com aumento de 18 vezes.



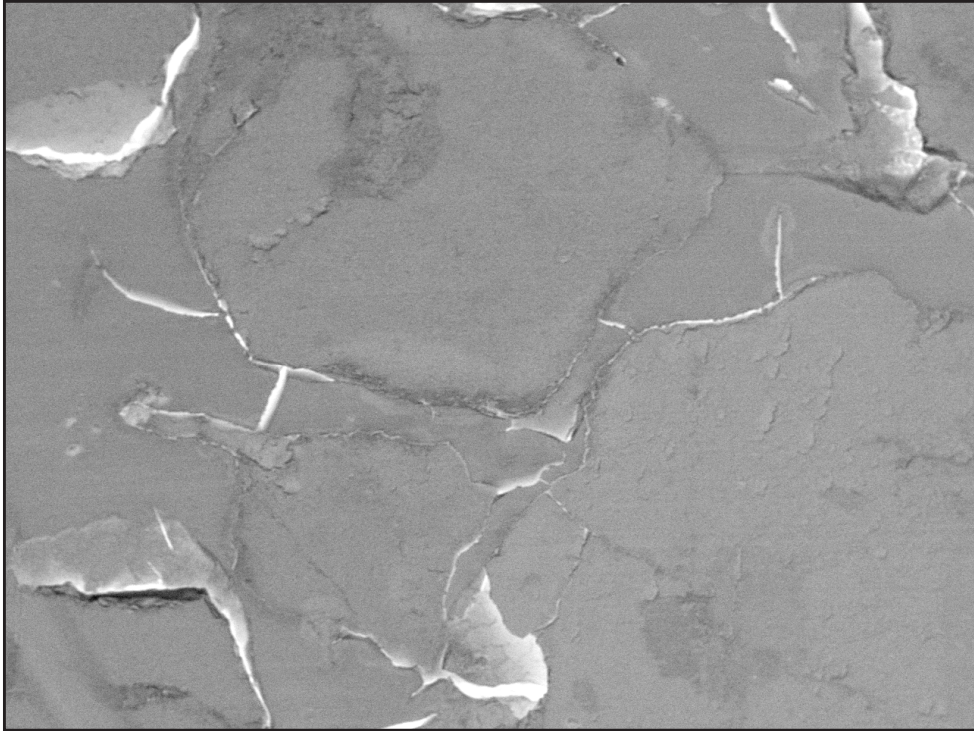
Fonte: CTC mat (2011).

Figura 16: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 22 vezes.



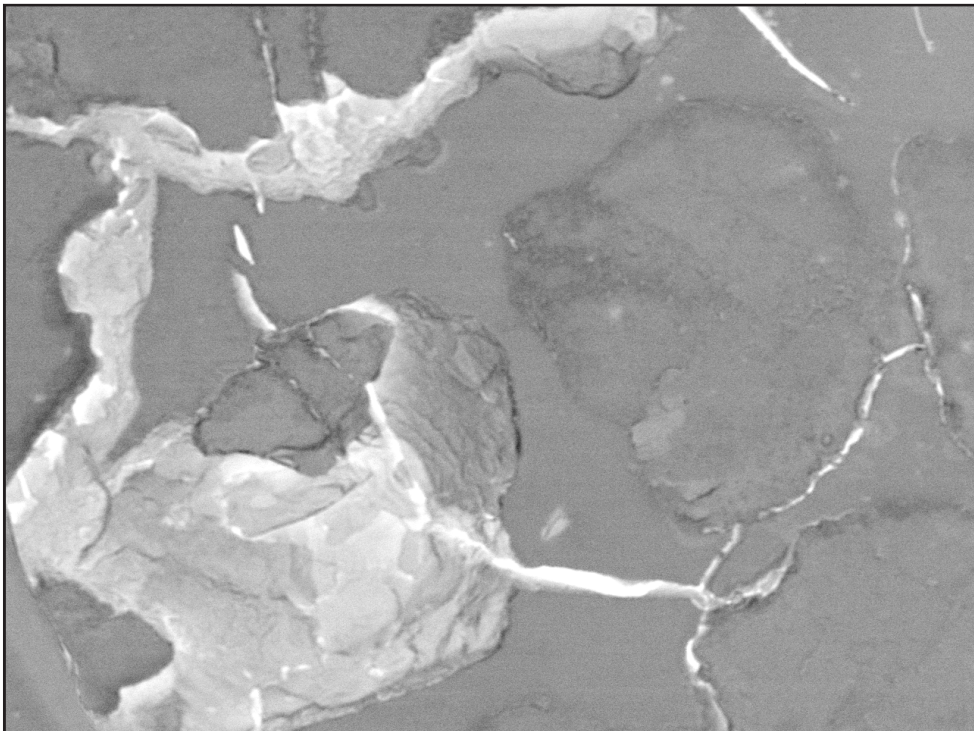
Fonte: CTC mat (2011).

Figura 17: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 25 vezes.



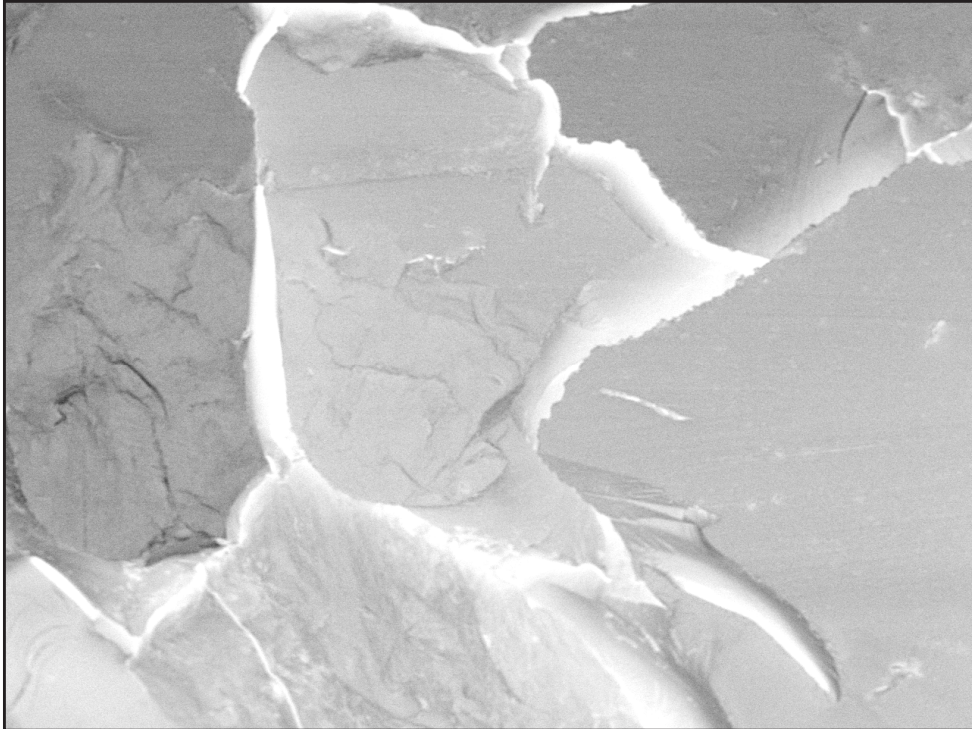
Fonte: CTC mat (2011).

Figura 18: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 27 vezes.



Fonte: CTC mat (2011).

Figura 19: Imagem obtida pelo MEV da amostra 01 do ponto 03 com aumento de 30 vezes.



Fonte: CTC mat (2011).

As imagens obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura mostram que os grãos da amostra 01 do ponto 03 apresentam contorno anguloso, relacionados à característica mineralógica, predominantemente quartzo, bem como ao pouco tempo e distância de transporte. Por outro lado, os resultados da morfoscopia apresentaram grãos de contorno arredondado (amostra 01 do ponto 01), relacionados ao longo tempo e distância de transporte, bem como ao agente que é predominantemente hídrico. Assim, pode-se considerar que os grãos com características angulosas estão relacionados a proximidade da fonte geradora do sedimento, enquanto os grãos mais arredondados estariam ligados a fontes mais distantes do local onde ocorreu a erosão.

## 7 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Os sedimentos amostrados nos quatro pontos ao longo do Rio Urussanga apresentam grande variação dos tamanhos dos grãos demonstrando claramente uma diminuição da granulometria nas amostras coletadas mais próximas da foz, caracterizando maior retrabalhamento do agente transportador.

O quartzo é o mineral predominante nas amostras de sedimentos, o que permite concluir que as rochas ígneas granitóides estão presentes ao longo dos contribuintes do Rio Urussanga, confirmando os processos erosivos em rochas alteradas compostas por minerais essenciais dentre os quais predomina o quartzo.

A sílica aparece como o principal constituinte em todas das amostras de sedimentos analisadas, demonstrando que os minerais presentes nas amostras apresentam composição química e mineralógica semelhantes.

Os sedimentos amostrados apresentaram grãos de contornos arredondados e grãos de contornos angulosos. As imagens obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura mostram que os grãos que apresentam contorno anguloso estão relacionados à característica mineralógica, predominantemente de quartzo, bem como ao pouco tempo e distância de transporte, permitindo concluir que esses sedimentos estão próximos à fonte geradora. Por outro lado os sedimentos que apresentam grãos de contorno arredondado estão relacionados ao longo tempo e distância de transporte, bem como ao agente que é predominantemente hídrico, ou seja, esses sedimentos estão mais distantes da fonte geradora em relação aos sedimentos com contornos angulosos.

Os resultados obtidos levam a recomendar a realização de uma pesquisa mais profunda sobre todas as características dos sedimentos do Rio Urussanga através da coleta de sedimentos em mais pontos ao longo do rio, bem como o detalhamento de todas as análises efetuadas.

Estudos sobre o potencial de agregação de contaminantes dos grãos devem ser efetuados para que se possa conhecer a capacidade de arraste dos grãos em seu trajeto, desde a fonte até a sua deposição.

Outro aspecto a ser destacado é a ausência de mata ciliar ao longo de praticamente todo o curso do Rio Urussanga, assim, necessitando a reposição da vegetação na Área de Proteção Permanente com o intuito de proteger o curso de água do assoreamento e evitar possíveis inundações.

Implementação de um plano de monitoramento contínuo da bacia do rio Urussanga com objetivo de verificar riscos potenciais de erosão intensa, propondo ações preventivas e mitigadoras.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; GUERRA, Antônio José Teixeira. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 5. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. 320 p.

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia prática**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599 p.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA, BRASIL. Resolução nº 344 de 25 de Março de 2004.

DIAS, J. A. **A análise sedimentar e os conhecimentos dos sistemas marinhos**. Disponível em:< [http://w3.ualg.pt/~jldias/JAD/ebooks/Sedim/SedimF\\_Mfc\\_.pdf](http://w3.ualg.pt/~jldias/JAD/ebooks/Sedim/SedimF_Mfc_.pdf)>. Acesso em: 29 ago. 2011.

DUARTE, L. C. et al. **Aplicações de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e sistema de energia dispersiva (EDS) no estudo de gemas: exemplos brasileiros**. Disponível em:< <http://www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br/3002/01-3002.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2011.

LAPORTE, Léo F. **Ambientes antigos de sedimentação**. São Paulo: E. Blücher, 1969. 145 p.

MENDES, Josué Camargo. **Elementos de estratigrafia**. São Paulo: EDUSP, 1984. 566 p.

POPP, José Henrique. **Introdução ao estudo da estratigrafia e da interpretação de ambientes de sedimentação**. Curitiba: Scientia et Labor, 1987. 323 p.

ROCHA, Júlio César; ROSA, André Henrique; CARDOSO, Arnaldo Alves. **Introdução a química ambiental**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.

SILVA et al. Adensamento subsuperficial em solos do semi-árido: processos geológicos e/ou pedogenéticos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, 2002. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662002000200021](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662002000200021). Acesso em: 1 out. 2011.

SILVA, Richard Maximiliano da Cunha. **Utilização da técnica de fluorescência de raios x com microsondas (XRF) aplicada a amostras de interesse arqueológico**. 2002. 103 f. Tese. (Doutorado em ciências). Área de concentração: Energia nuclear da agricultura – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SUGUIO, Kenitiro. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 1217 p.

\_\_\_\_\_. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 400 p.

\_\_\_\_\_. **Introdução à sedimentologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1973. 317 p.

\_\_\_\_\_. **Rochas sedimentares:** propriedades, gênese, importância econômica. São Paulo: Edgard Blücher, 1980. 500 p.

TREIN, Heinz Alfredo. **A implicação antrópica na qualidade dos recursos hídricos subterrâneos da bacia do rio Urussanga – SC.** 2008. 149 f. Tese (Doutorado em geociências e meio ambiente). Área de concentração: Geociências e meio ambiente – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.