

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS - GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

UMA INVESTIGAÇÃO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS
DE MISTURAS BIMODAIS

VALTER RAGLAN GONÇALVES MEDEIROS

CAMPINA GRANDE - PB
DEZEMBRO - 1999

VALTER RAGLAN GONÇALVES MEDEIROS

**UMA INVESTIGAÇÃO DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS
DE MISTURAS BIMODAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de
Pós-Graduação em Engenharia Civil, na
área de Engenharia de Recursos
Hídricos, em cumprimento às exigências
para a obtenção do Grau de Mestre

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS

ORIENTADOR: VAJAPYAM SRIRANGACHAR SRINIVASAN

Campina Grande – PB

Dezembro - 1999



M488i Medeiros, Valter Raglan Gonçalves.
Uma investigação de transporte de sedimentos de misturas bimodais / Valter Raglan Gonçalves Medeiros. - Campina Grande, 1999.
210 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1999.
"Orientação : Prof. Vajapeyan Srirangachar Srinivasan".
Referências.

1. Sedimentação - Recursos Hídricos. 2. Transporte de Sedimentos. 3. Sedimentos - Misturas Bimodais. 4. Dissertação - Engenharia Civil. I. Srinivasan, Vajapeyam Srirangachar. II. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). III. Título

CDU 627.157(043)

**UMA INVESTIGAÇÃO DE TRANSPORTE DE
SEDIMENTOS DE MISTURAS BIMODAIS**

VALTER RAGLAN GONÇALVES MEDEIROS

Dissertação defendida em 30 de Dezembro de 1999


Vajapeyam Srirangachar Srinivasan

Orientador


Eduardo Enéas de Figueiredo

Examinador Interno


Lúcio Flávio Ferreira Moreira

Examinador Externo

Campina Grande – PB

Dezembro - 1999

Dedico,

Aos meus pais, irmãos e esposa.

RESUMO

Os sedimentos dos cursos naturais consistem de partículas de diversos tamanhos, forma e velocidade de queda. Estas diferenças, portanto, afetam o comportamento dos sedimentos do leito como um conjunto. Vários estudos tem sido realizados para se avaliar o comportamento das misturas de sedimentos na ocorrência das formas do leito, no valor efetivo da tensão de cisalhamento crítica para o início do movimento e na taxa de transporte. Usando um canal computadorizado de recirculação de sedimentos, procurou-se investigar a influência da distribuição granulométrica sobre a resistência e o transporte de material quando a distribuição dos sedimentos é bimodal. Os resultados indicam que existem diferenças significativas entre o comportamento dos sedimentos unimodais e bimodais.

ABSTRACT

The sediments forming the bed of natural courses consist of various sizes shapes and density. These differences affect significantly the behaviour of the sediment bed as a whole. Various studies have been conducted in the past to evaluate the behaviour of the sediment mixtures on the resulting bed forms, critical tractive force and the rate of sediment transport. Utilizing a computerized closed circuit channel capable of recirculating the sediment water mixture an investigation was carried out to determine the influence of the grain size distribution of the sediments over the channel resistance when the sediments are bimodal in nature. The results show that there is notable difference between the behaviour of unimodal and bimodal sediments.

P	Perímetro molhado
P_E	Parâmetro de transporte na equação de Einstein
Q	vazão expressa em volume por unidade de tempo
Q_b	Taxa de transporte da carga do leito
q_B	Taxa de transporte volumétrica da carga do leito
Q_{bi}	Taxa de transporte da fração i expressa em volume por unidade de largura e tempo
Q_m	Vazão expressa em massa por unidade tempo
q_S	Taxa de transporte volumétrica da carga suspensa
q_T	Carga total de sedimentos transportados em peso por unidade de tempo
R	Raio hidráulico do leito
\bar{R}	Raio hidráulico da superfície do leito
$\bar{\bar{R}}$	Raio hidráulico das formas do leito
R_c	Número de Reynolds do fluxo
R_{c*}	Número de Reynolds de cisalhamento da partícula
S	Densidade do sedimento
S, S_E	Declividade da linha de energia
$tg \alpha$	Coefficiente dinâmico de atrito sólido
U	Velocidade média de fluxo
U_* , u_*	Velocidade de cisalhamento no leito
U_{cr}	Velocidade média crítica
U_S	Velocidade média do sedimento em suspensão
W	Velocidade de queda da partícula
X	Fator de correção na equação logarítmica de distribuição de velocidade
y	Profundidade arbitrária
Z	Parâmetro de suspensão
Z_1	Parâmetro da suspensão
U_{*b}	Velocidade de cisalhamento devido ao atrito com os grãos
\bar{U}_{*b}	Velocidade de cisalhamento devido às formas do leito

LISTA DE FIGURAS

2.1 – Diagrama de Shields	15
2.2 – Relação entre o ângulo de repouso da partícula (ϕ_o) e a razão do tamanho da partícula (D) para a rugosidade equivalente do leito (K_s).	17
2.3 – Valores da tensão de Cisalhamento Crítica de Referência (τ_{ri}) como uma função da razão D_i/D_{50} com dados de Wilcock e Southard (1988).	19
2.4 – Valores da Tensão de Cisalhamento Crítica de Referência (τ_{ri}) como uma função da razão D_i/D_{50} para outros sedimentos [Wilcock e Southard (1988)].	20
2.5 – Esquema geral das formas do leito.	23
2.6 – Relação de Srinivasan para a determinação da forma do leito.	25
2.7 – Fator de correção X da equação de distribuição de velocidade como função da relação K_s/δ .	28
2.8 – Relação de Einstein e Barbarosa (1952) para a resistência devida as formas do leito.	29

2.9 – Relação entre o parâmetro de intensidade de cisalhamento (ψ) e o parâmetro de carga do leito (ϕ), [Einstein (1950)].	32
2.10 – Integral I_1 como função de E para valores de Z [Einstein (1950)].	35
2.11 – Integral I_2 como função de E para valores de Z [Einstein (1950)].	36
2.12 – Fator de eficiência da carga do leito (e_b) como função da velocidade de fluxo (U) e do diâmetro do sedimento (D) [Bagnold (1966)].	38
2.13 – Coeficiente de atrito sólido (tag. α) [Bagnold (1966)].	39
2.14 – Valores da função $f(U/W)$ para a aplicação do método de Laursen [Laursen (1958)].	41
3.1 – Vista lateral do sistema de recirculação mostrando os principais componentes.	47
3.2 – Partes montantes do sistema.	48
3.3 – Partes jusantes do sistema.	48
3.4 – Painel de controle computadorizado.	49
3.5 – Controle eletro - mecânico da declividade do canal.	49

3.6 – Vista superior do leito.	50
3.7 – Vista em perfil do leito.	50
3.8 – Frações utilizadas nas misturas.	57
3.9 – Curva granulométrica da primeira mistura.	58
3.10 – Curva granulométrica da segunda mistura.	59
3.11 – Curva granulométrica da terceira mistura.	60
3.12 – Curva granulométrica da primeira mistura ao final dos ensaios com dunas.	61
3.13 – Curva granulométrica da segunda mistura ao final dos ensaios com dunas.	62
3.14 – Curva granulométrica da terceira mistura ao final dos ensaios com dunas.	63
4.1 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Einstein usando os diâmetros D_{65} e D_{70} (segunda mistura – leito plano).	151
4.2 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Einstein usando os diâmetros D_{65} e D_{70} (terceira mistura – leito plano).	152

4.3 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Bagnold usando os diâmetros D_{25} e D_{35} (segunda mistura – leito plano).	153
4.4 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Einstein usando os diâmetros D_{25} e D_{35} (terceira mistura – leito plano).	154
4.5 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D_{50} e D_{35} (primeira mistura – dunas).	155
4.6 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D_{50} e D_{35} (segunda mistura – dunas).	156
4.7 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D_{50} e D_{35} (terceira mistura – dunas).	157
4.8 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D_{50} e D_{35} (segunda mistura – leito plano).	158
4.9 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D_{50} e D_{35} (terceira mistura – leito plano).	159

4.10 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Yang usando os diâmetros D_{50} e D_{70} (primeira mistura – dunas).	160
4.11 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D_{50} e D_{70} (segunda mistura – dunas).	161
4.12 – Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D_{50} e D_{70} (terceira mistura – dunas).	162
4.13 – Relações entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento superficial (mistura 1 – dunas).	163
4.14 – Relações entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento total (mistura 1 – dunas).	164
4.15 – Relações entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento superficial (mistura 2 – dunas).	165
4.16 – Relações entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento total (mistura 2 – dunas).	166

4.17 – Função de Resistência para dunas em mistura bimodal (mist. 1)	167
4.18 – Função de Resistência para dunas em mistura bimodal (mist. 2)	168
4.19 – Função de Resistência para dunas em mistura bimodal (mist. 3)	169
4.20 – Função de Resist. para leito plano em mistura bimodal(mist. 2)	170
4.21 – Função de Resist. para leito plano em mistura bimodal(mist. 3)	171
4.22 – Função de Resistência para dunas em mistura unimodal (mist. 1)	172
4.23 – Função de Resistência para dunas em mistura unimodal (mist. 2)	173
4.24 – Função de Resistência para dunas em mistura unimodal (mist. 3)	174
4.25 – Função de Resist. para leito plano em mistura unimodal(mist. 1)	175
4.25 – Função de Resist. para leito plano em mistura unimodal(mist. 3)	176

LISTA DE TABELAS

3.1 – Parâmetros característicos das misturas.	55
3.2 – Valores da massa específica e da viscosidade do fluido em função da temperatura.	65
3.3 – Folha de medição dos dados experimentais.	68
3.4 – Folha de medição dos dados experimentais.	69
3.5 – Dados dos experimentos realizados com a primeira mistura.	72
3.6 – Dados dos experimentos realizados com a segunda mistura.	73
3.7 – Dados dos experimentos realizados com a terceira mistura.	74
4.1 – Dados obtidos pelo método de Vanoni e Brooks (primeira mistura)	81
4.2 – Dados obtidos pelo método de Vanoni e Brooks (segunda mistura)	83

4.3 - Dados obtidos pelo método de Vanoni e Brooks (terceira mistura)	85
4.4 - Dados obtidos pelo método de Einstein e Barbarosa (primeira mistura)	87
4.5 - Dados obtidos pelo método de Einstein e Barbarosa (segunda mistura)	89
4.6 - Dados obtidos pelo método de Einstein e Barbarosa (terceira mistura)	91
4.7 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein utilizando D_{65} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - leito plano).	93
4.8 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein utilizando D_{70} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - leito plano).	96
4.9 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein utilizando D_{65} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - leito plano).	99
4.10 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein utilizando D_{70} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - leito plano).	102
4.11 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Bagnold utilizando D_{25} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - leito plano).	105

4.12 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Bagnold utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura – leito plano).	107
4.13 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Bagnold utilizando D_{25} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura – leito plano).	109
4.14 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Bagnold utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura – leito plano).	111
4.15 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura – dunas).	113
4.16 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura – dunas).	115
4.17 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura – dunas).	117
4.18 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura – dunas).	119
4.19 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura – leito plano).	121

4.20 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura – leito plano).	123
4.21 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura – dunas).	125
4.22 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura – dunas).	127
4.23 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura – leito plano).	129
4.24 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Laursen utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura – leito plano).	131
4.25 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura – dunas).	133
4.26 – Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura – dunas).	135

4.27 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{70} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura - dunas).	137
4.28 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - dunas).	139
4.29 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - dunas).	141
4.30 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{70} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - dunas).	143
4.31 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - dunas).	145
4.32 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - dunas).	147
4.33 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Yang utilizando D_{70} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - dunas).	149

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	II
ABSTRACT	III
LISTA DE SÍMBOLOS	IV
LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS	XIII

CAPÍTULO I

Introdução	1
------------	---

CAPÍTULO II

Hidráulica dos Canais Erodíveis

2.1-Considerações Iniciais	5
2.2-Canais de Fundo Rígido e de Fundo Móvel	6
2.3-Características Gerais do Transporte de Sedimentos	8
2.4-Propiedades Físicas dos Sedimentos	10
2.5-Início do Movimento dos Sedimentos	12
2.6-Tensão de Cisalhamento Crítica para Misturas de Sedimentos Diferentes	16
2.7-Formas do Leito	20
2.8-Equações Seleccionadas de Transporte de Sedimentos	
2.8.1-Considerações Gerais	30
2.8.2-A equação de Einstein (1950)	31
2.8.3-A equação de Bagnold (1956)	37
2.8.4-A equação de Laursen (1958)	39
2.8.5-A equação de Yang (1973)	41

CAPÍTULO III

Investigações Experimentais

3.1-Considerações Gerais	44
3.2-Instalações Experimentais	45
3.3-Planejamento dos Ensaios	51
3.4-Coleta de Dados	51
3.4.1-Controle da Vazão Líquida	51
3.4.2-Declividade da Superfície da água e do canal	52
3.4.3-Medição do Transporte Sólido	53
3.4.4-Profundidade Média de Fluxo	54
3.4.5-Granulometria dos Sedimentos	55
3.4.6-Temperatura do Fluido	64
3.5-Procedimento Experimental	66
3.6-Apresentação dos Dados Coletados	70

CAPÍTULO IV

Análise dos Dados e Apresentação dos Resultados

4.1-Considerações Iniciais	75
4.2-Avaliação do Transporte Sólido	76
4.3-Funções de Resistência para Canais Aluviais	77

CAPÍTULO V

Discussão dos Resultados

5.1- Análise dos resultados com as equações de transporte	177
5.1.1-Equação de Einstein	178
5.1.2-Equação de Bagnold	179
5.1.3-Equação de Laursen	180
5.1.4-Equação de Yang	181
5.1.5-Considerações Finais	181
5.2-Relação entre o transporte sólido e a tensão de cisalhamento devido aos grãos de superfície	182

5.3-Análise da variação do fator aditivo B da equação de resistência	186
5.4-Comparação entre misturas unimodais e bimodais	188
CAPÍTULO VI	
Conclusões e Recomendações	
6.1-Conclusões	191
6.2-Recomendações	192
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	194
ANEXOS	202

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

O transporte de sedimentos e as consequências indesejáveis, sempre foram um grande problema, desde civilizações antigas até os anos atuais, o que vem sendo objeto de muitas pesquisas desenvolvidas nesta área. O processo natural que resulta no transporte das partículas compreende-se em três fases: erosão, transporte e deposição, que são influenciados por vários fatores do fluxo e do curso (Vanoni, 1977).

Os processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos nos leitos dos rios são bastantes complexos. Na fase de erosão, as partículas são desprendidas devido ao impacto da energia cinética das gotas de chuvas ou por forças originadas pelo próprio fluxo da água do rio em que elas se encontram. Após serem desprendidas, elas são transportadas pelo fluxo, cujo transporte dependerá da forma e peso das partículas e forças exercidas na partícula pelo fluxo. Quando, a capacidade do fluxo para o deslocamento das partículas se torna inferior a quantidade de sedimentos no fluxo, ocorre a deposição das mesmas.

O fenômeno de erosão e transporte de sedimentos pode criar sérios problemas, tais como:

- 1) Assoreamento dos cursos dos rios;
- 2) Prejuízo em terras agricultáveis, com a redução da fertilidade do solo pelo carreamento dos nutrientes, ou deposição de material arenoso;
- 3) Deterioração da qualidade das águas, tornando-as impróprias para o consumo humano ou aumento nos custos de tratamento;
- 4) Erosão a jusante de uma barragem, ou outras áreas específicas.

Além dos problemas anteriormente citados, vale ressaltar o alto custo de se recuperar uma determinada área atingida pelos efeitos da erosão ou deposição, o que pode tornar a recuperação inviável.

Uma forma de minimizar as consequências destes problemas seria a de procurar entender, da melhor forma possível, as modificações ocorridas ao longo dos tempos pelos cursos d'água e identificar os principais fatores responsáveis pelas tais alterações no curso de um rio. A compreensão dos processos físicos envolvidos seria uma etapa fundamental para encontrar soluções para os problemas, bem como planejar e construir as diversas obras hidráulicas.

O transporte sólido em canais aluviais tem uma estreita relação com o ciclo hidrológico de uma determinada região. O conhecimento da quantidade e qualidade do transporte sólido em canais é muito importante para definir, por exemplo, uma estratégia adequada na operação de uma obra hidráulica. O sistema fluvial tem um comportamento dinâmico, em que os ajustes ocorridos na natureza são provenientes de fatores externos provocados pelos fenômenos naturais ou provocados pela ação humana.

O transporte sólido é um fenômeno complexo que depende de muitas variáveis e que, muitas vezes, não se tem uma relação simples entre elas. Além disso, o transporte sólido é um fenômeno natural com características locais associadas ao comportamento individual de um rio, não sendo possível uma extensão geral dos resultados obtidos para outros cursos em outras regiões.

Um estudo geomorfológico do curso fluvial e um estudo do comportamento dinâmico de um sistema em sua evolução espacial e temporal, acompanhado de uma análise das características da bacia e a distribuição do seu sistema de drenagem são importantes quando se necessita avaliar o volume de material sólido que pode ser transportado. Na prática, o que se procura é utilizar uma ou algumas das equações de transporte, afim de se escolher aquela que melhor se adapte às condições impostas pela área em estudo, ou pela quantidade e qualidade das informações disponíveis.

Uma das limitações das fórmulas do transporte sólido está associada às condições experimentais em que as mesmas foram obtidas. Em seu funcionamento natural, é praticamente impossível de se reproduzir completamente o comportamento de um rio em laboratório, seja por fatores de escala, seja por fatores dinâmicos de funcionamento. Uma outra limitação está relacionada às condições experimentais de transporte em que foram obtidas as equações de transporte. Não se pode, por exemplo, aplicar fórmulas utilizadas em rios montanhosos da mesma maneira em rios com pouca declividade sem os devidos ajustes, pois a taxa e tipo do material transportado será diferente para ambos os rios (Da Cunha, 1969).

Em termos gerais, o processo de transporte sólido, pode ser visto como o efeito interativo de variáveis relacionadas: a) com as propriedades do sedimento, suas características geométricas e distribuição granulométrica, disponibilidade para o transporte, etc. e b) com o rio e sua função de promover o transporte de material sólido como a seção do fluxo, vazão média, comprimento e largura do trecho, a rugosidade, etc. Vale ressaltar que existe uma interação entre estes grupos, pois o tipo de material transportado pode afetar diretamente nas propriedades da seção do canal, visto que o material transportado pode provocar alargamento em determinados trechos do rio, ocasionando variações em resistência e até torná-lo meandroso.

Em cursos naturais, não existe um diâmetro uniforme de sedimentos transportados pelo fluxo, e o que se percebe é o transporte de uma mistura com variações granulométricas maior ou menor em determinadas condições.

Os sedimentos dos canais naturais podem consistir de partículas de diferentes tamanho, forma, densidade relativa e velocidade de queda. Estas diferenças, portanto, afetam todo o comportamento do fluxo nos canais (Simons e Senturk, 1977). Vários trabalhos vem sendo desenvolvidos para se avaliar o comportamento das misturas de sedimentos na ocorrência das formas do leito, no valor efetivo da tensão de cisalhamento crítica para o início do movimento e na taxa de transporte. Recentes trabalhos concordam que partículas de tamanho pequenas em uma mistura poderá mostrar grande

resistência ao movimento e apresentar alta tensão crítica de cisalhamento para a erosão devido ao efeito de proteção de sedimentos finos pelos sedimentos grossos numa dada mistura. Tamanhos relativamente grandes poderão apresentar maior facilidade de movimento relativo aos finos.

Em geral, a maioria dos sedimentos nos cursos naturais apresentam uma distribuição bimodal, da forma log normal. A utilização do diâmetro médio como o tamanho representativo da mistura é a pratica comum nestes casos. Frequentemente os sedimentos do leito apresentam distribuições diferentes do log normal e são poucos os estudos que investigaram o comportamento das misturas bimodais, quando a mistura apresenta dois tamanhos distintos como predominantes.

O presente trabalho tem como objetivo analisar os resultados de uma investigação usando um canal de recirculação de sedimentos, com misturas bimodais compostas de sedimentos grossos e sedimentos finos. Procurou-se investigar a influência da distribuição granulométrica sobre a taxa de transporte e resistência ao fluxo de três misturas distintas de sedimentos com a distribuição bimodal.

CAPÍTULO II

HIDRÁULICA DOS CANAIS ERODÍVEIS

2.1 – Considerações Iniciais

Para definir os termos usados no transporte sedimentos, torna-se importante descrever o movimento dos grãos causados pelo fluxo da água. Com uma velocidade muito baixa de fluxo, não ocorre o movimento dos grãos, mais a medida em que a velocidade aumenta, algumas partículas começam a entrar em movimento por rolamento ao longo do leito. Com um aumento maior desta velocidade, alguns grãos sofrerão pequenos saltos, deixando o leito por alguns instantes e retornando posteriormente ao mesmo, fenômeno este conhecido por saltação. Logicamente, com o aumento gradual da velocidade, a turbulência no fluxo irá aumentar, ou seja, mais partículas entrarão em movimento, onde algumas delas permanecerão em movimento sem contato com o leito, fenômeno conhecido como suspensão, que também depende das características dos grãos.

Vimos portanto, que podemos ter transporte de sedimentos por arrastamento e por suspensão; a primeira verifica-se quando as partículas permanecem no fundo do leito movendo-se através de deslizamento entre as mesmas, enquanto que a segunda, as partículas estão inseridas no fluxo sem contato com o fundo do leito. Podemos ainda caracterizar um terceiro tipo de transporte definido de saltação, que ocorre quando partículas do fundo são violentamente arrancadas, em um movimento ascendente, retornando ao leito de forma mais lenta e tranquila ao fundo por ação da gravidade. Em geral, considera-se apenas o transporte por arrastamento e/ou suspensão no cálculo do transporte sólido.

A velocidade das partículas transportadas por arrastamento é bem menor que as transportadas em suspensão, em virtude do atrito entre as partículas do leito. Além disto verifica-se que as partículas em suspensão estão em movimento contínuo, enquanto que as transportadas por arrasto possuem movimento intermitente, alternando os deslocamentos com paradas.

A diferença entre a velocidade de transporte por suspensão e a de arrasto, somado ao fato de que na suspensão as partículas que estão sendo transportadas ocupam toda a seção do canal, ao passo que no arrasto o transporte ocorre apenas numa camada junto ao fundo, nos leva a deduzir que a vazão sólida é bem maior na forma de suspensão do que no arrasto.

O movimento das partículas é condicionado a turbulência do fluxo que, ora desloca a partícula para cima, quando a componente vertical da velocidade turbulenta é para cima e maior que a velocidade de sedimentação, ora desloca para baixo quando a componente da velocidade turbulenta é para baixo; ou mesmo ascendente, mas cuja componente é menor do que a velocidade de sedimentação.

2.2 – Canais de Fundo Rígido e de Fundo Erodível

O movimento das partículas pode ocorrer em canais de fundo rígido não erodíveis e de fundo erodível. Os escoamentos à superfície livre em fundo móvel são mais complexos se compararmos com os escoamentos em fundo rígido, em virtude destes se basearem nas fórmulas hidráulicas bem definidas ao passo que nos fundos móveis torna-se difícil estabelecer equações semelhantes em virtude da interação do fluxo com as partículas sólidas, gerando alterações e ajustes contínuos. No entanto, vários estudos vem sendo desenvolvidos nesta área, na busca de entendimentos, uns com base em conceitos físicos, outros através de experiências em laboratórios [Da Cunha (1969)]. As principais diferenças entre canais abertos com fundo erodível e com fundo rígido [Simons e Senturk (1977)] são as seguintes:

- a) em canais aluviais, o fluxo e a forma de fronteira estão interrelacionados. Após o movimento do leito ter tido início, o leito começa a sofrer distorção, o que provoca o aparecimento das formas do leito. A forma, o tamanho e a taxa de movimento dessas formas do leito variam com as condições do fluxo;
- b) a magnitude dos elementos rugosos, representados pelas formas do leito, podem ser da mesma ordem de magnitude da profundidade do fluxo. Uma rugosidade relativa dessa grandeza não é geralmente encontrada em sistemas rígidos;
- c) um leito aluvial não é impermeável; há a possibilidade de ocorrer o fluxo pelo interior do leito;
- d) no leito aluvial há o movimento dos grãos e o movimento das formas do leito. O rolamento dos grãos sobre a fronteira pode introduzir um cisalhamento adicional devido a sua própria rotação, além disto, as esteiras, fenômeno que ocorre no fluxo à jusante de cada rugosidade do leito, provocam turbulência próximo à fronteira. Em adição, o movimento das formas do leito cria irregularidades de fluxo na vertical devido à mudança de elevação do leito e do padrão de fluxo resultante;
- e) nos estágios avançados do movimento do sedimento, algumas partículas do leito são sustentadas pelo fluxo, e o material é dito estar em suspensão. A presença de material em suspensão afeta a turbulência, o peso específico e a viscosidade do fluido;
- f) como as formas do leito alcançam dimensões comparáveis à profundidade do fluxo, o mesmo não é mais uniforme, acontecendo variações de profundidade e de velocidade ao longo e transversalmente ao canal;

Essas diferenças não podem ser ignoradas e devem ser consideradas na análise do fluxo em canais aluviais. Ao considerarmos o escoamento à superfície livre em canal com fundo móvel, podemos verificar que à medida em que ocorre

um aumento de velocidade, as partículas do fundo começam a ser transportadas pelo fluxo, em maior quantidade.

À medida em que as partículas vão sendo transportadas, alterações no fundo do leito vão sendo verificadas, alterando a rugosidade do mesmo. Quando a velocidade atinge um certo valor, as partículas que antes estavam sendo arrastadas no fundo do leito começam a entrar em suspensão, o que alterará as condições do próprio fluxo. Quando a taxa de transporte sólido aumenta mais com a velocidade do fluxo, as formas do leito poderão desaparecer totalmente dando lugar a um leito plano.

2.3 – Características Gerais do Transporte de Sedimentos

A carga total de sedimentos transportada por um fluxo é igual a carga de arrasto mais a carga em suspensão. Existe também a carga de lavagem que é proveniente do carreamento de sedimentos extremamente finos das margens dos rios, provindo do escoamento superficial e que permanecem em suspensão no fluxo. Portanto, o transporte de sedimentos nesta forma é exclusivamente em função da disponibilidade.

A natureza do material que compõe o fundo do canal precisa, portanto, ser avaliada em termos de quantidade e qualidade afim de que se possa elaborar um estudo mais preciso a respeito do comportamento dos sedimentos nos leitos dos rios. Assim, o material é definido por suas propriedades tais como: tipo de sedimento, classificação quanto ao tamanho das partículas, tamanho representativo, massa específica seca e submersa, forma, distribuição, densidade e velocidade de queda.

A maioria das propriedades dos sedimentos podem ser definidas a partir de uma amostra coletada no leito. A velocidade de queda das partículas, representada por W , é obtida através da relação de equilíbrio entre a resistência do fluido e a força de gravidade [Graff (1971)]. Isto é definido da seguinte maneira:

$$F_A = C_D \cdot \rho \cdot A \cdot \frac{W^2}{2} \quad \text{eq.2.1}$$

$$P = (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot V \quad \text{eq.2.2}$$

$$F_A = P \quad \text{eq.2.3}$$

$$C_D \cdot \rho \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{W^2}{8} = (\rho_s - \rho) \cdot g \cdot \left(\pi \cdot \frac{D^3}{6}\right) \quad \text{eq.2.4}$$

onde F_A é a força de atrito ou a resistência imposta ao movimento da partícula, P é o peso submerso da partícula, A é a área da seção de uma partícula, V é o volume da partícula, C_D é o coeficiente de arrasto, D é o diâmetro representativo das partículas, ρ é a massa específica do fluido, ρ_s é a massa específica do sedimento, e g é a aceleração da gravidade.

Como $W \cdot D / \nu$ é o Número de Reynolds R_e , em que ν é a viscosidade cinemática, o coeficiente de arrasto C_D pode ser estabelecido como uma função de R_e , ou seja:

$$C_D \cdot R_e^2 = \frac{4}{3} \cdot g \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{D^3}{\nu^2} \quad \text{eq. 2.5}$$

ou

$$\frac{C_D}{R_e} = \frac{4}{3} \cdot g \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot \frac{\nu}{W^3} \quad \text{eq. 2.6}$$

que permite a elaboração de uma curva experimental.

Analiticamente, a queda de uma partícula esférica foi estudada por vários pesquisadores [Graf (1971), Srinivasan e Hill (1985)] e o valor do coeficiente da

arrasto foi estabelecido como uma função do Número de Reynolds. Para $R_e < 0,1$ o valor do coeficiente de arrasto pode ser definido por: $C_D = 24/R_e$ (solução de Stokes) [Graff(1975), Simons e Senturk (1977)].

Substituindo o valor de C_D na equação 2.6 tem-se:

$$W = \frac{1}{18 \cdot \nu} \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cdot g \cdot D^2 \quad \text{eq. 2.7}$$

O movimento de uma partícula em condições não exatamente definidas pelas equações anteriores, implica uma modificação da velocidade de queda, o que, em geral, depende de : forma da partícula, condições do limite da fronteira, turbulência, resistência da superfície das partículas, aglomeração de sedimentos e viscosidade [Srinivasan (1992)].

Em geral, a modificação da velocidade de queda é indicada pela alteração da resistência do fluido dada pela equação de Stokes, $R = K(3 \cdot \pi \cdot D \cdot \mu \cdot W)$, onde K é avaliado para cada efeito ou combinação dos efeitos já citados e μ é a viscosidade dinâmica do fluido.

2.4 – Propriedades Físicas dos Sedimentos

Os sedimentos podem ser classificados de uma maneira geral em coesivos e não-coesivos. A resistência à erosão de sedimentos coesivos depende do comprimento da fronteira coesiva entre os mesmos. Os sedimentos não-coesivos consistem, geralmente, de partículas maiores do que os sedimentos de argila. O comportamento hidráulico das partículas de sedimentos não-coesivas é afetado por propriedades físicas tais como: tamanho, forma, densidade e velocidade de queda das partículas.

A densidade de uma partícula de sedimento depende de sua composição mineral. Os aluviões fluviais são compostos principalmente por minerais de quartzo e feldspato. Estes minerais têm uma densidade em torno de 2,65. Por esta razão, grande parte dos trabalhos desenvolvidos nesta área, adotam este valor como padrão.

A forma de uma partícula influenciará consideravelmente no seu comportamento dinâmico, partículas tipo esféricas por exemplo, tendem a entrar em movimento por rolamento mais rápido do que outras. Os parâmetros de forma mais utilizados em estudos com sedimentos são a esfericidade e o fator de forma. A esfericidade foi definida por Wadell em 1932, como a razão entre a área superficial de uma esfera de mesmo volume que a partícula e a área superficial verdadeira da partícula. Este parâmetro é importante para descrever o movimento relativo da partícula em queda no fluido. Estudos realizados por McNown e Inalaika [Schulz et al. (1954)] concluíram que o fator de forma (β) definido como:

$$\beta = \frac{c}{\sqrt{ab}}. \quad \text{Eq. 2.8}$$

expressava melhor a forma da partícula. Na equação acima, a , b e c são os comprimentos dos eixos mais longo, intermediário e menor da partícula, respectivamente.

O tamanho da partícula de sedimento é a propriedade da maior importância no estudo de problemas relacionados com sedimentos, visto que outras variáveis são influenciadas pela mesma.

Os sedimentos consistem de partículas muito diferentes em tamanho, forma, peso específico e velocidade de queda. Estas diferenças, portanto, irão afetar o comportamento do fluxo nos canais naturais.

A determinação de um tamanho único que represente uma mistura de sedimentos é difícil de obter. Não existe um critério específico para achá-lo. Por

estas razões, diferentes tamanhos de partículas tem sido propostas como representativas, tais como D_{35} , D_{50} , D_m , etc.

Quando uma mistura de partículas de sedimentos é considerada, sua distribuição granulométrica deve ser determinada por peneiramento. Esta operação fornece várias frações de sedimentos, sendo cada fração formado de material praticamente uniforme.

2.5 – Início do Movimento dos Sedimentos

O fluxo em canais, naturais ou artificiais, provoca o surgimento nos seus contornos de uma força denominada de força de arrasto, que atuando na superfície do canal corresponde a tensão de cisalhamento [Simons & Senturk (1977)]. A força de arrasto sobre o leito é definido por:

$$\tau_0 = \gamma R S \quad \text{eq. 2.9}$$

onde γ é o peso específico do fluido, R o raio hidráulico da seção de fluxo e S a declividade da linha de energia de escoamento.

O início do movimento das partículas no leito é bastante complexo e sua determinação é feita através de experiências de laboratório. As forças que resistem a ação do fluxo dependem do tamanho e distribuição dos grãos. Para sedimentos grossos, as forças que resistem ao movimento são devidas principalmente ao seu peso próprio; os sedimentos muito finos tendem a serem coesivos e, portanto, suas resistências ao movimento estão mais relacionadas à sua coesão do que ao seu tamanho.

Enquanto as forças erosivas não atingem um valor crítico capaz de mover as partículas do material do leito, o canal se comporta como se fosse rígido. Mas, quando a tensão de cisalhamento que atua no leito, iguala-se ou excede o valor crítico, inicia-se o movimento das partículas [Simons & Senturk (1977)].

Kramer (1965), definiu três tipos de movimento do material do leito:

- 1 – **Movimento Fraco:** somente umas poucas partículas estão em movimento sobre o leito. “Os grãos em movimento sobre 1cm^2 do leito podem ser contados”.
- 2 – **Movimento Médio:** os grãos de diâmetro médio começam a se mover. “O movimento não tem características locais, mas o leito continua plano”.
- 3 – **Movimento Geral:** todos os grãos estão em movimento. “O movimento está ocorrendo em toda parte do leito o tempo todo”.

As forças atuantes sobre uma partícula do leito são o peso próprio submerso da partícula, a força de levantamento, e a força de arrasto. Geralmente a força de levantamento não aparece de maneira explícita nas análises teóricas, porque o levantamento depende das mesmas variáveis que o arrasto e as constantes das equações teóricas resultantes são determinadas empiricamente. Se o fluxo é laminar, efeito da viscosidade predomina e se o fluxo é turbulento os efeitos inerciais predominam.

Analisando as forças atuantes sobre as partículas e considerando o momento que é produzido por cada força, é possível estabelecer a condição crítica para o início do movimento da partícula e que tal condição depende dos seguintes parâmetros: b , d , D_s , g , ρ_s , ρ , ν , U_{*c} [Simons & Senturk (1977), Srinivasan (1992)]. Através de análise dimensional temos:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) D_s} = \frac{\rho U_{*c}^2}{\gamma_s D_s} = f\left(\frac{D_s}{b}, \frac{D_s}{d}, \frac{\rho_s}{\rho}, \frac{U_{*c} D_s}{\nu}\right) \quad \text{eq. 2.10}$$

onde $\gamma_s = (\gamma_s - \gamma)$ é o peso específico submerso da partícula, b é a largura do canal, d é a profundidade do fluxo, D_s é o tamanho efetivo dos grãos ou o elemento rugoso e U_{*c} é a velocidade de cisalhamento na condição crítica.

Para partículas finas, a influência de D_s/b e de D_s/d sobre o equilíbrio das partículas pode ser desprezado [Simons & Senturk (1977)]. Também se ρ é constante, a influência de $\frac{\rho_s}{\rho}$ pode ser incluída no coeficiente da equação final.

Assim a relação fica:

$$\frac{\rho \cdot U_{*c}^2}{\gamma_s D_s} = f\left(\frac{U_{*c} \cdot D_s}{\nu}\right) \quad \text{eq. 2.11}$$

O membro da esquerda desta equação é o número de Froude, expresso em termos da velocidade de cisalhamento e o segundo termo é o número de Reynolds da partícula.

Shields (1936), desenvolveu um gráfico para determinar a tensão de cisalhamento crítica, no caso especial de grãos uniformes sobre um leito plano, que vem sendo aceita pela maioria dos pesquisadores na área, conhecido como o diagrama de Shields (1936) mostrado na figura 2.1.

No diagrama de Shields, o diâmetro do grão (D) aparece na ordenada e na abscissa. Este diâmetro é o tamanho representativo referente ao material do leito, geralmente tomado como D_{50} (diâmetro mediano), ou seja o tamanho da malha da peneira para o qual 50%, em peso, do material é mais fino.

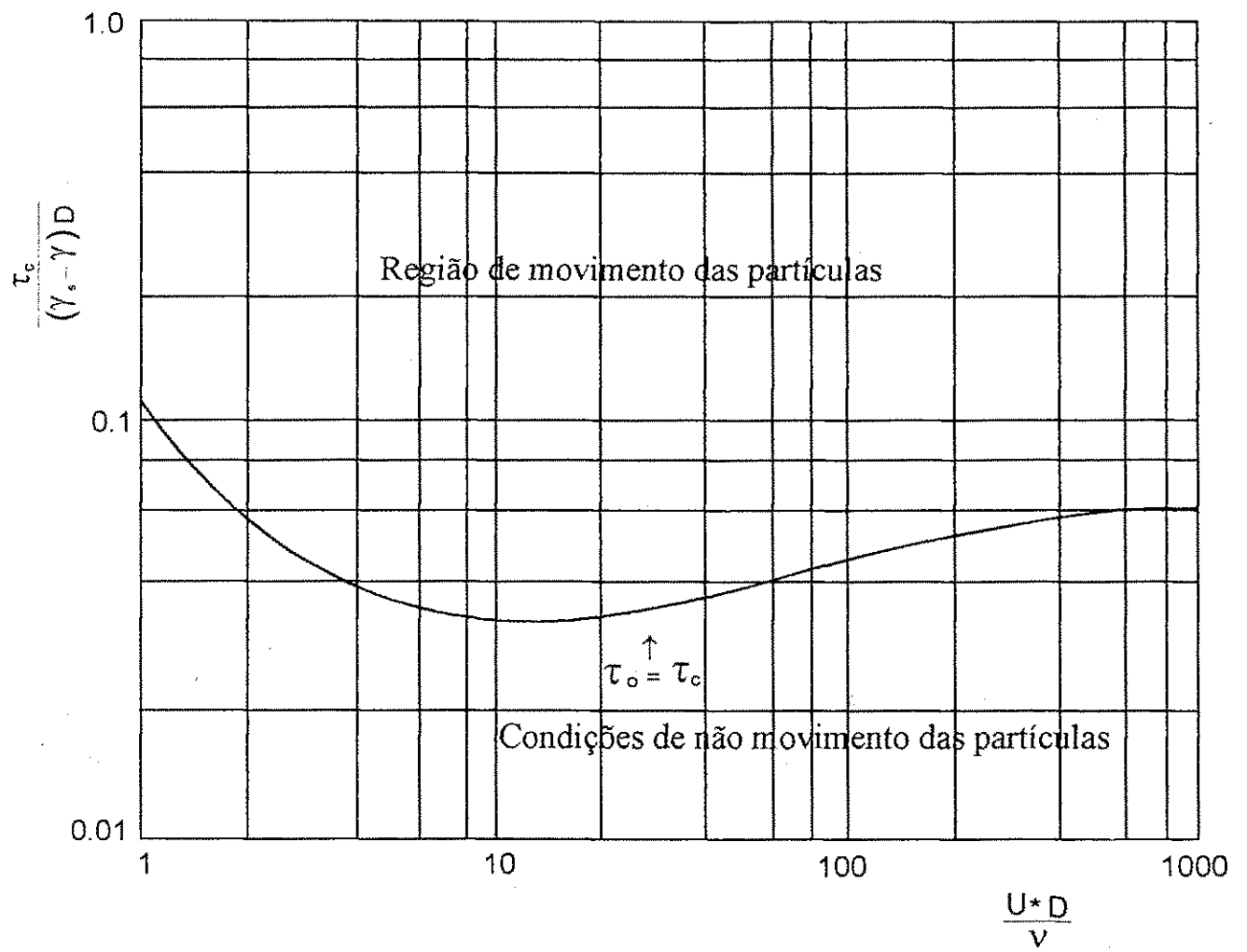


Figura. 2.1 Diagrama de Shields (1936)

2.6 – Tensão de cisalhamento crítica para misturas de sedimentos diferentes

Muitos trabalhos vem sendo desenvolvido para se avaliar a importância das misturas de sedimentos no comportamento das formas do leito, na tensão de cisalhamento crítica para o início do movimento, na taxa de transporte de sedimentos, etc. Existem alguns aspectos importantes que diferencia o movimento inicial dos sedimentos uniformes dos sedimentos com granulometria heterogênea (figura 2.2). O diâmetro do grão é a única escala de comprimento da partícula no problema de sedimentos uniformes. No caso heterogêneo, existem duas escalas de comprimentos. O diâmetro da partícula da fração de interesse é a escala de comprimento para as forças de levantamento, arrasto e gravidade, especialmente o quanto exposto ao fluxo o grão se encontra. Mas, a velocidade de fluxo também depende da escala de rugosidade das partículas do leito, denotado por K_s . A presença destas duas escalas de comprimento na equação para a tensão de cisalhamento crítico é em princípio responsável por diferenças entre o cálculo da tensão de cisalhamento crítico de sedimentos uniformes e heterogêneos. A dependência do tamanho dos grãos nas forças que governam o movimento inicial foi notado previamente por Egiazaroff [1965]. Em uma análise de mobilidade relativa de uma mistura não uniforme de areia num fluxo hidraulicamente rugoso, Eziagaroff [1965] incluiu um fator D/K_s para considerar a altura, aD ($0 < a < 1$), em que as forças do fluido são aplicadas relativamente a K_s , e verificou que quando $D > K_s$ os grãos são mais móveis que o tamanho médio e vice-versa. Variações no ângulo de repouso das partículas não foram incluídas em suas análises.

Outra característica marcante nas misturas com granulometrias diferentes é o fenômeno do escondimento, que está relacionado com a ação do fluxo e a interação entre as partículas de diferentes tamanhos, Moreira (1996).

O ângulo de repouso das partículas, ϕ_0 , varia nos leitos de sedimentos não uniformes. Por exemplo, é mais fácil para uma partícula grande entrar em

movimento em um leito composto por pequenas partículas do que para um pequeno grão entrar em movimento em um leito composto por partículas maiores (Figura 2.2). Isto é indicado por um aumento no valor de ϕ_0 quando a razão do diâmetro do comprimento rugoso do leito diminui.

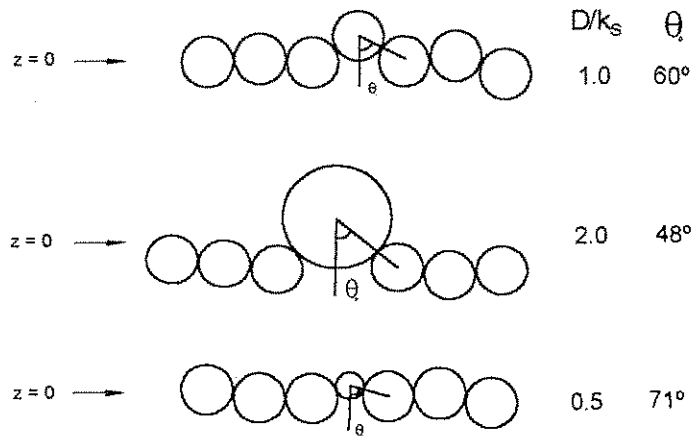


Figura 2.2 – Relação entre o ângulo de Repouso da Partícula (ϕ_0) e a razão do tamanho da partícula (D) para a Rugosidade Equivalente do Leito (K_s).

Wilcock e Southard em 1989, estudaram o início do movimento em sedimentos com partículas de tamanhos diferentes, em um canal artificial, mantendo a profundidade e temperatura da água em valores praticamente fixos.

Os experimentos foram feitos em uma calha de canal artificial com 23m de comprimento, 0,6m de largura e 0,3m de profundidade. Água e sedimentos foram recirculados separadamente. O sedimento transportado era coletado à jusante por peneiramento. A declividade do canal era ajustado por um sistema de pivô localizado no ponto central do canal.

O sedimento foi misturado e espalhado em um leito plano de 7cm de espessura antes de iniciar-se o fluxo. O canal foi enchido lentamente por água quente e água fria para assegurar uma temperatura final entre 24^o e 26^oC. Esta temperatura era mantida durante todo o ensaio adicionando-se pequenas quantidades de água fria e quente; o volume de água também era mantido constante por meio de um vertedor. As coletas das amostras eram feitas ao final de cada experimento para permitir um fluxo uniforme e contínuo.

A tensão de cisalhamento do leito foi computada usando o procedimento do fator de correção das paredes laterais propostos por Vanoni e Brooks [1975].

O objetivo do trabalho de Wilcock e Southard [1989] era determinar um parâmetro de tamanho relativo, D_i/D_{50} , suficiente para descrever os efeitos dos tamanhos dos grãos na tensão de cisalhamento crítica. Dois critérios de transporte de referência foram utilizados. A metodologia aplicada era para estimar a tensão de cisalhamento crítica (τ_{ci}) das frações individuais numa mistura, como a tensão de cisalhamento do leito que produz uma pequena taxa de transporte para cada fração.

Quando τ_{ci} é medida com o método de transporte referenciado, ela é assumida ter pouca dependência com o tamanho relativo das frações, expresso, por exemplo, como uma razão entre o tamanho da fração e o tamanho mediano da mistura, D_i/D_{50} [Parker et. al.; (1982)].

Outro critério de transporte de referência utilizado foi àquele devido a Ackers e White (1973), no qual o parâmetro G_{gr} pode ser definido como:

$$G_{gr} = \frac{q_b}{V.D} \left(\frac{u_*}{V} \right)^n \quad \text{eq. 2.12}$$

em que V é a velocidade média de fluxo, D é o tamanho representativo dos grãos e o n um expoente que depende de uma medida adimensional do tamanho do grão, variando de 1,0 para grãos de tamanhos de silte até 0,0 para grãos mais grossos do que cerca de 2,0 a 3,0mm. A taxa de transporte de referência é $G_{gr} = 10^4$. Dessa

forma foi definida a tensão de cisalhamento no leito nas condições de movimento incipiente (ou tensão de cisalhamento de referência τ_{ri}^*). As figuras 2.3 e 2.4 mostram os resultados obtidos por Wilcock e Southard (1989) e outros pesquisadores. Pode ser observado que a relação $\tau_{ri}^* - D_i/D_{50}$ apresentou a mesma linha de tendência para as diversas misturas, a declividade das mesmas variaram entre $-0,97$ a $-1,06$; o que significa que todas as frações na mistura cruzam o nível de transporte de referência na mesma tensão de cisalhamento dimensional no leito (τ_0). Se a taxa de transporte de referência é análoga a tensão de cisalhamento crítica para cada fração, verifica-se que todas as frações começam a ser movimentadas na mesma tensão de cisalhamento dimensional do leito.

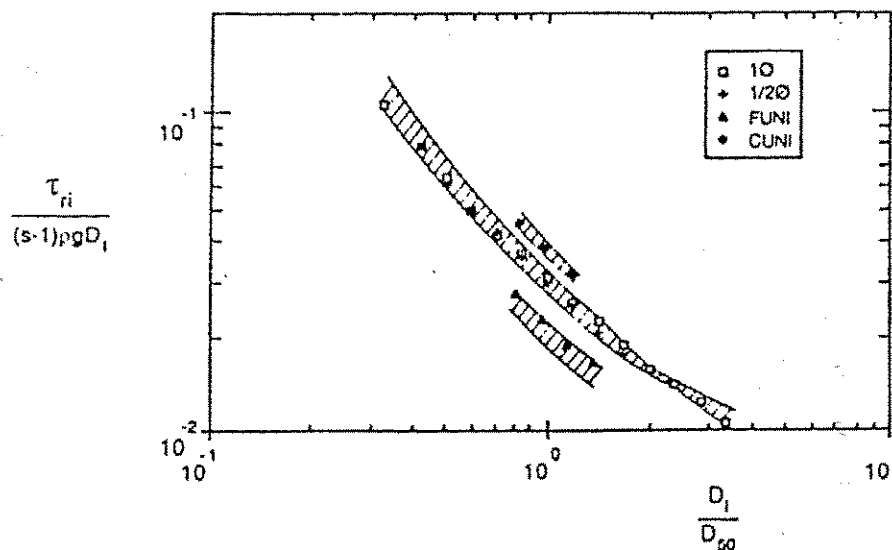


Figura 2.3 – Valores da tensão de Cisalhamento Crítica de Referência (τ_{ri}) como uma função da razão D_i/D_{50} com dados de Wilcock e Southard (1989).

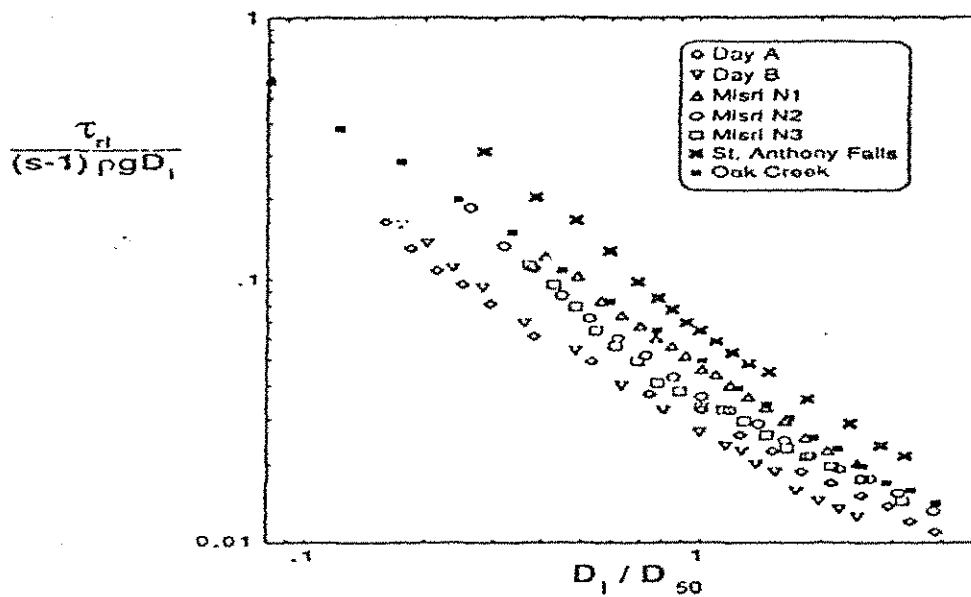


Figura 2.4 – Valores da Tensão de Cisalhamento Crítica de Referência (τ_{ci}) como uma função da razão D_i/D_{50} para outros sedimentos [Wilcock e Southard (1989)].

2.7) Formas do Leito

Ao iniciar o movimento das partículas, provocadas pela força de cisalhamento superior a tensão crítica, o leito do rio passa a assumir formas que estão intimamente relacionadas com a interação do fluxo com o material do leito. Assim, a resistência do fluxo e o transporte de sedimentos são funções da declividade e profundidade do canal, da viscosidade do fluido e do tamanho das partículas no leito. A interrelação entre o fluxo e o leito, bem como a interdependência das variáveis envolvidas, é bastante complexo. Porém, compreendendo bem as características das diferentes formas do leito, a resistência ao fluxo e o transporte de sedimentos associados com cada forma do leito, e como as variáveis de profundidade, declividade, viscosidade afetam a forma do leito, se

torna possível analisar melhor as relações inerentes entre o fluxo e a resistência bem como o fluxo e o transporte de sedimentos.

Os ripples são formas do leito pequenas, com comprimento de onda de cerca de 30cm e altura aproximada de 5cm. Apresentam forma irregular tanto no plano horizontal como na seção longitudinal. Possuem longa e suave inclinação à montante e curta e íngreme à jusante. Um canal com leito de ripples apresenta grande resistência ao escoamento e pequeno transporte de sedimento. Segundo Simons & Senturk (1977) as características do fluxo com formação de ripples são as seguintes:

1. $D_{50} < 0,6\text{mm}$;
2. superfície da água: plana;
3. sedimentos são transportados principalmente pelo fundo do leito; material em suspensão praticamente não existe;
4. um aumento na profundidade causa um decréscimo na resistência do fluxo;
5. os ripples movem-se através de elevações constantes;

As dunas são formações do leito maiores do que os ripples. O seu perfil é fora de fase com o perfil da superfície da água. O perfil longitudinal das dunas é aproximadamente triangular, com longas e suaves declividades à montante e declividade à jusante praticamente igual ao ângulo de repouso do material do leito. Simons & Senturk (1977), destacaram as seguintes características das dunas:

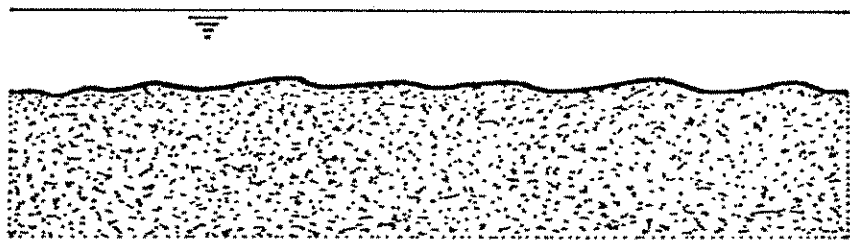
1. dunas são comuns para todos os sedimentos com $0,6 < D_{50} < 15\text{mm}$;
2. a superfície da água é ondulatória, com a menor profundidade na crista e maior profundidade a jusante das dunas;
3. existe material em suspensão;
4. a resistência do fluxo aumenta com o aumento da profundidade para areias grossas ($D_{50} > 0,3\text{mm}$) e diminui com um aumento da profundidade para areias finas ($D_{50} < 0,3\text{mm}$);

5. o coeficiente de Manning n varia de 0,018 para 0,035 e o coeficiente de descarga C/\sqrt{g} varia de 8 para 12 ou 15;
6. apresenta uma geometria tri-dimensional.

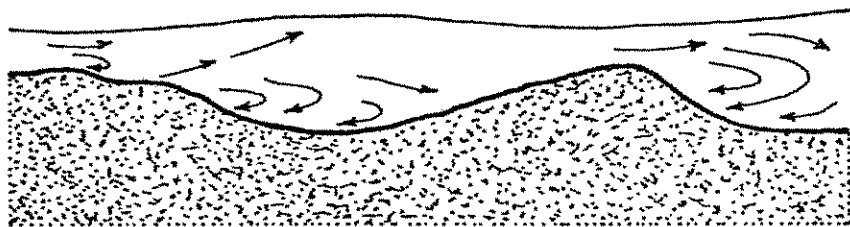
Se a tensão de cisalhamento aumenta em um canal continuamente, o tamanho das dunas aumentará até alcançar um valor máximo. Após isto entrará em um regime de transição onde as dunas irão diminuir gradativamente sua amplitude, onde por fim elas desaparecerão completamente e um leito plano será formado.

O leito plano por sua vez não apresenta irregularidade na sua superfície, ou seja, não demonstra elevação ou depressão no seu leito, estando associado a altas taxas de transporte de sedimentos e altas tensões de cisalhamento.

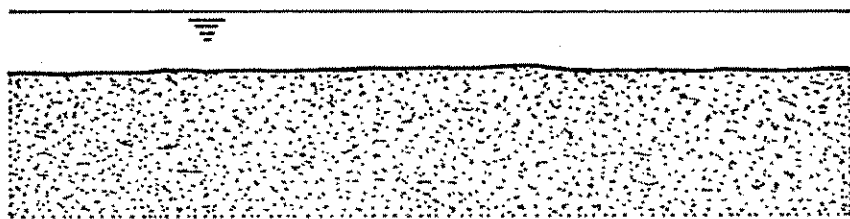
As antidunas são formações do leito que acompanham as ondas da superfície líquida [Vanoni (1977), Simons & Senturk (1977)], isto é, as ondas do leito e da superfície estão em fase. A forma da onda é senusoidal e ela pode mover-se para montante, jusante ou permanecer estacionária. É uma forma do leito com grande taxa de transporte sólido e ocorrem quando o número de Froude está próximo ao valor crítico, que é 1. A figura 2.5 mostra as diversas formas do leito.



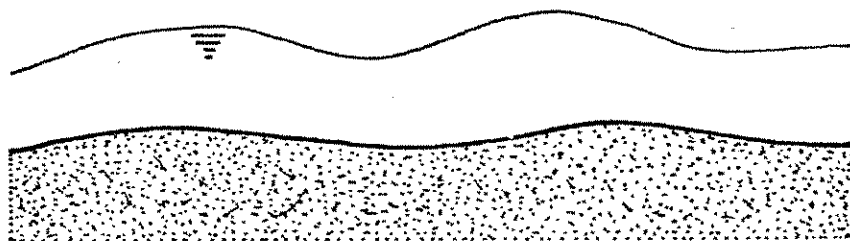
RIPPLES



DUNAS



LEITO-PLANO



ANTIDUNAS

Figura 2.5 - Esquema Geral das Formas do Leito

Assim, cada forma do leito é definida por sua geometria, mas tem características próprias de transporte e resistência, onde muitos pesquisadores procuram encontrar soluções que determinem a mudança exata entre uma forma do leito e outra. O trabalho desenvolvido por Srinivasan (1969) mostra graficamente os campos de ocorrência das diversas formas de leito em função dos parâmetros adimensionais gD^3/v^2 e $U \cdot D/v$. Considerando o leito plano como regime estável, uma alteração ou instabilidade no leito plano favorece a formação de ripples ou dunas. Quando a tensão de cisalhamento sobre o leito plano diminui gradualmente, haverá instabilidade do leito plano que pode ser substituído por ripples ou dunas, dependendo da viscosidade do fluido e do tamanho dos grãos. As relações encontradas por Srinivasan são mostradas na figura 2.6 [Rêgo (1981), Srinivasan (1969)].

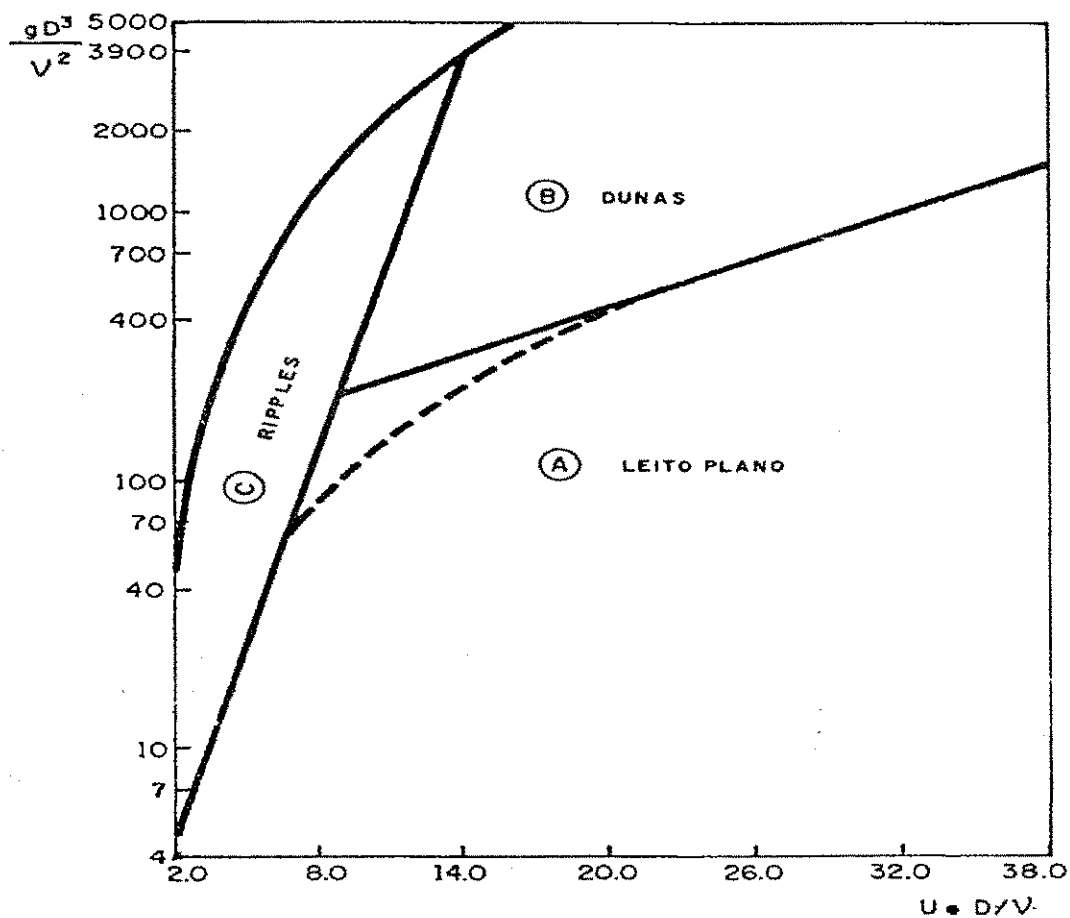


Figura 2.6 - Relação de Srinivasan para Determinação da Forma do Leito
 Extraída de Srinivasan (1969) e Rego (1981)

Se considerarmos uma situação de fluxo turbulento num canal com leito plano, erodível ou não, a resistência total oferecida ao fluxo é devido ao atrito superficial do material que compõe o leito, também conhecido como arrasto superficial.

Nos canais do laboratório com fundo erodível costuma-se separar a resistência ao escoamento devido as paredes laterais e ao leito erodível. Com relação ao fundo do canal, este ainda é subdividido em termos da rugosidade ou resistência da superfície e aquela devido as formas do leito. Traduzindo a influência da rugosidade do fundo do leito pela tensão de cisalhamento, ter-se-á [Da Cunha (1969), Vanoni (1977)]:

$$\tau_b = \tau'_b + \tau''_b \quad \text{eq.2.13}$$

sendo τ_b a tensão de cisalhamento correspondente ao fundo do canal, τ'_b e τ''_b são a tensão de cisalhamento correspondente à superfície do leito e a tensão relativa as formas do leito, respectivamente.

A relação entre a tensão de cisalhamento τ e o coeficiente de atrito de Darcy-Weisbach f pode ser expressa por:

$$f_b = 8 \cdot \tau_b / (U^2 \cdot \rho) \quad \text{eq.2.14}$$

tem-se que $f_b = f'_b + f''_b$ [Vanoni (1977)].

Einstein propôs decompor o raio hidráulico relativo ao leito, R_b , em R'_b , raio hidráulico relativo à superfície do leito e R''_b , e raio hidráulico correspondente a forma do leito. Assim:

$$\tau_b' = \gamma \cdot R_b' \cdot S \quad \text{eq.2.15a} \quad \tau_b'' = \gamma \cdot R_b'' \cdot S \quad \text{eq.2.15b}$$

ou

$$f_b' = 8 \cdot g \cdot R_b' \cdot S / U^2 \quad \text{eq.2.16a} \quad f_b'' = 8 \cdot g \cdot R_b'' \cdot S / U^2 \quad \text{eq.2.16b}$$

Em termos de velocidade de cisalhamento, estas relações podem ser expressas por:

$$f_b = 8 \frac{U_*^2}{U^2} \quad \text{eq.2.17a}$$

$$f_b = 8 \frac{U_*'^2}{U^2} \quad \text{eq.2.17b}$$

Como a relação entre os dois raios hidráulicos não pode ser obtida diretamente do valor de R_b , Einstein e Barbarosa (1952) apresentaram um procedimento para resolver o problema da determinação de cada parcela da resistência total ao fluxo com fronteiras móveis na presença das formas do leito. A velocidade média é obtida através da equação logarítmica da distribuição de velocidade proposta por Keulegan (1938):

$$\frac{U}{U_*'} = 5,75 \cdot \log \left(12,27 \cdot \frac{R' \cdot X}{K_s} \right) \quad \text{eq.2.18}$$

em que X é um fator de correção que leva em consideração as condições nas quais o leito do canal não seja considerado hidraulicamente rugoso, U é a velocidade de do fluxo e U_*' é a velocidade de cisalhamento do leito e R' é o raio hidráulico na condição crítica. O valor de X é expresso como uma função da relação entre a altura da rugosidade equivalente de Nikuradse ($K_s=D_{65}$) e a espessura da subcamada limite laminar δ' (Figura. 2.7)

$$\delta' = 11,6 \cdot \frac{\nu}{U_*'} \quad \text{eq.2.19}$$

na qual ν é a viscosidade cinemática do fluxo.

Uma relação funcional proposta por Einstein e Barbarosa relaciona o arrasto de forma ao transporte de sedimentos, na forma de:

$$\frac{U}{U_*'} = F(\Psi_{35}) \quad \text{eq.2.20}$$

em que ψ_{35} é a intensidade de cisalhamento sobre as partículas cujo tamanho é igual a D_{35} (tamanho para o qual 35% do material do leito é mais fino), sendo dada por:

$$\Psi_{35} = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \frac{D_{35}}{S.R'} \quad \text{eq.2.21}$$

sendo γ_s o peso específico dos sedimentos. A relação funcional dada pela equação 2.21 foi estabelecida graficamente a partir de dados de campo e é mostrada na figura 2.8.

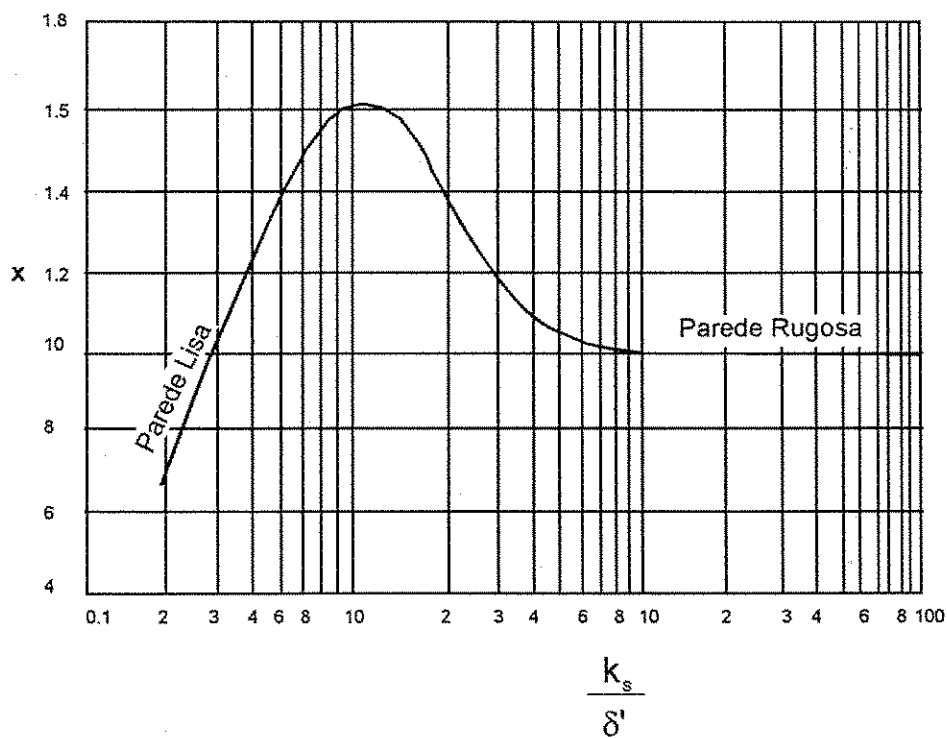


Figura 2.7 – Fator de correção X da equação de distribuição de velocidade como função da relação K_s/δ

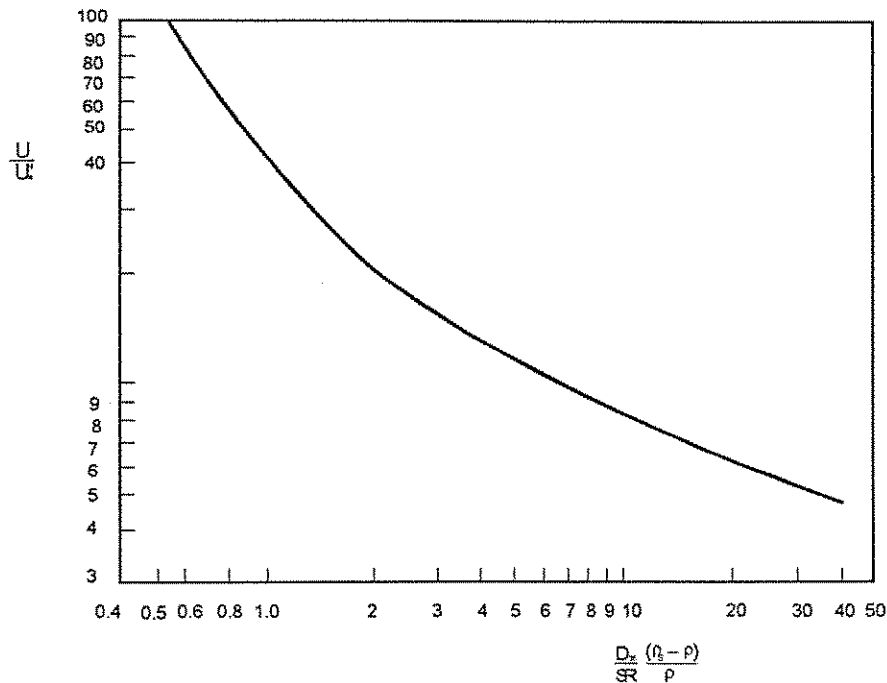


Figura 2.8 – Relação de Einstein e Barbarosa (1952) para a resistência devida à forma do leito.

O procedimento iterativo do método de Einstein e Barbarosa (1952) pode ser sintetizado nas seguintes etapas:

- 1 – assumir um valor inicial razoável para R' ;
- 2 – aplica-se a equação 2.37 para determinar U ;
- 3 – calcula-se ψ_{35} e então lê-se $\frac{U}{U_{*c}''}$ da figura 2.8;

4 – Calcula-se U_{*c}'' e então R'' ;

5 – calcula-se $R' = R - R''$, em que R é o raio hidráulico referente ao leito, obtido a partir do método de Vanoni e Brooks que se encontra descrito no anexo 1. Se este valor concordar com o valor de R' arbitrado inicialmente, o problema está resolvido; caso contrário, um novo valor para R' é arbitrado e todas as etapas são repetidas.

A determinação da tensão de cisalhamento na superfície do leito, bem como do raio hidráulico da superfície do mesmo, são procedimentos importantes para o cálculo da taxa de transporte pela equação de Einstein (1950), pois elimina o efeito do cisalhamento adicional das formas do leito.

2.8 – Equações de Transporte de Sedimentos

2.8.1 - Considerações Gerais

A necessidade de estimar a descarga de sedimentos para servir de base nos mais variados projetos hídricos, estimulou muitos pesquisadores a desenvolverem equações ou relações para o transporte de sólidos em condições variadas. As diversas equações existentes, que tratam da quantidade de sedimentos transportada pelo fluxo, fornecem resultados bastante diferentes para uma mesma situação considerada [Raudikivi, (1976)].

Alguns pesquisadores [Wilcock e Southard (1989)] acham que devem ser desenvolvidas fórmulas regionais baseadas em dados de campo, o que diminuiria as incertezas que influenciam todo o processo, até que se chegue a desenvolver equações de transporte de sedimentos mais precisas.

Com a intensificação das pesquisas nesta área, surgiram equações desenvolvidas sob o ponto de vista teórico, empírico e semi-empírico para a abordagem do problema de transporte de sedimentos, (Raudkivi, 1976; Vanoni, 1977; Yang, 1991).

Procurou-se neste trabalho, utilizar as equações mais amplamente divulgadas, que pudessem ser aplicadas em qualquer sistema consistente de unidades e que se enquadrasse na pesquisa ora realizada, entre um grande número de equações disponíveis na bibliografia.

A seleção das equações para avaliar a quantidade de transporte, nas condições experimentais, foi feita baseada nos resultados anteriores obtidos por Srinivasan e Curi (1987) e Srinivasan e Cavalcante (1993) nas investigações com sedimentos unimodais. As equações selecionadas foram a de Einstein (1950), Bagnold (1956), Laursen (1958), e Yang (1973).

2.8.2 – A equação de Einstein (1950)

Einstein (1950), partiu de conceitos utilizados por pesquisadores como Du Buoys e Schkokilsch, considerando duas idéias básicas diferentes do que até então existia para determinação da carga do leito:

- a) evitou o critério da tensão de cisalhamento crítico, pois a condição crítica para início do movimento é difícil de ser determinada;
- b) afirmou que o transporte da carga do leito está relacionado às variações do fluxo turbulento e não ao valor médio das forças do fluxo exercidas sobre as partículas de sedimentos.

Assim, Einstein (1950) desenvolveu uma teoria afirmando que o início e o término do movimento do sedimento estão ligados ao conceito de probabilidade de erosão de uma partícula, o qual relaciona as forças hidrodinâmicas de levantamento com o peso submerso da partícula. Utilizando este conceito, Einstein (1950) definiu e relacionou dois parâmetros: o parâmetro de intensidade de cisalhamento (ψ), e o parâmetro de carga do leito (Φ), em que:

$$\psi = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \left(\frac{D}{R \cdot S} \right) \quad \text{eq.2.22}$$

$$\phi = \left(\frac{q_b}{\gamma_s} \right) \sqrt{\frac{\gamma}{g \cdot \gamma_s \cdot D^3}} \quad \text{eq.2.23}$$

$$q_b = \frac{\phi \cdot \gamma_s}{\sqrt{\frac{\gamma}{g \cdot \gamma_s \cdot D^3}}} \quad \text{eq.2.24}$$

onde D é o tamanho representativo do material do leito, R' é o raio hidráulico referente apenas ao atrito com os sedimentos, S é a declividade da linha de energia, γ_s' é o peso específico submerso do sedimento ($\gamma_s' = \gamma_s - \gamma$) e q_b é a taxa de transporte da carga do leito em peso por unidade de tempo e largura. A figura 2.9 mostra graficamente a relação experimental obtida entre ϕ e ψ . A partir das características dos sedimentos e das condições de fluxo, o valor de ψ pode ser calculado, e através do gráfico da figura 2.9 se obtém ϕ . Com o valor de ϕ e utilizando a equação 2.23, pode-se calcular o transporte da carga do leito.

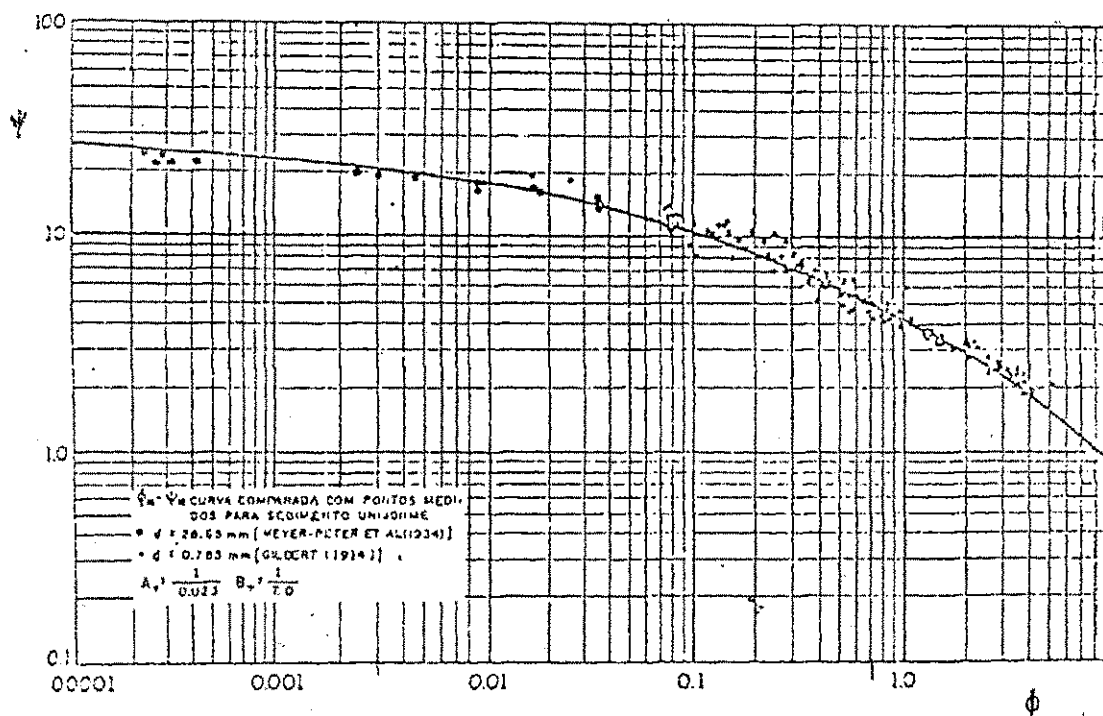


fig.2.9 – Relação entre o parâmetro de intensidade de cisalhamento (ψ) e o parâmetro de carga do leito (ϕ), [Einstein (1950)].

Para a determinação da carga total precisava-se também da carga em suspensão, Einstein (1950) propôs um dos métodos mais largamente utilizados. Considerando a variação da concentração de sedimentos com a distância a partir

do fundo móvel, o mesmo assumiu que a espessura da camada correspondente à carga do leito seria duas vezes o diâmetro da partícula representativa do material do leito ($a = 2D$). Assumindo ainda que dentro dessa camada, a suspensão do material seria impossível e a concentração seria constante, a carga em suspensão ficou estabelecida pela seguinte equação:

$$q_s = q_b(P_E I_1 + I_2) \quad \text{eq.2.24}$$

na qual P_E é um parâmetro de transporte e I_1 e I_2 são integrais assim definidas:

$$I_1 = \int f_1(E, Y, Z) dy \quad \text{eq.2.25a}$$

$$I_2 = \int f_2(E, Y, Z) dy \quad \text{eq.2.25b}$$

onde $E = a/d$, sendo d a profundidade de fluxo e $Y = y/d$, em que y é a distância a partir da camada móvel do leito de espessura a . As integrais I_1 e I_2 podem ser obtidas em função de E para valores de Z a partir das figuras 2.10e 2.11. Tem-se que:

$$Z = Z_1 \cdot \beta \quad \text{eq.2.26}$$

$$Z_1 = \frac{w}{(0.4U_{*b}^2)} \quad \text{eq.2.27}$$

$$\beta = \log 10.6 \quad \text{eq.2.28}$$

em que w é a velocidade de queda na água de uma partícula de diâmetro médio D . Para o cálculo da velocidade de queda (w) foi utilizada a equação de Rubey que é dada por:

$$w = \left[\left(\frac{2gD(\rho_s - \rho)}{3\rho} + \frac{36\mu^2}{\rho^2 D^2} \right)^{1/2} - \frac{6\mu}{\rho D} \right] \quad \text{eq.2.29}$$

em que μ é a viscosidade absoluta do fluido, ρ_s e ρ são as massas específicas do sedimento e do fluido. O parâmetro de transporte P_E é definido como:

$$P_e = 2,303 \log \left(30,2 \frac{d}{\Delta} \right) \quad \text{eq.2.30}$$

onde d é a profundidade do fluxo e Δ a rugosidade aparente da superfície do leito que é igual a $\frac{D_{65}}{X}$, na qual X é um fator de correção obtido da figura 2.9 Em função da relação $\frac{D_{65}}{\delta}$, em que:

$$\delta = 11,6 \frac{\nu}{U_{*b}} \quad \text{eq.2.31}$$

sendo δ a espessura da sub-camada limite laminar e D_{65} é o tamanho para o qual 65% do material do leito tem diâmetro inferior e ν a viscosidade cinemática da água.

A equação foi proposta para uso em fluxos com altas taxas de transporte, leitos hidraulicamente rugosos e para fluxos cuja carga do leito seja uma parte significativa da carga total [Vanoni (1977)]. A carga total de sedimentos transportados (q_r), expressa em peso por unidade tempo e largura, é dada pelas soma das parcelas referentes às cargas do leito e em suspensão, que resulta na seguinte equação:

$$q_r = q_b(1 + P_E I_1 + I_2) \quad \text{eq.2.32}$$

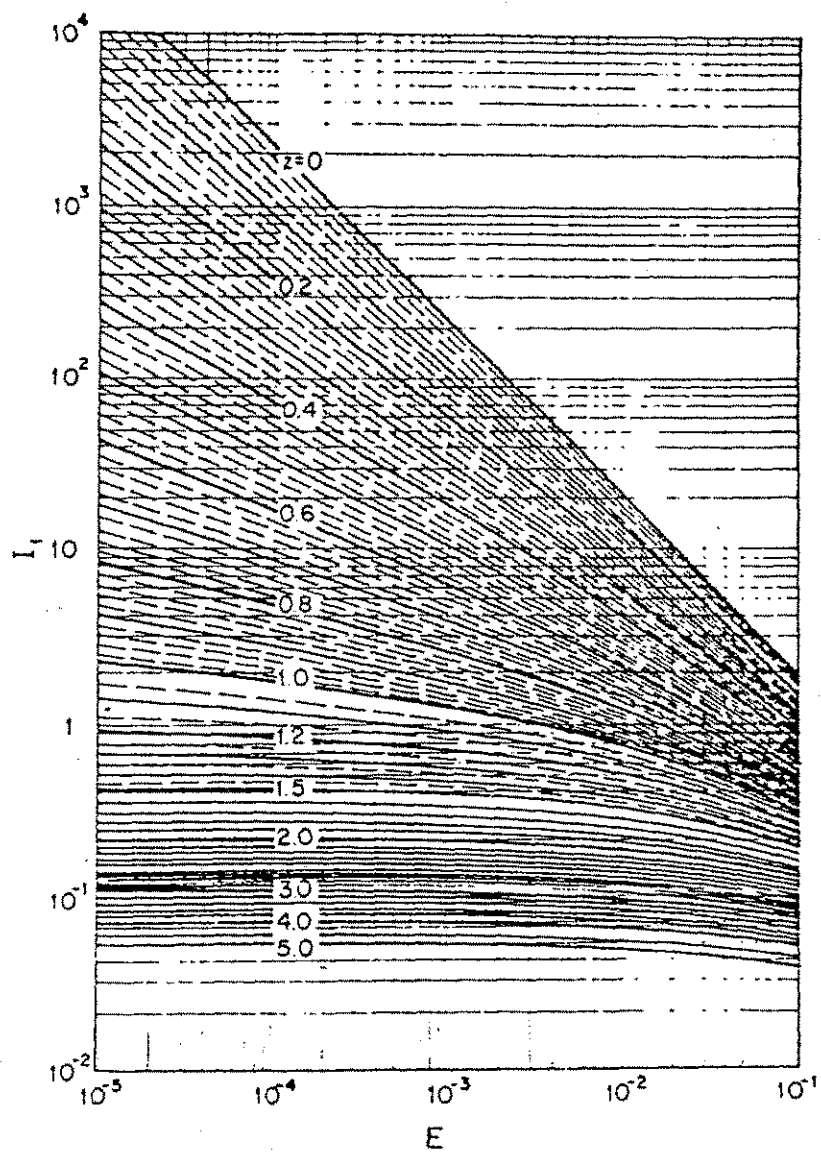


Figura 2.10 – I_1 como função de E para valores de Z [Einstein (1950)].

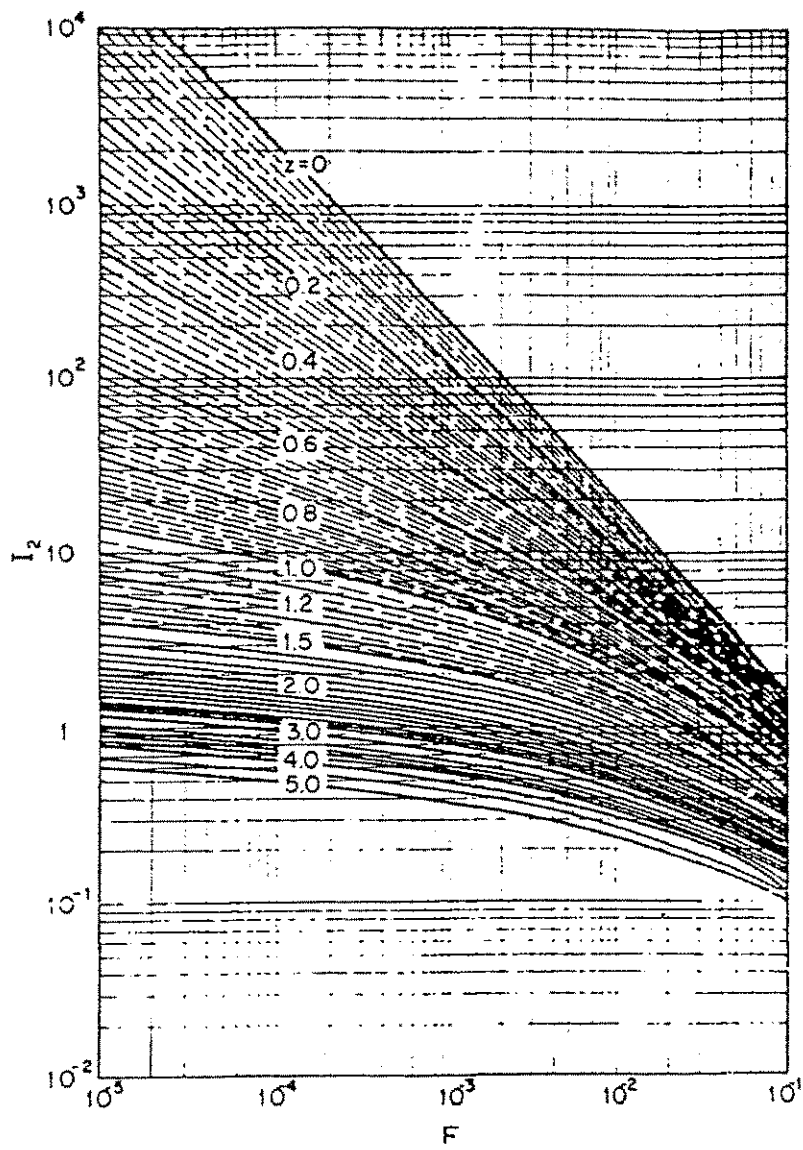


Figura. 2.11 – I_2 como função de E para valores de Z [Einstein (1950)].

2.8.3 – A equação de Bagnold (1956)

Bagnold (1956), desenvolveu sua equação de transporte de sedimentos baseada no conceito do balanço de energia e no fato de que a potência útil do fluxo supera a energia gasta no transporte de sedimentos[Graf (1971), Simons e Senturk (1977), Vanoni (1977)]. Isto significa que a taxa de dissipação de energia utilizada para transportar o material deveria estar relacionada à taxa da quantidade de material que está sendo transportado, isto é:

$$\tau_o.U.(1 - e_b).e_s = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} . q_s . \frac{w}{U_s} \quad \text{eq.2.33}$$

em que e_b e e_s são as eficiências de transporte das cargas do leito e em suspensão, e U_s é a velocidade média do sedimento em suspensão. O valor de e_b é obtido do gráfico da figura 2.12.

Baseado nos estudos de transporte sólido em canais, Bagnold (1956) sugeriu que $e_s.(1 - e_b) = 0.01$ e $U_s = U$. Assim a equação 2.33 torna-se:

$$\left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) . q_s = 0.001 \tau_c . \frac{U^2}{w} \quad \text{eq.2.34}$$

Raciocinando da mesma forma, Bagnold (1956) demonstrou que a taxa de trabalho produzida pelo transporte da carga do leito é o produto da taxa de transporte da carga do leito (expresso em peso por unidade de tempo e largura) e o coeficiente dinâmico de atrito sólido ($\tan \alpha$) obtido da figura 2.13 Assim:

$$\tau_b . U . e_b = \left(\frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) . q_b . \tan \alpha \quad \text{eq.2.35}$$

sendo q_b a carga do leito em peso submerso por unidade de tempo e largura. A descarga total de sedimento (q_t) é a soma das descargas do leito (q_b) e da descarga suspensa (q_s) e é dada por:

$$q_t = \left(\frac{\gamma}{\gamma_s - \gamma} \right) \tau_o U \left(\frac{e_b}{\tan \alpha} + 0.01 \frac{U}{w} \right) \quad \text{eq.2.36}$$

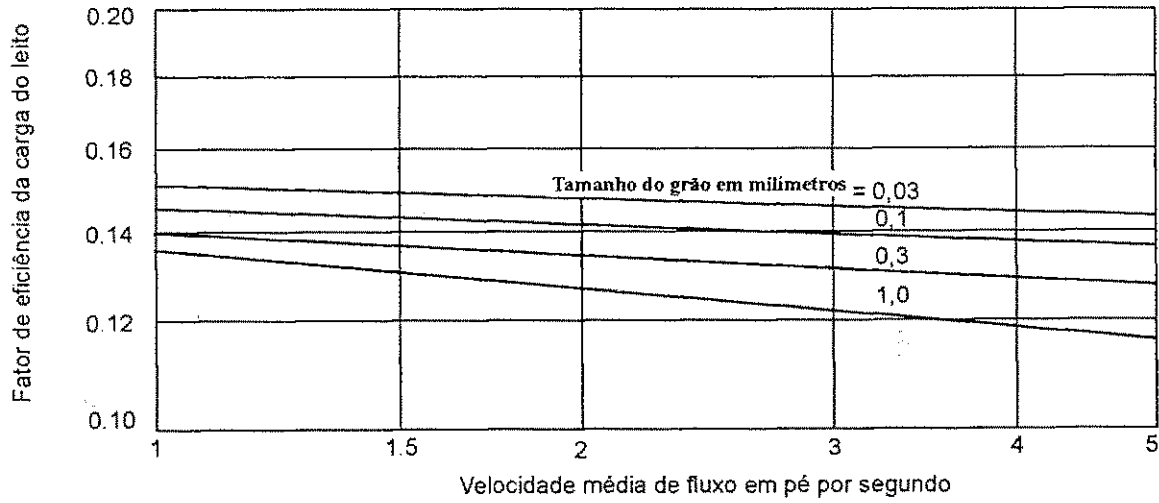


Figura 2.12 – Fator de eficiência da carga do leito (e_b) como função da velocidade de fluxo (U) e do diâmetro do sedimento (D) [Bagnold (1956)].

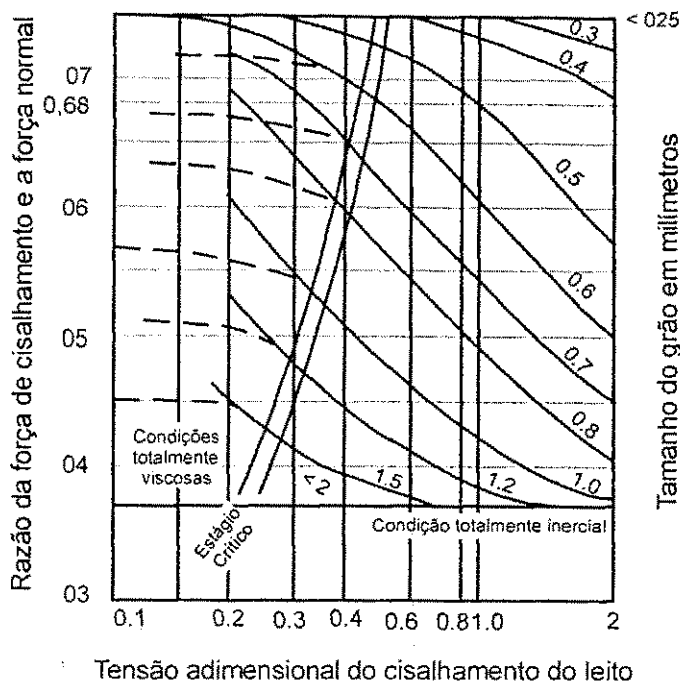


Figura 2.13 – Coeficiente de atrito sólido (tag. α) [Bagnold (1956)].

2.8.4 – A equação de Laursen (1958)

Laursen (1958), desenvolveu uma relação funcional entre a condição de fluxo e a descarga de sedimento resultante [Simons e Senturk (1977), Raudkivi (1976), Vanoni (1977)]. Ele preferiu não fazer a distinção entre a carga do leito e a carga em suspensão, com a justificativa de que as forças hidrodinâmicas envolvidas tanto na ascensão das partículas como no arrasto são as mesmas, sendo desnecessário definir uma linha de separação. Mesmo assim, os parâmetros $\left(\frac{\tau_o}{\tau_c} - 1\right)$ e $\frac{U_{*b}}{w}$ são importantes para a determinação da carga do leito e da carga suspensa respectivamente, pois o movimento dos sedimentos por arrasto inicia-se quando τ_o (tensão de cisalhamento no leito) excede o valor de τ_c (tensão de cisalhamento crítica) e a partir deste ponto a carga do leito seria diretamente

proporcional à $(\tau_o - \tau_c)$. O parâmetro $\frac{U_{*b}}{w}$, que expressa a condição da turbulência da mistura, foi utilizado para a determinação da carga suspensa porque a partir dele foi estabelecido uma função $f\left(\frac{U_{*b}}{w}\right)$ baseada em dados obtidos em canais e ajustada em relação a outros dados coletados (figura 2.14) por vários pesquisadores. A fórmula de Laursen (1958), a seguir apresentada, é indicada para sedimentos naturais com densidade de 2,65.

$$C = 0.01 \cdot y \cdot \left(\frac{D_{50}}{d}\right)^{7/6} \cdot \left(\frac{\tau_o}{\tau_c} - 1\right) \cdot f\left(\frac{U_{*b}}{w}\right) \quad \text{eq.2.37}$$

$$\tau_c = 0.039 \cdot (\gamma_s - \gamma) \cdot D_{50} \quad \text{eq.2.38}$$

$$q_t = Q \cdot C \quad \text{eq.2.39}$$

em que C é a concentração média volumétrica de sedimentos no fluxo, τ_c é a tensão de cisalhamento crítico para transporte de sedimentos, e Q é a vazão líquida. Os outros símbolos já foram definidos anteriormente.

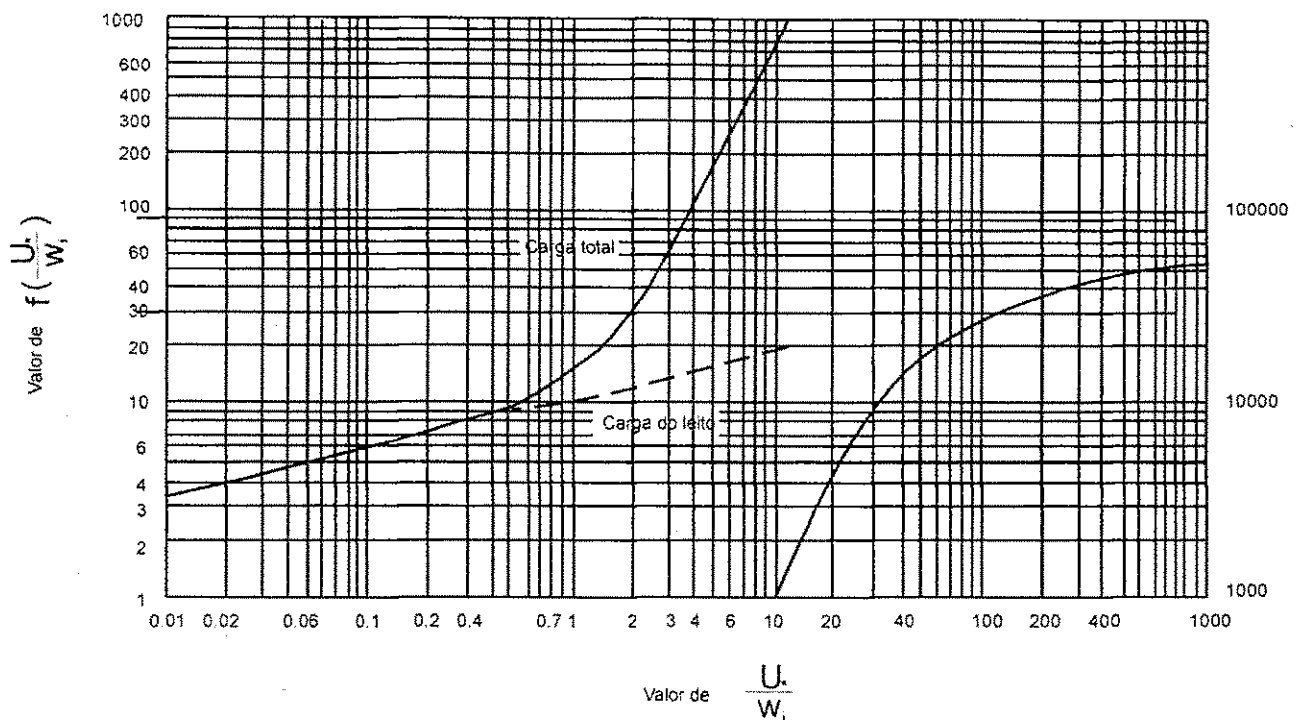


Figura 2.14 – Valores da função $f(U/W)$ para a aplicação do método de Laursen [Laursen (1958)].

2.8.5- A equação de Yang

Yang (1973), concluiu que a taxa de dissipação de energia potencial por unidade de água, ou potencial de fluxo unitário, deveria determinar a composição dos sistemas de rios e seus perfis longitudinais [Yang (1991), Annandale (1986)]. Esse potencial definido pela multiplicação da velocidade média de fluxo pela declividade da linha de energia, poderia ser relacionado à concentração de sedimentos a partir de uma teoria bem elaborada, baseada nos conceitos de mecânica dos fluidos e da turbulência. Baseado numa equação de dissipação de energia e na equação de Rouse (Chiew, 1991), Yang (1991) mostraram que a distribuição da concentração de sedimentos em uma vertical é diretamente relacionada à taxa de distribuição vertical de energia produzida devido a turbulência. Yang (1973) obteve sua equação empiricamente, através de um ajuste de dados experimentais e incluiu, posteriormente o critério do movimento

incipiente das partículas. A equação de Yang (1973), a seguir apresentada, foi confirmada empiricamente por Rouseboom, em 1974, e estabelece diretamente a carga total.

$$\log C = 5.435 - 0.286 \log \left(\frac{w.D_{50}}{\nu} \right) - 0.457 \left(\frac{U_{*b}}{w} \right) +$$

$$+ \left[1.799 - 0.409 \log \left(\frac{w.D_{50}}{\nu} \right) - 0.314 \log \left(\frac{U_{*b}}{w} \right) \right] \cdot \log \left(\frac{U.S}{w} - \frac{U_{cr}.S}{w} \right) \text{ eq.2.40}$$

A velocidade média crítica para o movimento incipiente das partículas (U_{cr}) é dada em função do número de Reynolds de cisalhamento da partícula (R_{e*}) definido como:

$$R_{e*} = \frac{U_{*b}.D_{50}}{\nu} \text{ eq.2.41}$$

se $1.2 < R_{e*} < 70$, U_{cr} é dada por:

$$\frac{U_{CR}}{W} = \frac{2.5}{\log \left(\frac{U_{*B}.D_{50}}{\nu} \right) - 0.66} + 0.66 \text{ eq.2.42}$$

Se R_{e*} for maior ou igual a 70, então, $\frac{U_{CR}}{W} = 2.05$.

A taxa total de sedimentos transportados em peso por unidade de tempo e largura é dada por:

$$q_t = 0.001.C.d.U \text{ eq.2.43}$$

em que U é a velocidade média de fluxo e C é a concentração em massa de sedimentos por unidade de volume de água.

CAPÍTULO III

Investigações Experimentais

3.1 – Considerações Gerais

O presente estudo tenta verificar o grau de influência sobre o transporte sólido e a resistência do canal com sedimentos bimodais no leito.

A metodologia do estudo visa obter os dados básicos indispensáveis para o cálculo da quantidade de transporte sólido através das equações de transporte sólido e um fator de resistência como n de Manning ou f de Darcy-Weisbach. Procurou-se também, neste processo, verificar a existência de um diâmetro efetivo que possa representar uma mistura bi-modal no cálculo do transporte sólido pelas equações selecionadas. Supõe-se que o diâmetro médio não seria o adequado nestes casos e algum outro diâmetro seja o mais representativo dependendo da distribuição granulométrica.

O primeiro passo consistiu em preparar as misturas bi-modais de sedimentos, pois a maioria dos sedimentos transportados na natureza apresentam distribuições diversas. Para este fim, o sedimento extraído de um curso natural foi separado em diversas frações, desde areia muito fina até pedregulhos. Devido ao fato que o sistema experimental precisava recircular os sedimentos em transporte para estabelecer a condição de equilíbrio, pedregulhos não poderiam ser utilizados na mistura devido ao fato da bomba de sedimentos não estar adequada para sedimentos grossos em circulação. Assim, as misturas ficaram limitadas entre a faixa de areia muito fina e areia grossa. Através da mistura de sedimentos finos e grossos em proporções diferentes, foram preparadas três misturas bimodais cujas características estão apresentadas mais adiantes.

A etapa posterior foi a realização de uma longa série dos ensaios controladas num canal de recirculação. Com o leito de sedimentos formados de cada uma das misturas, foram realizados ensaios em que a vazão líquida, a profundidade de fluxo e a forma do leito foram controladas e mantidas em condições pré-determinadas. A declividade da linha de energia e a quantidade de sedimento transportada foram as variáveis dos ensaios medidos na condição de equilíbrio entre o fluxo, o transporte sólido e a forma do leito.

Para se alcançar o objetivo proposto neste trabalho, foi utilizado um canal de recirculação montado no laboratório de hidráulica do centro de ciências e tecnologia da UFPB, campus II, Campina Grande.

Através dos ensaios, foi realizado o estudo comparativo do comportamento hidráulico de três diferentes misturas, submetidas a diferentes condições de fluxo abrangendo toda a faixa da variabilidade da vazão e profundidades possíveis para as formas do leito de dunas e leito plano.

Neste capítulo, descreve-se as instalações e os procedimentos experimentais utilizados bem como a coleta e organização dos dados.

3.2 – Instalações Experimentais

O sistema experimental completo é composto de um canal inclinável, capaz de suportar um leito de sedimentos sobre o fundo, laterais de vidro temperado para permitir a visualização do fluxo e perfil do leito, um tanque receptor para reter os sedimentos, um reservatório de concreto para armazenar água, sistemas de bombeamento contendo uma bomba para recircular a água e duas bombas de sedimento em paralelo para recircular os sedimentos (vazão entre 2 l/s e 4 l/s), caixa coletora de sedimentos e um sistema de controle de vazão computadorizado. A figura 3.1 mostra uma vista lateral do sistema experimental com seus principais componentes. As figuras 3.2 e 3.3 mostram uma vista geral das partes montante e jusante do sistema. A figura 3.4 mostra o painel de controle computadorizado, a figura 3.5 o sistema para o controle da declividade do canal, as figuras 3.6 e 3.7 mostram respectivamente, uma vista

superior e outra em perfil de um leito com dunas, referente a ensaios realizados.

O canal tem 16m de comprimento, 0,50m de largura e 0,50m de profundidade. Com exceção das paredes laterais de vidro, o canal é construído em aço. A entrada de fluxo é por baixo do leito, à montante do canal, onde também estão localizados os tranquilizadores do fluxo. À jusante do canal encontra-se uma comporta de aço inoxidável com aberturas ajustáveis e de forma bascular para permitir o controle da profundidade do fluxo no canal através da comporta, construída de modo que não haja obstrução e a acumulação dos sedimentos através da comporta. Uma comporta vertical causa frequentes problemas de excesso de erosão ou acumulação de sedimentos junto à comporta.

As laterais de vidro além de permitir a visualização do fluxo, facilita a verificação das formas do leito de sedimentos que tende a se deformar em “ripples”, “dunas”, “leito plano” ou “anti-dunas” (Srinivasan & Rêgo, 1981; Vanoni, 1977). A quantidade de sedimentos transportados e a resistência ao fluxo no canal depende, essencialmente, destas formas do leito.

No fundo do canal estão instaladas duas tomadas de piezômetros distanciados dez metros entre si, que permitiam determinar a declividade da superfície da água. A declividade do fundo do canal pode ser ajustada através de um dispositivo eletromecânico localizado em baixo do canal (figura 3.5), numa faixa de 3% positivo e 0,1% adverso (negativo).

O controle da vazão é feito através do computador do sistema, que utiliza um hidrograma pré-programado ou a vazão constante de referência.

CANAL DE RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA E SEDIMENTOS

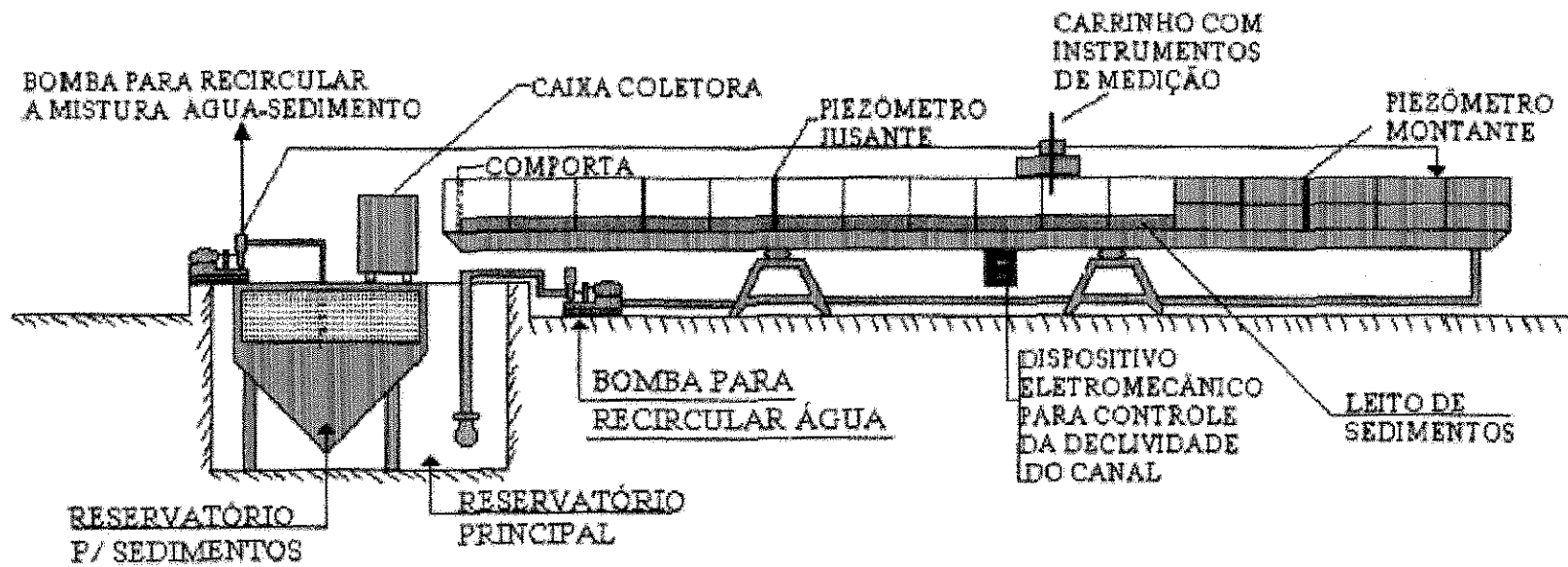


Fig. 3.1 - Vista Lateral do Sistema de Recirculação Mostrando os Principais Componentes

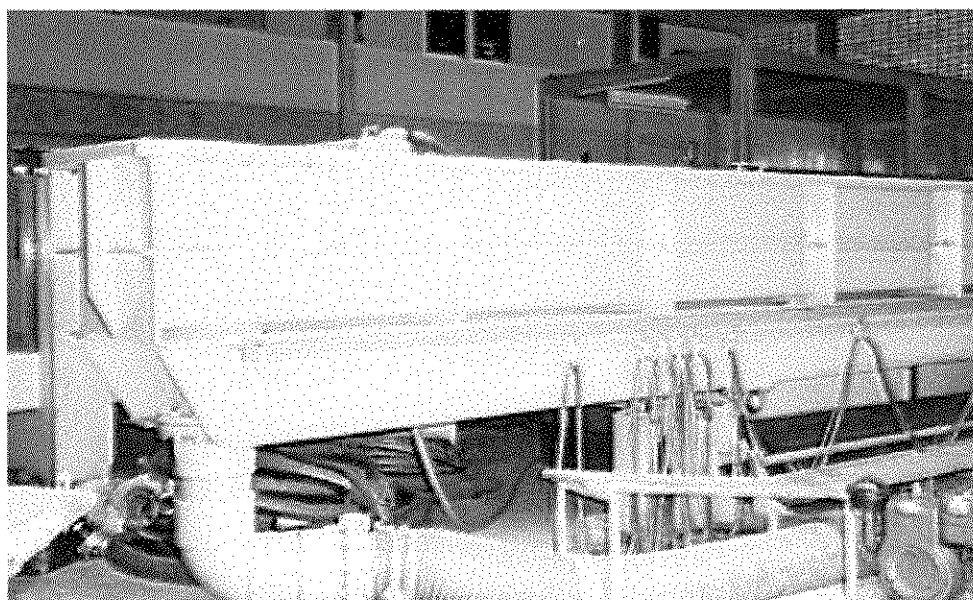


Figura 3.2 – partes montantes do sistema

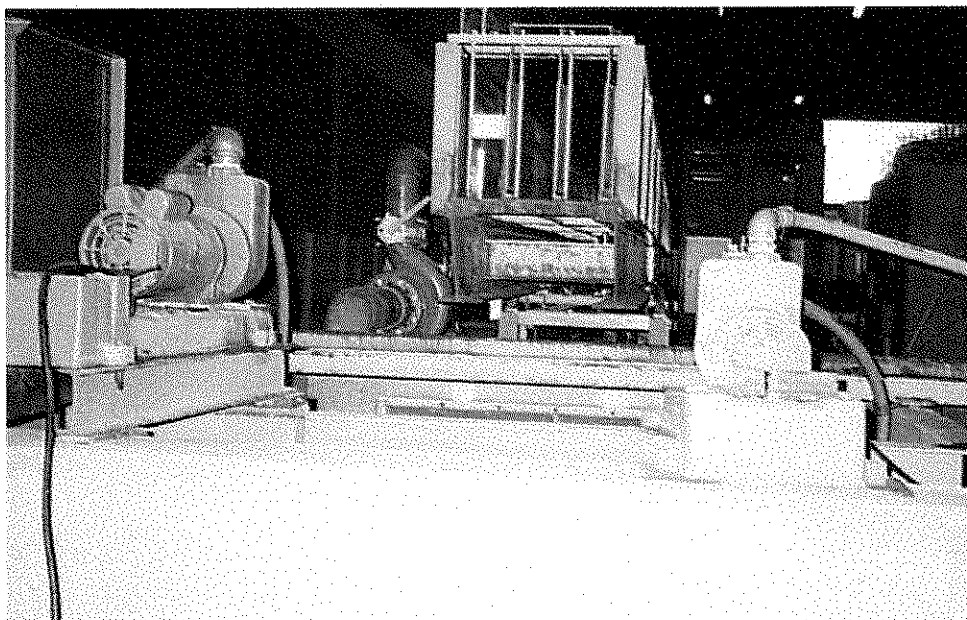


Figura 3.3 – partes jusantes do sistema.

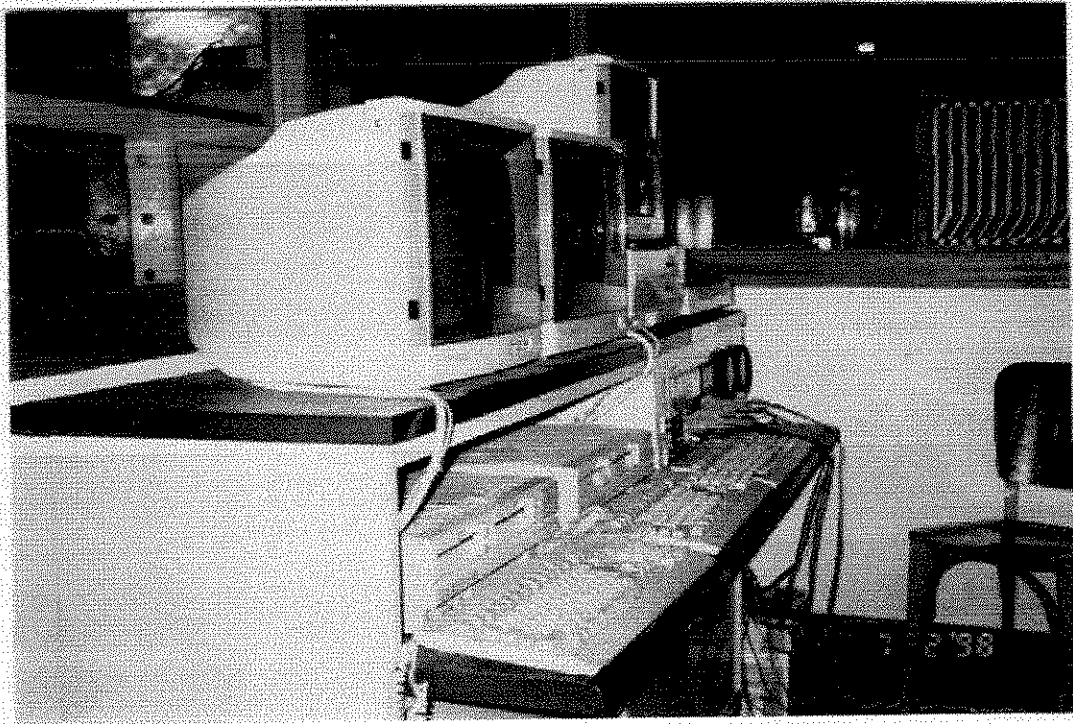


Figura 3.4 – Painel de controle computadorizado

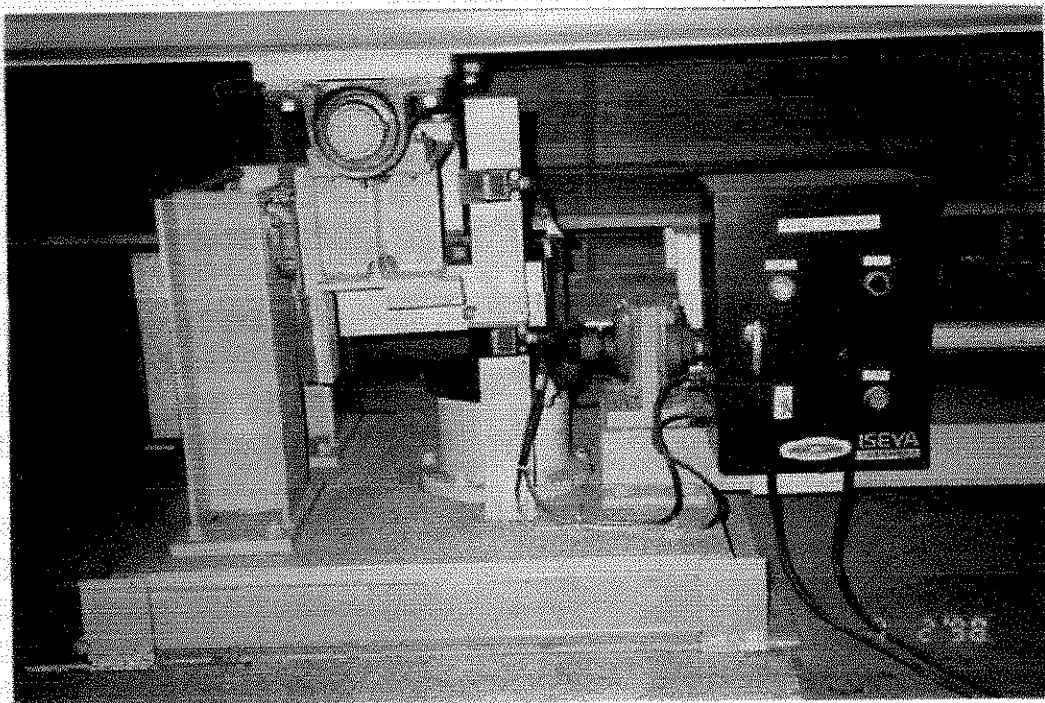


Figura 3.5 – Controle eletromecânico da declividade do canal

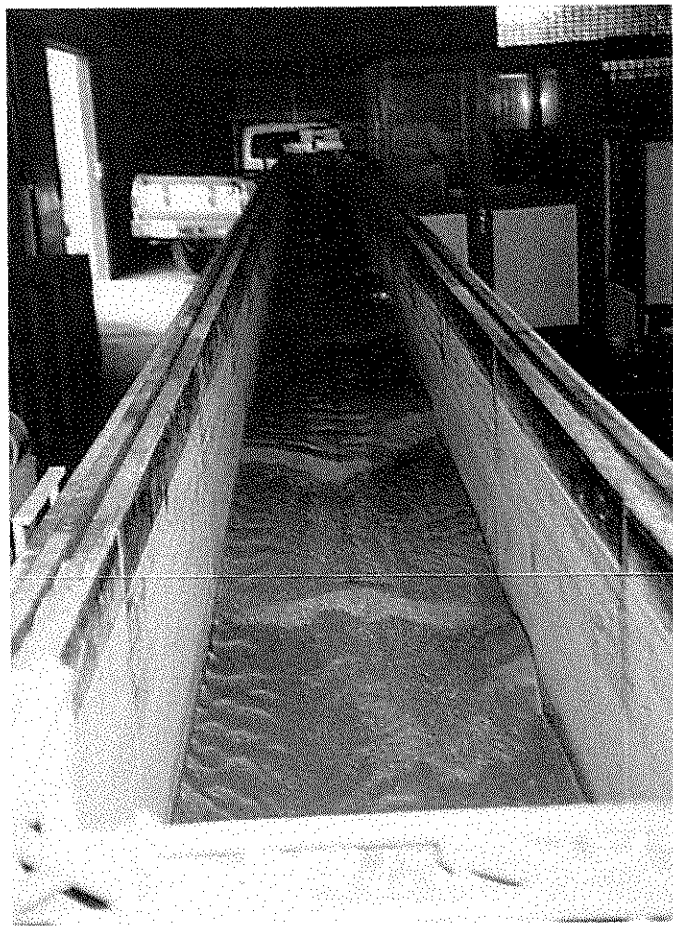


Figura 3.6 – vista superior do leito

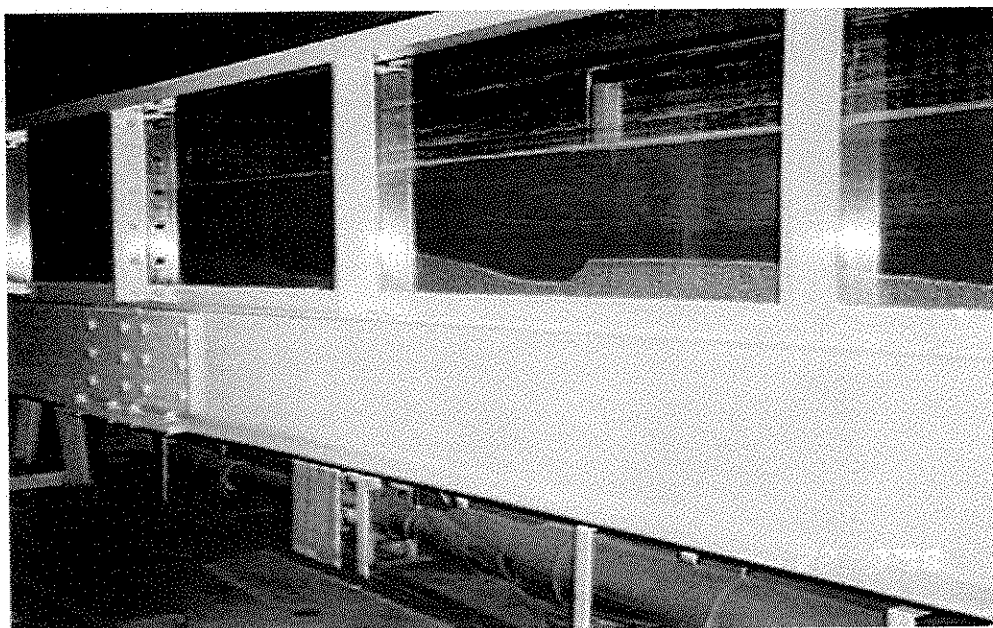


Figura 3.7 – vista em perfil do leito

3.3 – Planejamento dos ensaios

Com o objetivo de investigar a influência das misturas bimodais sob diferentes regimes de transporte e resistência, elegeu-se a realização dos ensaios com dunas e leito plano. Não foi possível realizar-se ensaios com ripples, em virtude das misturas apresentarem uma granulometria grossa, o que impede a formação desta forma de leito.

Para poder verificar a influência da distribuição granulométrica do material do leito, foram preparadas três misturas com diferentes distribuições em termos das frações finas e grossas, mas todas com características bimodais. Cada mistura foi submetida a uma série de ensaios abrangendo dunas e leito plano.

A princípio não se tinha certeza se o sistema seria capaz de suportar os ensaios com leito plano, devido a altas taxas de transporte com uma granulometria grossa. Isto ficou verificado ao término dos ensaios com dunas na primeira mistura, pois não foi possível realizarmos ensaios com leito plano pelo altíssimo desgaste na bomba de sedimento e conseqüente falha ao se tentar realizar este tipo de ensaio. Assim, fez-se necessário a aquisição de novas bombas de sedimentos, instaladas em paralelo para solucionar o problema. Ainda devido ao desgaste nas bombas, o número de ensaios com leito plano foi mantido no mínimo necessário, para a identificação da existência ou não de uma tendência.

Para se ter uma idéia dos erros de experimentação nos resultados obtidos, cada ensaio foi repetido pelo menos uma vez nas mesmas condições, para cada mistura e forma do leito.

3.4 – Coleta de dados

3.4.1 - Controle da Vazão Líquida

Conforme indicado na seção anterior, o controle da vazão é feito automaticamente, o que permite maior precisão nos ensaios realizados. O sistema de controle de vazão é baseado em um conjunto composto de um motor elétrico de rotação variável, um conversor transistorizado de frequência e torque, um medidor do tipo eletro-magnético da vazão e um microcomputador operando sob o comando de um programa de controle com a vazão a ser mantida ou o hidrograma de fluxo sendo pré-definido.

Em princípio, a vazão real no sistema é medida pelo aparelho eletro-magnético que produz um sinal analógico correspondente a vazão. Através de uma placa de conversão analógico-digital e vice-versa (AD-DA), o sinal é comparado com o valor programado e caso haja uma diferença, um sinal é enviado para o conversor de frequência que altera a frequência de corrente do conjunto motor-bomba até o estabelecimento da vazão programada dentro do limite de tolerância. O sistema pode gerar uma vazão de até 80l/s, que corresponde a 100% da capacidade máxima com a precisão de cerca de 0,5%.

3.4.2 - Declividade da superfície da água e do canal

A declividade da superfície da água, que é utilizada para aproximar a declividade da linha de energia, é um dos fatores importantes no estudo do transporte de sedimentos, pois ela determina a tensão de cisalhamento do leito. No sistema instalado, esta declividade foi obtida pela medição do nível hidrostático através de dois piezômetros ligados ao fundo do canal e distanciados dez metros entre si. Dividindo a diferença de níveis dos piezômetros pela distância entre as duas tomadas obtém-se a declividade da superfície.

A declividade do fundo do canal foi mantida constante pois este valor apenas facilita o alcance rápido das condições de equilíbrio e não corresponderia a declividade da linha de energia.

Durante cada ensaio foram feitas leituras piezométricas que mostravam a evolução das condições de fluxo até que a condição de equilíbrio fosse

alcançada, ao qual era obtida quando não se verificava alterações nas cotas dos piezômetros. Nos ensaios com dunas, a instabilidade da superfície líquida provocada pelos deslocamentos das ondas de areia, dificultava o registro dos níveis de água, problema este contornado pelo maior número de leituras e identificando toda a faixa de níveis entre os quais oscilava a superfície líquida, e adotando-se valores médios na determinação posterior da declividade da superfície da água.

3.4.3 - Medição do Transporte Sólido

A medição exata da quantidade total de sedimentos transportados num curso d'água ou num canal é sempre uma tarefa difícil e está sujeita a muitos erros (Vanoni, 1977). O método mais adequado seria coletar amostras de sedimentos em frequentes intervalos de tempo na saída à jusante do canal para captarmos todos os sedimentos no fluxo. Para este fim, implantou-se dois reservatórios, um interno, com o formato de pirâmide invertida para facilitar a retenção de sedimentos para que fosse bombeada novamente para montante do canal, mantendo assim a condição de equilíbrio entre a vazão líquida e a vazão sólida. Este reservatório interno estava dotado de telas filtrantes nas paredes laterais que deixava apenas a água passar para o reservatório externo livre de sedimentos.

A vazão sólida ou quantidade de sedimentos transportados foi determinada em termos do peso, para todos os ensaios, e do volume para a maioria dos ensaios com dunas e leito plano, utilizando um coletor de sedimentos que se deslocava sobre trilhos montados em cima do reservatório interno. Na hora da coleta, o coletor era posicionado na seção de saída do canal, para receber o fluxo integral de água e sedimento, sendo o coletor dotado com um filtro de tecido especialmente condicionado para reter todos os sedimentos transportados e filtrar a água.

3.4.4 – Profundidade Média de Fluxo

Para a determinação da profundidade média de fluxo, foram feitas medições da superfície do leito num trecho central do canal, entre os piezômetros, cujo comprimento era de dez metros. Neste trecho, as perturbações ao escoamento quase uniforme, oriundas das seções de entrada e saída do canal, eram desprezíveis. As medições eram feitas a cada 25cm ao longo do eixo central do canal, totalizando 41 pontos de medição para se determinar então a profundidade média, ao qual utilizou-se uma régua linimétrica de ponta, fixada sobre um carrinho que se deslocava sobre trilhos montados nas paredes laterais do canal. Para não provocar erros de medição pela erosão local, o levantamento do perfil do leito era feito após parar o escoamento no canal e o fechamento da comporta da saída do canal.

Inicialmente, fazia-se a medição do nível da superfície livre no ponto onde estava localizado o piezômetro de montante, sendo este o ponto de partida para os demais, distanciados de 25cm até o último localizado no piezômetro de jusante. Em seguida fazia-se cessar o fluxo fechando-se a comporta e desligando a bomba principal (bomba de água), procedimentos estes realizados de forma simultânea para evitar alterações nas formas da superfície do leito de sedimentos. Após um esvaziamento lento da água do canal que se dava entre os basculantes da comporta, usava-se a régua linimétrica para a leitura dos níveis da superfície do leito nos 41 pontos citados anteriormente. A posição média da superfície da água nestes mesmos pontos eram feitas tomando-se como base o primeiro ponto localizado no piezômetro de montante, previamente medido, e da declividade da superfície da água daquele ensaio. Ambos os níveis da superfície líquida e da superfície do leito eram relacionados a um datum horizontal, onde a diferença entre eles correspondia a profundidade de fluxo em cada ponto. A profundidade média de fluxo era, portanto a média aritmética das profundidades de fluxo nas 41 seções de medição.

3.4.5 – Granulometria dos Sedimentos

A definição do diâmetro mediano (D_{50}) das misturas foi feita em função dos objetivos deste trabalho, cuja finalidade era se trabalhar com sedimentos de características bimodais. Então procurou-se utilizar frações de características distintas. Misturando as frações finas e grossas em diversas proporções, encontrou-se três misturas bimodais de sedimentos. As amostras de sedimentos finos e grossos estão mostradas na figura 3.8.

Diferentes percentuais de cada uma destas frações foram misturados em amostras de 500g e tiveram determinadas suas curvas granulométricas. As curvas granulométricas são mostradas nas figuras 3.9, 3.10 e 3.11. A tabela 3.1 mostra alguns diâmetros característicos dessas misturas.

Tabela 3.1 – Parâmetros Característicos das Misturas

Característica	Mistura 1	Mistura 2	Mistura 3
D_{35}	0,4	0,33	0,47
D_{50}	0,62	0,37	1,6
D_{65}	1,5	0,91	1,9

A distribuição granulométrica dos sedimentos transportados e do leito foram frequentemente verificadas. Estas foram feitas através de amostragem de sedimentos na coleta no final do canal e retirada de amostras na superfície do leito do canal. Após os procedimentos de secagem na estufa e peneiramento, as distribuições granulométricas foram comparadas com a distribuição original da mistura colocada no leito. No caso de material do leito, as amostras foram retiradas no mínimo em quatro pontos ao longo do canal (16m) desprezando a parte inicial de estabilização do fluxo e a parte final na proximidade da comporta. Ao final de cada conjunto de ensaios para as respectivas misturas, foram feitos novos ensaios granulométricos com o material do leito para verificar se houve alteração nos mesmos, ou seja, se

houve mais transporte de frações finas ou grossas para realizar as devidas análises. As curvas granulométricas após a finalização do conjunto de ensaios para cada mistura estão mostradas nas figuras 3.12, 3.13, 3.14.



Figura 3.8 – Frações Utilizadas nas Misturas

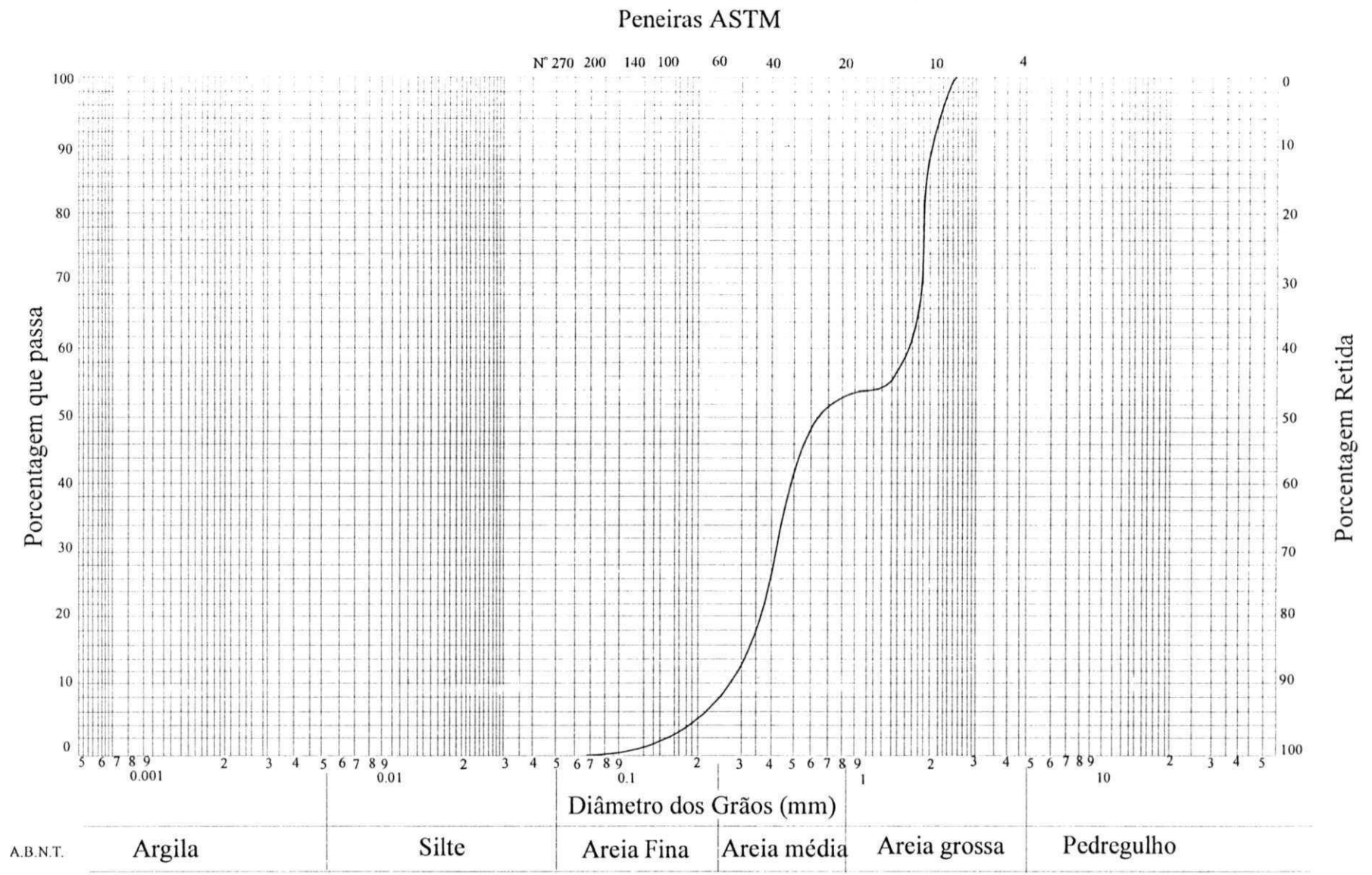


Figura 3.9 - Curva granulométrica da primeira mistura

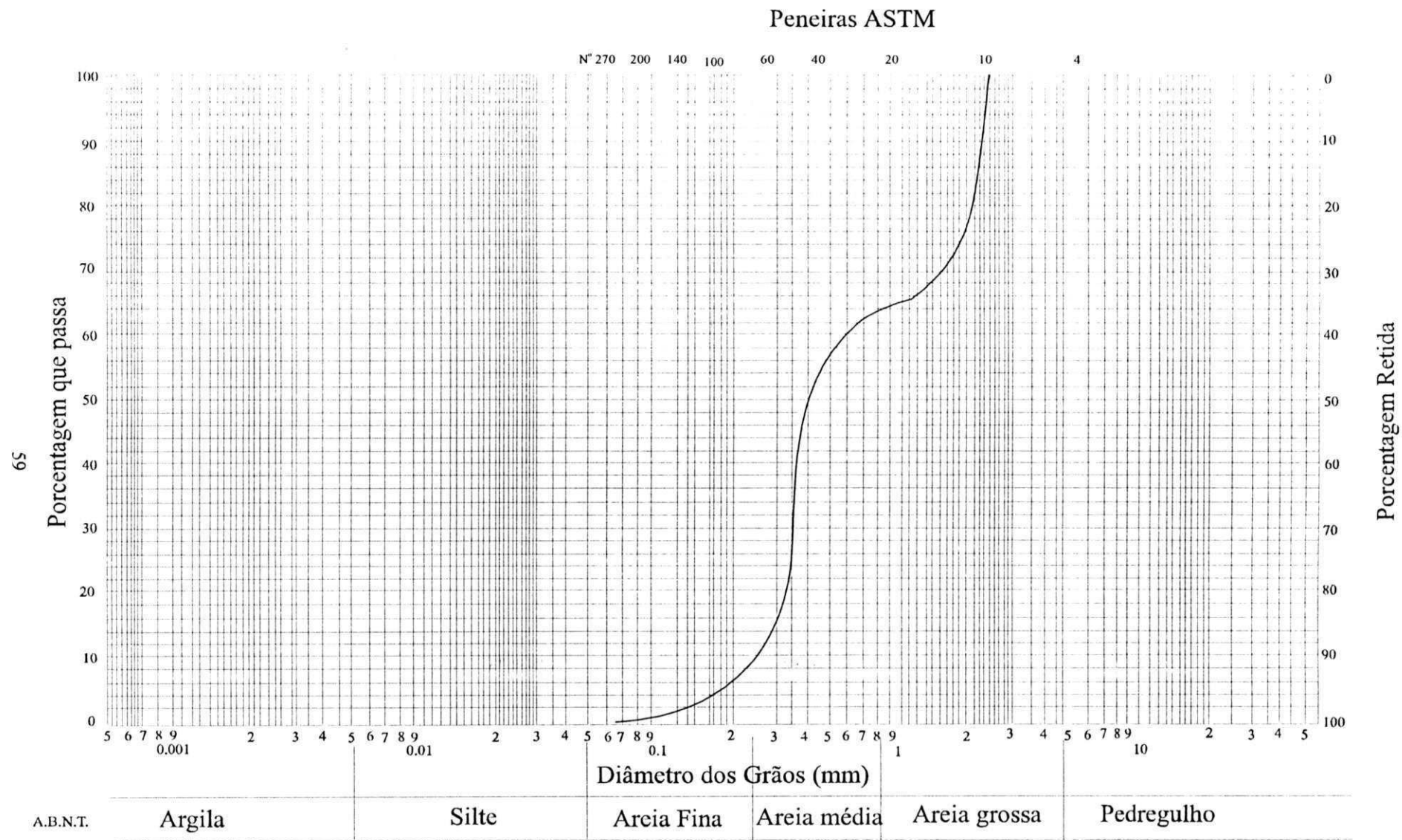


Figura 3.10 - Curva granulométrica da segunda mistura

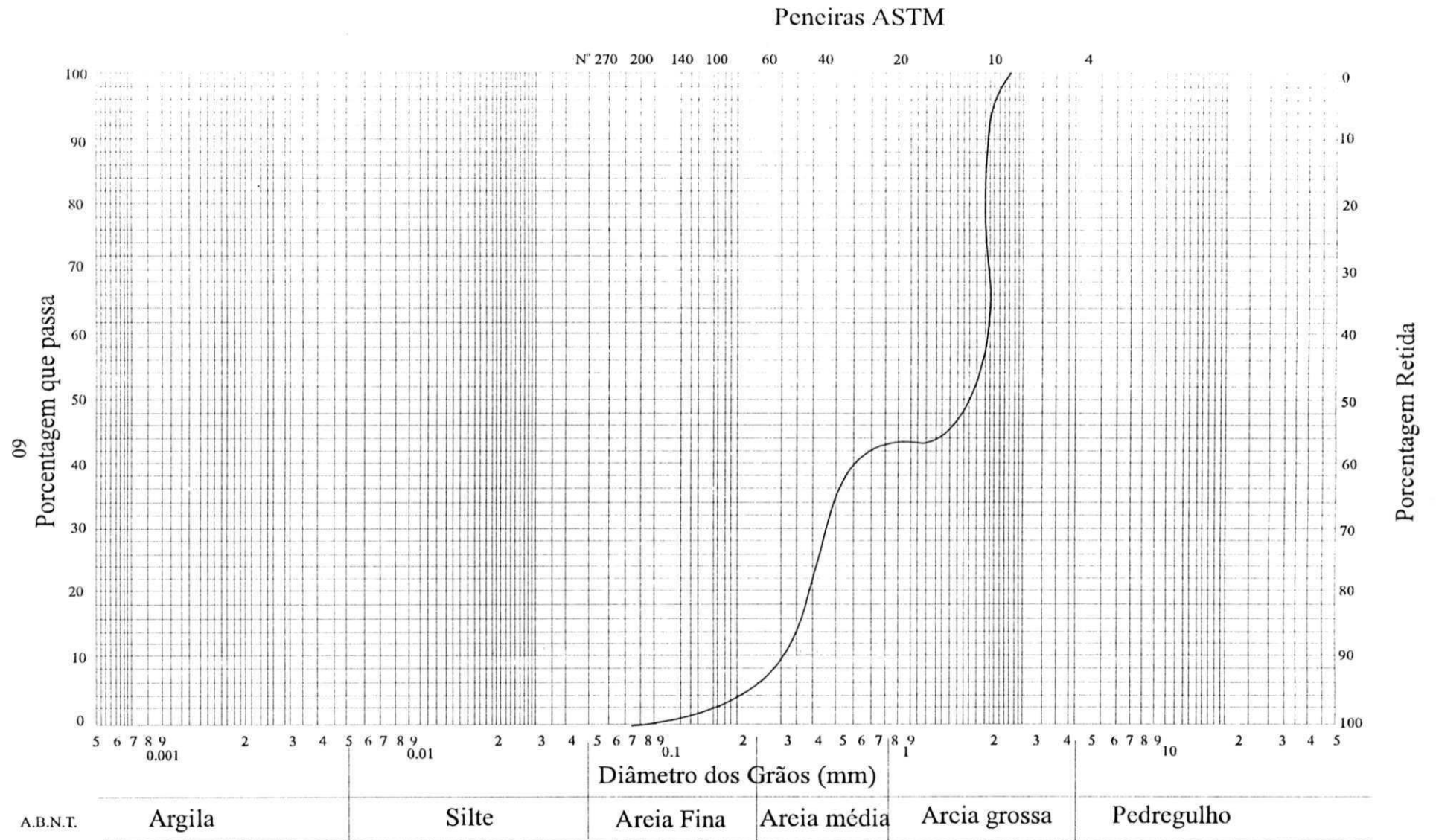


Figura 3.11 - Curva granulométrica da terceira mistura

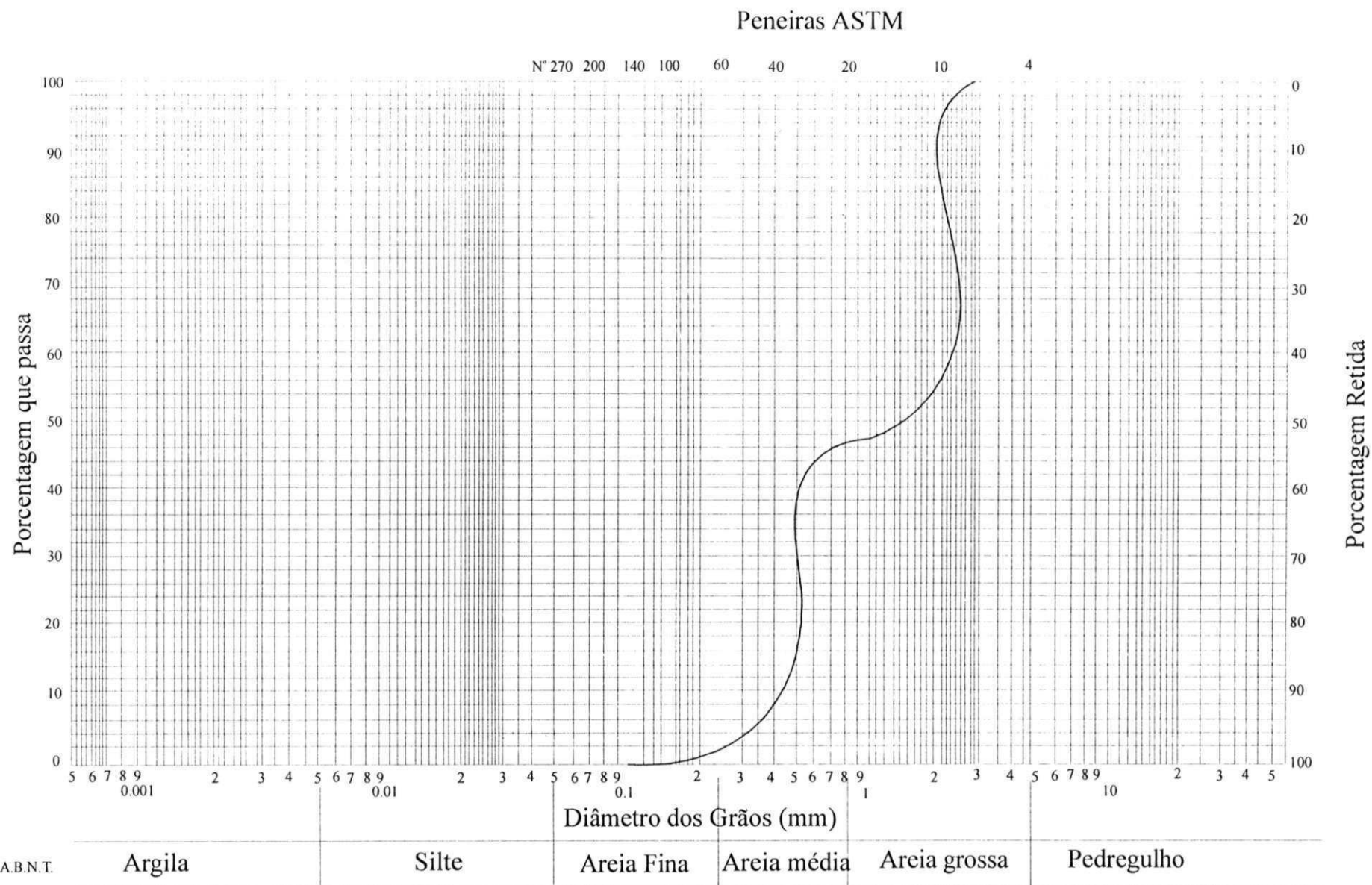


Figura 3.12 - Curva granulométrica da primeira mistura ao final dos ensaios com dunas

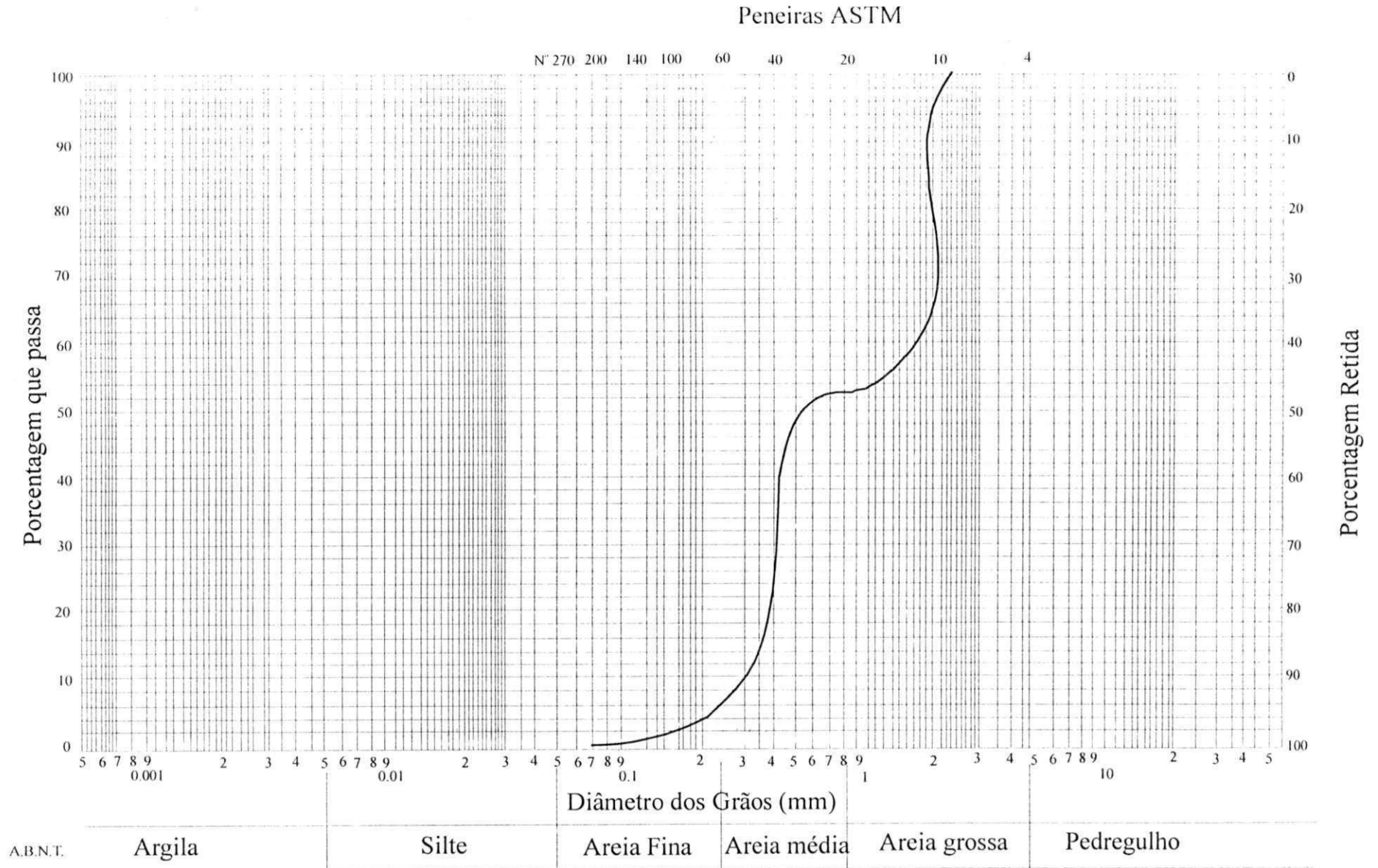


Figura 3.13 - Curva granulométrica da Segunda mistura ao final dos ensaios com dunas

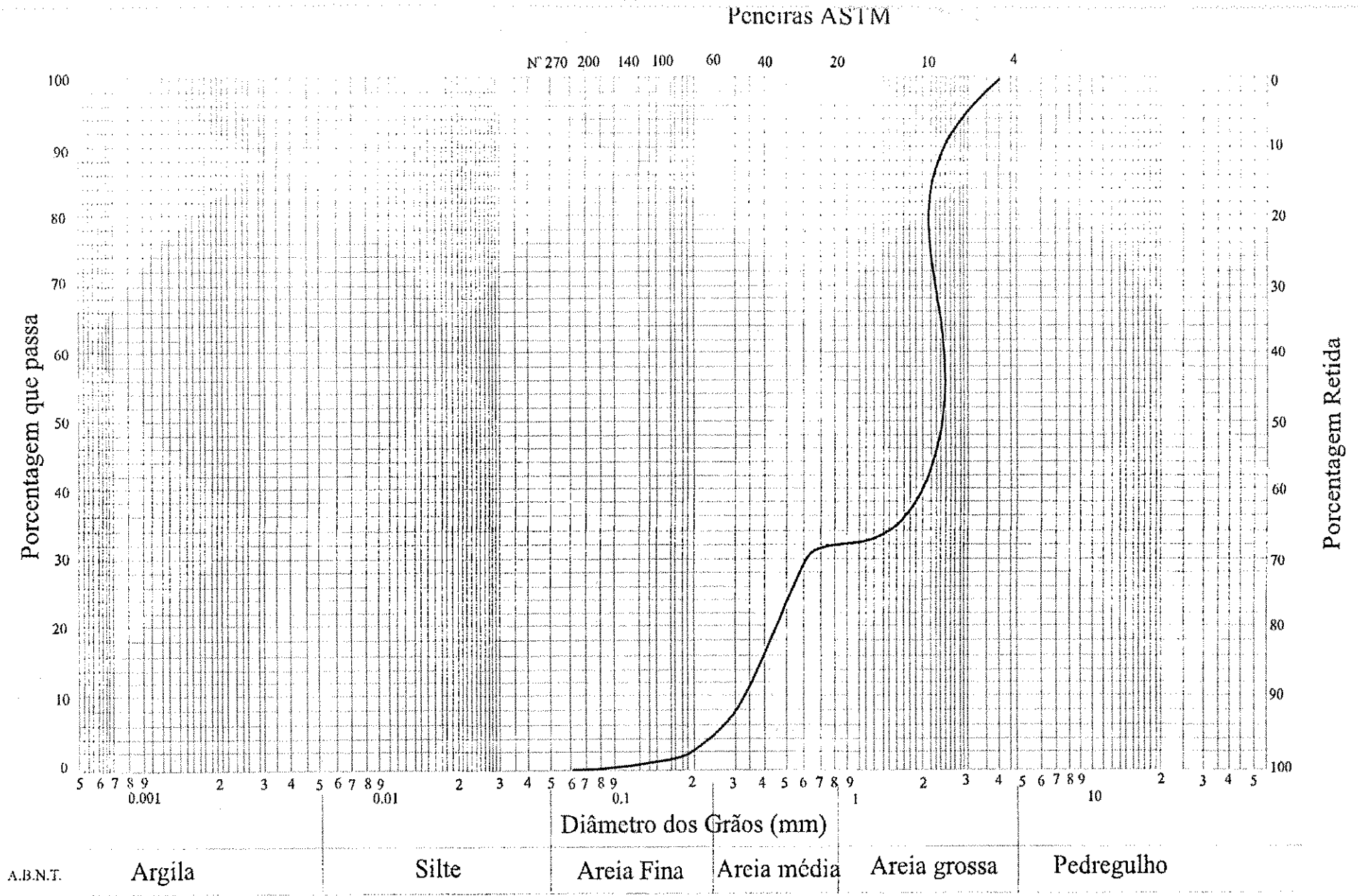


Figura 3.14 - Curva granulométrica da terceira mistura ao final dos ensaios com dunas

3.4.6 – Temperatura do Fluido

A temperatura do fluido é um parâmetro importante, pois propriedades como a massa específica e a viscosidade do fluido variam com a temperatura. Foram feitas leituras de temperatura do fluido utilizando-se um termômetro de mercúrio. Durante todas as séries de ensaios, a variação da temperatura foi pequena entre 24°C e 27°C. A tabela 3.2 mostra os valores de massa específica e da viscosidade do fluido em função da temperatura.

Tabela 3.2 – Valores da massa específica e da viscosidade do fluido em função da temperatura.

Temperatura (°C)	Massa Específica (g/cm ³)	Viscosidade Cinemática (cm ² /s)
21,7	0,9978	0,00965
22,0	0,9978	0,00957
22,2	0,9977	0,00952
22,8	0,9976	0,00940
23,0	0,9975	0,00935
23,3	0,9975	0,00928
23,9	0,9973	0,00916
24,0	0,9973	0,00914
24,4	0,9972	0,00905
25,0	0,9970	0,00893
25,6	0,9969	0,00882
26,0	0,9968	0,00873
26,1	0,9968	0,00871
26,7	0,9966	0,00861
27,0	0,9965	0,00854
27,2	0,9965	0,00850
27,8	0,9963	0,00840
28,0	0,9962	0,00836
28,3	0,9961	0,00830
28,9	0,9960	0,00820
29,0	0,9959	0,00818
29,4	0,9958	0,00811
30,0	0,9956	0,00801
30,6	0,9955	0,00792
31,0	0,9954	0,00785
31,1	0,9953	0,00783
31,7	0,9951	0,00774

3.5 – Procedimento Experimental

Devido a grande quantidade de dados que seriam coletadas em cada ensaio, definiu-se com antecedência duas tabelas de registros de dados, sendo um referente aos dados obtidos ao longo do ensaio e outro referente às amostras coletadas em cada ensaio em relação a taxa de transporte na condição de equilíbrio. As tabelas 3.3 e 3.4 mostram exemplos dessas folhas de dados.

Antes de começar-se a realizar os ensaios, fez-se necessário uma fase de treinamento e adaptação ao sistema, o que permitiu o conhecimento prévio das faixas de vazões e aberturas de comportas a serem utilizadas para conseguir a forma do leito desejada. O procedimento utilizado para cada ensaio é descrito a seguir.

Após o lançamento do leito de sedimento com aproximadamente 15cm de espessura, definida para aquela série de ensaios e ajustada a declividade do canal, previamente definida, para acelerar o estabelecimento da condição de equilíbrio, ligava-se as bombas de sedimentos. Com a comporta ainda fechada, esperava-se a saturação de todo o leito para posterior regularização do mesmo, eliminando as formas do leito gerado no ensaio anterior, procedimento este que favorecia o estabelecimento da condição de equilíbrio mais rapidamente.

Regularizado o leito, ligava-se a bomba principal da circulação de água no modo manual e, aduzia-se uma pequena vazão ao canal, ao mesmo tempo em que a comporta era lentamente aberta de modo a permitir que se estabelecesse uma profundidade em torno de 15cm. Este procedimento servia apenas para efetuar a transição para o modo de controle automático da vazão, realizado via computador. Antes de mudar para o modo automático, o programa FLOW que registra o hidrograma ou vazão desejada era atualizado no sistema. Este programa permitia criar, modificar e visualizar graficamente o hidrograma do fluxo desejado. Estes programas de controle na forma de hidrograma, definiam a forma de crescimento gradual das vazões ao longo do tempo, até chegar ao valor constante desejado para o ensaio. Nos hidrogramas,

os valores de vazão eram expressos em termo de percentuais em relação a vazão máxima de 80 l/s que podia ser aduzida ao canal. Uma vez escolhido o hidrograma do ensaio, dois mostradores na tela do computador permitiam saber qual a vazão real que estava sendo imposta no canal num determinado instante e qual a vazão programada.

A mudança do controle de vazão para o modo automático era feita mediante o acionamento de uma chave no painel do sistema de controle. O sistema permitia a interrupção do hidrograma a qualquer momento, e era possível a alteração deste hidrograma durante um ensaio. Na realidade, como os ensaios tinham vazões pré-definidas, o uso do hidrograma no programa FLOW apenas facilitava em chegar ao valor de vazão de maneira gradual. A medida que o hidrograma se desenvolvia, ajustava-se a abertura da comporta gradativamente até alcançar a profundidade de fluxo desejada no canal. Após alcançar a vazão desejada e fixada a abertura da comporta, restava acompanhar a evolução do sistema até surgir a condição de equilíbrio, o que acontecia em média após 7 a 9 horas para o caso de dunas e por volta de 2 horas para o caso de leito plano. Durante este tempo, o leito do canal ia adquirindo formas definitivas. Leituras piezométricas também eram feitas ao longo do ensaio e, uma vez alcançada a condição de equilíbrio, essas leituras se tornavam em média constantes com pequeníssimas oscilações em torno da média. A forma do leito definida, declividade da superfície da água constante e a profundidade média praticamente a mesma, eram os sinais que surgiam a medida que a condição de equilíbrio era alcançada.

Após alcançada a condição, procedia-se a coleta das amostras de sedimentos transportados. Em cada experimento eram coletadas oito amostras, durante um mesmo intervalo de tempo. A taxa média de transporte era a média aritmética das taxas calculadas para as oito amostras. Para finalizar o ensaio, leituras finais dos piezômetros e da superfície da água eram realizadas e o sistema era desligado. Após a drenagem muito gradual do canal, efetuava-se o levantamento do perfil do leito e determinava-se a profundidade média de fluxo, como foi descrito anteriormente.

Tabela 3.3 - Folha de Medição dos dados experimentais

N	DATA	HORA INICIO (h : min)	HORA FIM (h : min)	VAZÃO (m ³ / s)	PROFUNDID. MÉDIA (m)	FORMA DO LEITO	TEMPERAT. DA ÁGUA (C)	ABERTURA COMPORTAS (mm)	LEITURAS PIEZOMET		DECLIVIDADE DA LINHA DE ENERGIA	ENSAIOS REPETIDOS CORRESPOND.
									MONTANTE	JUSANTE		
11	01/06/98	09:40	17:05	0.036226	0.167500	dunas	24.5	46	230	234	0.0017	A1
12	02/06/98	09:00	17:30	0.036208	0.161740	dunas	24.5	46	227	230	0.0018	B1
13	03/06/98	09:30	17:25	0.037188	0.158720	dunas	24	46	223	226	0.0018	C1
14	04/06/98	08:30	17:30	0.035556	0.154760	dunas	24	47	222	226	0.0017	D1
15	05/06/98	09:00	17:15	0.034332	0.130350	dunas	24	48	217	217	0.0021	E1
16	06/06/98	08:30	17:20	0.03588	0.151230	dunas	24.5	45	221	224	0.0018	F1
17	07/06/98	08:30	17:30	0.00334	0.141900	dunas	24.5	45	210	209	0.0022	G1
18	08/06/98	09:30	17:30	0.03206	0.148890	dunas	24.5	47.5	202	206	0.0017	H1
19	10/06/98	09:30	17:15	0.03606	0.157400	dunas	24	42.5	229	232	0.0018	I1
20	11/06/98	09:30	17:00	0.03542	0.158530	dunas	24.5	42	236	240	0.0017	J1

Tabela 3.4 - Folha de Medição dos dados experimentais

N	DATA DO ENSAIO	FORMA DO LEITO	VAZÃO (m ³ /s)	PROFUNDID. MÉDIA (m)	TEMPO DE AMOSTRAG (s)	A M O S T R A S (gramas)								DESCARGA DE SEDIMENTOS (g/s)
						1	2	3	4	5	6	7	8	
11	01/06/98	dunas	0.036226	0.167500	4	23.8	25.1	19.6	31.0	17.5	34.2	42.1	27.6	6.900000 5.2cm ³ /s
12	02/06/98	dunas	0.036208	0.161740	4	68.1	28.4	37.8	56.8	50.1	61.0	22.3	53.0	11.790000 7.5cm ³ /s
13	03/06/98	dunas	0.037188	0.158720	4	-	64.9	42.3	26.2	35.9	27.3	31.3	27.3	9.128570 6.0cm ³ /s
14	04/06/98	dunas	0.035556	0.154760	4	14.7	16.3	36.8	10.0	32.7	34.8	24.7	42.5	6.240000 4.22cm ³ /s
15	05/06/98	dunas	0.034332	0.130350	4	61.7	53.8	39	37.1	73.3	74.7	50.5	41.7	13.493750 8.75cm ³ /s
16	06/06/98	dunas	0.03588	0.151230	4	47.1	24.2	66.6	61.9	27.6	52.3	37.5	-	11.328570 7.43cm ³ /s
17	07/06/98	dunas	0.0334	0.141900	4	20.4	39.7	60	27.2	50.4	34.5	25.6	42.1	9.370000 6.7cm ³ /s
18	08/06/98	dunas	0.03206	0.148890	4	13.2	57.3	26.3	33.9	17.7	25.2	17.8	19.8	6.600000 4.5cm ³ /s
19	10/06/98	dunas	0.03606	0.157400	4	13.7	15.4	13.4	9.6	10.6	13.9	12.3	12.5	3.225000 2.222cm ³ /s
20	11/06/98	dunas	0.03542	0.158353	4	6.7	7.2	9.9	9.1	6.5	8.6	9.0	7.1	2.003125

3.6 – Apresentação dos dados coletados

Considerando o objetivo dos ensaios e as faixas das variações na vazão e profundidade constante com a forma do leito desejado, o número de ensaios ficou definido como: 13 ensaios com dunas e 5 com leito plano para cada uma das três misturas, com uma repetição de cada ensaio. Assim, na primeira mistura foram feitas ao todo 26 ensaios com dunas. Nenhum ensaio com leito plano foi realizado para esta mistura devido a problema com a bomba de sedimento descrito anteriormente. Com a segunda e a terceira mistura foram realizados 26 ensaios com dunas e 10 ensaios com leito plano para cada uma, totalizando 98 ensaios.

As tabelas 3.5, 3.6 e 3.7 mostram os dados coletados para as três misturas, respectivamente. A tabela 3.5 apresenta os dados dos experimentos realizados com a primeira mistura, que tinha um $D_{50} = 0,62\text{mm}$ ($D_{35} = 0,4\text{mm}$, $D_{65} = 1,5\text{mm}$). A temperatura da água variou de 24°C a $26,5^{\circ}\text{C}$. A profundidade média de fluxo para os ensaios com dunas variou de $0,130\text{m}$ a $0,172\text{m}$. A declividade da superfície da água variou entre $0,0014$ a $0,0022$. A faixa de variação de vazões para as três misturas foi de $30,72\text{ l/s}$ a $39,98\text{ l/s}$ para os ensaios com dunas e $39,62$ a $42,67\text{ l/s}$ para leito plano. Devido ao problema do desgaste elevado nas bombas de sedimento, um maior número dos ensaios com maiores vazões não foi possível realizar.

A tabela 3.6 apresenta os dados dos experimentos realizados com a segunda mistura, que tinha um $D_{50} = 0,37\text{mm}$ ($D_{35} = 0,33\text{mm}$ e $D_{65} = 0,91\text{mm}$). A temperatura da água ao longo de toda a série variou de $24,5^{\circ}\text{C}$ a 25°C . A profundidade média de fluxo para os ensaios com dunas ficou entre $0,139\text{m}$ a $0,172\text{m}$ e para leito plano foi de $0,091\text{m}$ a $0,104\text{m}$. A declividade da superfície da água variou de $0,0014$ a $0,0023$ para os ensaios com dunas e $0,0036$ a $0,0041$ para leito plano.

A tabela 3.7 apresenta os dados dos experimentos realizados com a terceira mistura, que tinha um $D_{50} = 1,6\text{mm}$ ($D_{35} = 0,47\text{mm}$ e $D_{65} = 1,9\text{mm}$). A

temperatura da água ao longo de toda a série de ensaios variou de 25°C a 25,5°C. A profundidade média de fluxo para os ensaios com dunas ficou entre 0,138m a 0,161m e para leito plano foi de 0,088m a 0,102m. A declividade da superfície da água variou de 0,0018 a 0,0023 para dunas e 0,0036 a 0,0041 para leito plano.

Tabela 3.5 - Dados dos experimentos realizados com a primeira mistura

N	VAZÃO	PROFUNDID.	FORMA	TEMPERAT.	LEITURAS PIEZOMET.		DECLIVIDAD	ENSAIOS	TAXA DE TRANSPORTE	
	(m ³ /s)	MÉDIA (m)	DO LEITO	DA ÁGUA (C)	MONTANTE	JUSANTE	DA SUPERFIC DE ÁGUA	REPETIDOS CORRESPOND.	(g/s)	(cm ³ /s)
1	0.03611	0.165710	dunas	26	228	232	0.0017	A1	15.416	9.750
2	0.03662	0.167280	dunas	26.5	223	230	0.0014	B1	7.250	4.750
3	0.03711	0.163370	dunas	26	222	228	0.0015	C1	14.522	9.250
4	0.03556	0.155950	dunas	26	224	228	0.0017	D1	8.900	5.850
5	0.03433	0.149620	dunas	26	218	219	0.002	E1	9.763	6.670
6	0.03588	0.160980	dunas	26	229	231	0.0019	F1	14.938	9.750
7	0.03311	0.146240	dunas	25	208	211	0.0018	G1	7.840	5.000
8	0.03196	0.139170	dunas	26.5	202	203	0.002	H1	10.228	6.500
9	0.03604	0.159380	dunas	26	230	233	0.0018	I1	4.053	2.750
10	0.03506	0.162590	dunas	26	236	240	0.0017	J1	2.959	-
11	0.03623	0.167500	dunas	24.5	230	234	0.0017	A1	6.900	5.200
12	0.03621	0.161740	dunas	24.5	227	230	0.0018	B1	11.790	7.500
13	0.03719	0.158720	dunas	24	223	226	0.0018	C1	9.129	6.000
14	0.03556	0.154760	dunas	24	222	226	0.0017	D1	6.240	4.220
15	0.03433	0.130350	dunas	24	217	217	0.0021	E1	13.494	8.750
16	0.03588	0.151230	dunas	24.5	221	224	0.0018	F1	11.329	7.430
17	0.00334	0.141900	dunas	24.5	210	209	0.0022	G1	9.370	6.700
18	0.03206	0.148890	dunas	24.5	202	206	0.0017	H1	6.600	4.500
19	0.03606	0.157400	dunas	24	229	232	0.0018	I1	3.225	2.222
20	0.03542	0.158530	dunas	24.5	236	240	0.0017	J1	2.003	-
21	0.03810	0.170100	dunas	24.5	233	238	0.0016	K1	5.900	4.000
22	0.03994	0.163400	dunas	24.5	231	234	0.0018	L1	5.265	3.500
23	0.03903	0.167200	dunas	24.5	230	234	0.0017	M1	4.878	3.250
24	0.03818	0.172100	dunas	24.5	234	238	0.0017	K1	3.840	2.250
25	0.03990	0.162800	dunas	24.5	228	231	0.0018	L1	5.775	4.000
26	0.03901	0.164300	dunas	24.5	233	234	0.002	M1	4.015	3.200

Tabela 3.6 - Dados dos experimentos realizados com a segunda mistura

N	VAZÃO	PROFUNDID.	FORMA	TEMPERAT.	LEITURAS PIEZOMET.		DECLIVIDAD	ENSAIOS	TAXA DE TRANSPORTE	
	(m ³ / s)	MÉDIA (m)	DO LEITO	DA ÁGUA (C)	MONTANTE	JUSANTE	DA SUPERFÍC DE ÁGUA	REPETIDOS CORRESPOND.	(g/s)	(cm ³ /s)
27	0.03714	0.16410	dunas	24.5	228	226	0.0023	A2	4.350	3.060
28	0.03607	0.17000	dunas	24.5	219	226	0.0014	B2	4.106	3.000
29	0.03313	0.14824	dunas	24.5	210	216	0.0015	C2	4.288	3.020
30	0.03120	0.14843	dunas	25.0	203	205	0.0019	D2	5.184	3.820
31	0.03491	0.15830	dunas	24.5	229	230	0.0020	E2	4.639	3.320
32	0.03574	0.17210	dunas	24.5	223	227	0.0017	F2	4.475	3.200
33	0.03611	0.15892	dunas	24.5	207	210	0.0018	G2	6.591	4.500
34	0.03427	0.14156	dunas	25.0	192	195	0.0018	H2	6.050	4.000
35	0.03663	0.16324	dunas	24.5	206	207	0.0020	I2	3.922	3.040
36	0.03574	0.15170	dunas	24.5	205	205	0.0021	J2	5.128	3.700
37	0.03704	0.15910	dunas	24.5	213	215	0.0019	A2	5.522	3.940
38	0.03615	0.16870	dunas	24.5	204	210	0.0015	B2	4.575	3.300
39	0.03313	0.15120	dunas	24.5	197	200	0.0018	C2	5.922	3.950
40	0.03196	0.13980	dunas	24.5	189	190	0.0020	D2	7.675	4.840
41	0.03491	0.15410	dunas	24.5	208	209	0.0020	E2	5.250	3.860
42	0.03574	0.16740	dunas	24.5	206	210	0.0017	F2	6.181	4.100
43	0.03615	0.15250	dunas	24.5	210	210	0.0021	G2	8.644	5.700
44	0.03427	0.14210	dunas	24.5	195	194	0.0022	H2	10.125	6.300
45	0.03655	0.16310	dunas	24.5	209	211	0.0019	I2	8.075	5.400
46	0.03574	0.15220	dunas	24.5	198	199	0.0020	J2	7.869	5.100
47	0.03830	0.16550	dunas	24.5	220	224	0.0017	K2	5.488	3.700
48	0.03992	0.16290	dunas	25.0	216	219	0.0018	L2	4.790	3.260
49	0.03900	0.17010	dunas	24.5	222	224	0.0019	M2	4.500	3.220
50	0.03819	0.17220	dunas	25.0	222	226	0.0017	K2	3.550	2.200
51	0.03982	0.16300	dunas	24.5	219	222	0.0018	L2	4.003	3.180
52	0.03902	0.17110	dunas	25.0	224	226	0.0019	M2	4.300	-
53	0.04265	0.09210	l.plano	24.5	191	171	0.0041	N2	59.500	41.730
54	0.04153	0.10060	l.plano	25.0	184	167	0.0038	O2	77.361	53.140
55	0.04032	0.10440	l.plano	24.5	184	169	0.0036	P2	57.440	38.420
56	0.03971	0.10320	l.plano	25.0	178	162	0.0037	Q2	63.628	43.170
57	0.04267	0.09120	l.plano	24.5	191	172	0.0040	N2	65.007	44.310
58	0.04153	0.10210	l.plano	24.5	180	164	0.0037	O2	60.679	40.000
59	0.04032	0.10370	l.plano	24.5	187	170	0.0038	P2	49.825	32.400
60	0.03962	0.09810	l.plano	25.0	179	164	0.0036	Q2	75.489	50.300
61	0.04161	0.10100	l.plano	25.0	182	164	0.0039	R2	48.135	31.430
62	0.04164	0.10310	l.plano	25.0	182	165	0.0038	R2	52.457	34.570

Tabela 3.7 - Dados dos experimentos realizados com a terceira mistura

N	VAZÃO	PROFUNDID.	FORMA	TEMPERAT.	LEITURAS PIEZOMET.		DECLIVIDADE	ENSAIOS	TAXA DE TRANSPORTE	
	(m ³ /s)	MÉDIA (m)	DO LEITO	DA ÁGUA (C)	MONTANTE	JUSANTE	DA SUPERFÍCIE DE ÁGUA	REPETIDOS CORRESPOND.	(g/s)	(cm ³ /s)
63	0.03524	0.1501	dunas	25.0	231	232	0.0020	A3	12.091	7.25
64	0.03198	0.1385	dunas	24.5	195	194	0.0022	B3	13.281	8.00
65	0.03590	0.1456	dunas	25.0	233	234	0.0020	C3	7.603	4.75
66	0.03606	0.1523	dunas	25.5	213	215	0.0019	D3	7.397	4.60
67	0.03321	0.1603	dunas	25.0	195	198	0.0018	E3	8.425	5.25
68	0.03557	0.1532	dunas	25.0	202	203	0.0020	F3	8.013	5.00
69	0.03606	0.1611	dunas	25.5	199	202	0.0018	G3	7.234	4.50
70	0.03427	0.1495	dunas	25.0	194	196	0.0019	H3	8.047	5.01
71	0.03721	0.1402	dunas	25.0	202	200	0.0023	I3	6.169	3.75
72	0.03655	0.1542	dunas	25.0	199	200	0.0020	J3	6.116	3.70
73	0.03525	0.1538	dunas	25.5	221	223	0.0019	A3	6.280	3.70
74	0.03198	0.1423	dunas	25.0	194	196	0.0019	B3	7.710	5.00
75	0.03598	0.1448	dunas	25.0	222	221	0.0022	C3	6.190	3.60
76	0.03606	0.1530	dunas	25.0	211	214	0.0018	D3	8.225	5.25
77	0.03329	0.1601	dunas	25.5	195	198	0.0018	E3	5.028	3.25
78	0.03557	0.1501	dunas	25.0	191	193	0.0019	F3	6.360	4.00
79	0.03606	0.1595	dunas	25.5	201	204	0.0018	G3	6.510	4.10
80	0.03433	0.1480	dunas	25.0	190	192	0.0019	H3	5.540	3.75
81	0.03072	0.1458	dunas	25.5	204	203	0.0022	I3	7.510	4.90
82	0.03655	0.1542	dunas	25.0	211	213	0.0019	J3	5.800	3.80
83	0.03794	0.1512	dunas	25.5	210	211	0.0020	K3	8.150	5.10
84	0.03998	0.1588	dunas	25.0	219	221	0.0019	L3	5.590	3.50
85	0.03900	0.1549	dunas	25.5	215	217	0.0019	M3	7.850	5.00
86	0.03819	0.1601	dunas	25.0	215	217	0.0019	K3	5.840	3.60
87	0.04006	0.1521	dunas	25.0	212	212	0.0021	L3	7.050	4.85
88	0.03900	0.1570	dunas	25.0	215	217	0.0019	M3	6.250	3.90
89	0.04265	0.0910	l.plano	25.0	192	172	0.0041	N3	66.850	44.82
90	0.04156	0.0950	l.plano	25.0	185	167	0.0039	O3	64.130	43.50
91	0.04057	0.0980	l.plano	25.0	185	170	0.0036	P3	63.540	43.10
92	0.03971	0.0930	l.plano	25.5	179	162	0.0038	Q3	55.080	36.61
93	0.04267	0.1011	l.plano	25.0	184	166	0.0039	R3	50.620	34.46
94	0.04156	0.1020	l.plano	25.5	185	166	0.0040	N3	58.810	38.52
95	0.04032	0.0880	l.plano	25.0	184	166	0.0039	O3	55.580	36.81
96	0.03962	0.0940	l.plano	25.5	180	164	0.0037	P3	45.450	30.27
97	0.04162	0.1020	l.plano	25.5	184	167	0.0038	Q3	41.630	28.36
98	0.04161	0.0900	l.plano	25.5	187	169	0.0039	R3	55.030	36.05

CAPÍTULO IV

ANÁLISE DOS DADOS E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 – Considerações Iniciais

Os dados experimentais das três séries de ensaios foram apresentadas nas tabelas 3.5, 3.6 e 3.7 e, os mesmos, constituem-se nos dados básicos que foram utilizados na aplicação das equações de estimativas de transporte.

Os dados brutos necessitavam de correções para os efeitos laterais, pois o canal era formado de paredes de vidro enquanto o leito de sedimentos era deformado, e a rugosidade do perímetro molhado não era uniforme. Esta situação deveria ser diferenciada da situação real em que um leito natural apresenta-se também com as suas margens erodíveis, ou possui grande largura, limitando os efeitos das laterais. O raio hidráulico da seção foi corrigido para obter um valor equivalente de um canal largo com o leito de sedimentos. Para este fim, adotou-se o método de Vanoni e Brooks (1975) para correção do efeito das paredes laterais (Rêgo e Srinivasan, 1981; Srinivasan, 1969). Obtendo o raio hidráulico relativo ao leito do canal obtido pelo método de Vanoni e Brooks (1975), utilizou-se em seguida o método de Einstein e Barbarosa (1952) para separar os efeitos das formas do leito na superfície e a superfície dos sedimentos sem as formas do leito. Desta forma foi possível dividir o raio hidráulico do leito em partes referentes à forma do leito e à superfície dos grãos de areia. A partir destes, todos os parâmetros necessários para calcular a taxa de transporte sólido pelas diversas equações escolhidas foram determinadas.

O método de Vanoni e Brooks (1975) encontra-se descrito em anexo. Os dados obtidos através deste procedimento a que foram submetidos os dados brutos, são mostrados nas tabelas 4.1, 4.2 e 4.3, para a primeira, segunda e terceira mistura, respectivamente. A partir do raio hidráulico relativo ao leito do canal obtido pelo método de Vanoni e Brooks (1975), aplicou-se o método de

(1956), 4.5 a 4.9 para a equação de Laursen (1958) e 4.10 a 4.12 para a equação de Yang (1973).

4.3 – Funções de Resistência para Canais Aluviais

A grande maioria dos pesquisadores concordam que as variações da resistência dos canais aluviais, são causadas pelas mudanças nas formas do leito e cada forma do leito representa um regime de resistência e transporte distinta (Srinivasan, 1969).

A dificuldade entretanto, é que não existem as distribuições universais da velocidade para as diversas formas do leito. Ainda existe a polêmica se o coeficiente de Von Karman, com o valor 0,4 é realmente constante ou diferente para fluxos em suspensão. (Coleman, 1986, 1981; Ogihara e Miazawa, 1991; Umeyama e Gerritsen, 1992; Van Rijn, 1984c; Vanoni, 1984; Cioffi e Gallerano, 1991; Wang, 1981 e Weisberg e Smith, 1991). Independente desta questão, a distribuição logarítmica da velocidade é aceita por todos.

Assim, neste trabalho, visto que os resultados experimentais mostraram uma tendência da variação da resistência, calculado na forma de f de Darcy-Weisbach, o valor de f foi expresso numa forma analítica, a partir da distribuição logarítmica da velocidade, onde essa forma analítica inclui um fator B que englobaria os efeitos da distribuição granulométrica e forma do leito, conforme Srinivasan e Hill (1985) e Srinivasan (1992).

Como foram feitos ensaios com dunas e leito plano, mostra-se a seguir a explicação de acordo com Srinivasan e Hill (1985), da utilização da distribuição logarítmica da velocidade, para dunas e leito plano, assim como o procedimento para se obter a relação de B .

As dimensões das dunas são conhecidamente afetadas pela profundidade e outros parâmetros de fluxos (Shen, 1979; Simons e Richardson, 1961, 1962; Yalin e Karahan, 1979; Haque e Mahmood, 1986; Garde e Rangaraju, 1966 e Raudikivi e Witte, 1990). Mesmo assim, a aplicabilidade da distribuição da velocidade obtida para canais rígidos torna-se válida no caso de dunas, pois as

dunas agiriam como se fossem obstáculos colocados no fluxo, bastando para isto a inclusão do efeito das perdas de energia nas esteiras de dunas.

Os escoamentos com leito plano são caracterizados por altas taxas de transporte e em geral a carga de sedimentos em suspensão é significativa. As diversas medições do perfil da velocidade realizadas por vários pesquisadores confirmam a distribuição logarítmica da velocidade mas, a dúvida continua sobre o efeito dos sedimentos em suspensão no coeficiente de Von Karman (Srinivasam, 1992). Para fins de avaliação de resistência, a presença de sedimentos pode ser considerada como se tivesse um efeito adicional à resistência do leito plano. Então, a distribuição logarítmica da velocidade obtida para canais rígidos também pode ser utilizada no caso de leito plano.

Assim, considerando um canal largo temos:

$$\frac{U}{U_*} = \frac{1}{K} \ln\left(\frac{d}{K_s}\right) + A_1 \quad 4.1$$

Onde K é a constante universal de Von Karman, d é a profundidade de fluxo, K_s é a altura da rugosidade expressa como o diâmetro de grãos de areia equivalente e A_1 é uma constante que depende da geometria do canal. Esta equação pode ser escrita como:

$$\frac{U}{U_*} = \frac{1}{K} \ln(d) - \frac{1}{K} \ln(K_s) + A_1 \quad 4.2$$

Os dois últimos termos do segundo membro, representariam a influência das formas do leito, da superfície dos grãos de areia e da geometria do canal.

Em relação ao fator de atrito de Darcy Weisbach, a equação 4.2 pode ser reescrita de modo que para um canal largo o valor da profundidade do fluxo pode ser substituído pelo raio hidráulico do leito, na forma

$$\sqrt{\frac{8}{f_b}} = \left(\frac{1}{K}\right) \ln(R_b) + A_2 \quad 4.3$$

onde:

$$A_2 = A_1 - \left(\frac{1}{K}\right) \cdot \ln(K_s) \quad 4.4$$

ou

$$\sqrt{\frac{1}{f_b}} = \left(\frac{1}{\sqrt{8}}\right) \cdot \left(\frac{1}{K}\right) \cdot \ln(R_s) + B \quad 4.5$$

onde:

$$B = \left(\frac{A_2}{\sqrt{8}}\right) \quad 4.6$$

O valor de B depende portanto da forma do leito presente devido ao fato que a rugosidade equivalente (K_s) depende das formas do leito. O coeficiente de Von Karman (K) seria afetado pela presença de sedimentos em suspensão e a quantidade dos mesmos depende da forma do leito. Então o valor universal de 0,4 pode ser adotado para K, e qualquer alteração em relação a este, pode ser considerado como incluído no valor do fator aditivo B.

Como B inclui os efeitos da forma do leito, os fatores que influem na forma do leito irão influenciar o fator B. Srinivasan e Hill (1985) mostraram que os efeitos da profundidade, da viscosidade e da declividade são levados em conta pelo parâmetro adimensional $(gv)^{1/3} / U_*$, e, através de uma análise dimensional, estabeleceram a relação funcional:

$$B = \left(\frac{A_2}{\sqrt{8}}\right) = F\left[\frac{(gv)^{1/3}}{U_*}\right] \quad 4.7$$

Esta análise foi utilizada na avaliação da resistência com as três misturas. O procedimento para se obter a relação para B foi o seguinte: com os valores de

f_b e R_b conhecidos pelos dados, o valor de B foi calculado pela equação 4.5. Conhecendo-se a temperatura da água, a viscosidade cinemática foi determinada e com o valor de R_b e a declividade conhecidos, o parâmetro da equação 4.7 foi calculado. Então para cada forma do leito e tipo de mistura, foi obtida na forma gráfica a relação funcional para determinar o valor de B. As relações obtidas são mostradas nas figuras, 4.17 a 4.19 para dunas, e 4.20 e 4.21 para leito plano. Estes resultados são discutidos no capítulo a seguir.

Tabela 4.1 - Dados obtidos pelo Método Vanoni e Brooks (1957) (Primeira Mistura)

N	VAZÃO (m ³ /s)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCID. MÉDIA (m/s)	PERIMETRO MOLHADO (m)	ÁREA MOLHADA (m ²)	RAIO HIDRÁUL. (m)	VISCOSID. CINEMÁT. (cm ² /s)	DECLIVID. L. ENERG.	VELOCID. CISALHAM. (m/s)	COEF. ATR. DO CANAL
1	0.03611	0.16571	0.436063	0.8314	0.0829	0.0997	0.00868	0.0017	0.03829	0.0617
2	0.036616	0.16728	0.437709	0.8346	0.0836	0.1002	0.00864	0.0014	0.0465	0.0903
3	0.03711	0.16337	0.454184	0.8267	0.0817	0.0988	0.00873	0.0015	0.04721	0.0864
4	0.03556	0.15595	0.455915	0.8119	0.078	0.096	0.00873	0.0017	0.04001	0.0616
5	0.03433	0.14962	0.458896	0.7992	0.0748	0.0936	0.00873	0.0020	0.04285	0.0697
6	0.03588	0.16098	0.445770	0.822	0.0805	0.0979	0.00873	0.0019	0.04271	0.0735
7	0.03311	0.146240	0.452681	0.7925	0.0731	0.0923	0.00893	0.0018	0.04562	0.0812
8	0.03196	0.139170	0.459294	0.7783	0.0696	0.0894	0.00864	0.0020	0.0449	0.0765
9	0.03604	0.159380	0.452253	0.8188	0.0797	0.0973	0.00873	0.0018	0.04145	0.0672
10	0.03506	0.162590	0.431269	0.8252	0.0813	0.0985	0.00873	0.0017	0.03807	0.0623
11	0.036226	0.1675	0.432478	0.8350	0.0838	0.1003	0.00903	0.0017	0.04089	0.0715
12	0.036208	0.16174	0.447731	0.8235	0.0809	0.0982	0.00903	0.0018	0.04389	0.0769
13	0.037188	0.15872	0.468599	0.8174	0.0794	0.0971	0.00914	0.0018	0.04576	0.0763
14	0.035556	0.15476	0.459499	0.8095	0.0774	0.0956	0.0092	0.0017	0.03992	0.0604
15	0.034332	0.13035	0.526766	0.7607	0.0652	0.0857	0.00914	0.0021	0.04099	0.0485
16	0.03588	0.15123	0.474509	0.8025	0.0756	0.0942	0.00903	0.0019	0.0419	0.0624
17	0.0334	0.1419	0.470754	0.7838	0.071	0.0905	0.00903	0.0022	0.04419	0.0705
18	0.03206	0.14889	0.430654	0.7978	0.0744	0.0933	0.00903	0.0017	0.04487	0.0868
19	0.03606	0.1574	0.458196	0.8148	0.0787	0.0966	0.00914	0.0018	0.04129	0.065
20	0.03542	0.15853	0.446855	0.8171	0.0793	0.097	0.00903	0.0017	0.03901	0.061
21	0.03810	0.1701	0.447972	0.8402	0.0851	0.1012	0.00903	0.0016	0.03985	0.0633
22	0.03994	0.1634	0.488862	0.8268	0.0817	0.0988	0.00903	0.0018	0.04059	0.0577
23	0.03903	0.1672	0.466866	0.8344	0.0836	0.1002	0.00903	0.0017	0.03965	0.0577
24	0.03818	0.1721	0.443696	0.8442	0.086	0.1019	0.00903	0.0017	0.04122	0.0691
25	0.0399	0.1628	0.490172	0.8256	0.0814	0.0986	0.00903	0.0018	0.04172	0.0579
26	0.03901	0.1643	0.474863	0.8286	0.0822	0.0991	0.00903	0.0020	0.03819	0.0517

Tabela 4.1 - Continuação

NÚMERO REYNOLDS	RELAÇÃO Re / l	COEF. ATR. PAREDES	COEF. ATR. LEITO	RAIO HIDRA. LEITO (m)	VEL. CISAL LEITO (m/s)	TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)
200334.0	3,248,492	0.0196	0.089588	0.1448	0.0461	2.1224
203011.6	2,248,699	0.0211	0.136601	0.1516	0.0572	3.2606
205613.1	2,379,199	0.0208	0.129292	0.1478	0.0577	3.3232
200624	3,255,874	0.0195	0.087865	0.1369	0.0478	2.2756
196807.8	2,822,126	0.0201	0.099454	0.1335	0.0512	2.6096
200008.1	2,722,964	0.0202	0.107715	0.1436	0.0517	2.6669
187089	2,302,896	0.021	0.116506	0.1323	0.0546	2.9753
190027.4	2,485,093	0.0206	0.107552	0.1257	0.0533	2.8267
201685.1	3,001,472	0.0198	0.0974412	0.1411	0.0499	2.4825
194674.5	3,123,322	0.0197	0.090069	0.1424	0.0458	2.0873
192147.3	2,686,782	0.0203	0.10583	0.1484	0.0497	2.4673
194727.7	2,532,350	0.0205	0.113351	0.1448	0.0533	2.8311
199052.3	2,607,549	0.0204	0.111832	0.1422	0.0554	3.06
190934	3,161,360	0.0196	0.085627	0.1355	0.0475	2.2530
197503.3	4,076,434	0.0187	0.063941	0.1131	0.0471	2.2116
198062.1	3,175,194	0.0196	0.08824	0.1333	0.0498	2.4766
188761.5	2,677,626	0.0203	0.098978	0.1271	0.0524	2.7341
178013.4	204,999	0.0214	0.125801	0.1352	0.034	2.9083
193681.7	2,981,347	0.0198	0.093381	0.1388	0.0495	2.444
192029	3,148,992	0.0197	0.087189	0.1387	0.0467	2.1702
200869.7	3,172,651	0.0196	0.093037	0.1487	0.0483	2.3273
209107.8	3,621,354	0.0192	0.082949	0.1419	0.0486	2.3597
207203.2	3,591,263	0.0192	0.083437	0.1449	0.0477	2.2669
200337.8	2,901,327	0.0200	0.102846	0.1518	0.0503	2.5238
214079.7	3,694,565	0.0191	0.083237	0.1416	0.05	2.4929
208546.7	4,030,919	0.0188	0.073399	0.1407	0.0455	2.0631

Tabela 4.2 - Continuação

COEF. ATR. DO CANAL	NÚMERO REYNOLDS	RELAÇÃO Re / f	COEF. ATR. PAREDES	COEF. ATR. LEITO	RAIO HIDRA. LEITO (m)	VEL. CISAL LEITO (m/s)	TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)
0.0872	198645.6	2,276,945	0.021	0.130723	0.1484	0.0579	3.3386
0.097	190159.8	1,959,694	0.0216	0.148334	0.1547	0.0578	3.3277
0.0731	184217.7	2,521,023	0.0206	0.104198	0.1327	0.051	2.5948
0.0748	179666	2,401,494	0.0208	0.106891	0.133	0.0498	2.4714
0.0782	189370.7	2,422,463	0.0207	0.114539	0.142	0.0528	2.7774
0.0928	187482.1	2,021,189	0.0215	0.141839	0.1559	0.0553	3.0483
0.0664	195592.7	2,945,225	0.0199	0.09598	0.1404	0.0498	2.4714
0.0544	196047.3	3,605,100	0.0192	0.074296	0.1234	0.0467	2.1724
0.0846	196344.5	2,321,710	0.0209	0.126118	0.1473	0.0564	3.1678
0.0634	197058.4	3,109,093	0.0197	0.089893	0.1339	0.0499	2.4878
0.0774	200532	2,590,956	0.0205	0.113635	0.1427	0.0555	3.0709
0.0861	191173.4	2,220,595	0.0211	0.129945	0.152	0.0546	2.9734
0.0693	182840.2	2,637,688	0.0204	0.098916	0.1344	0.0487	2.3665
0.0639	181596.4	2,840,701	0.0201	0.08846	0.1241	0.0481	2.3051
0.0729	191338.9	2,625,983	0.0204	0.105203	0.1376	0.052	2.692
0.082	189593.2	2,311,848	0.0209	0.122902	0.1503	0.0529	2.7917
0.0695	198867.8	2,862,964	0.02	0.099622	0.1358	0.0528	2.7896
0.058	193579.6	3,334,931	0.0195	0.079975	0.1248	0.0482	2.3193
0.0732	195963.2	2,675,636	0.0203	0.107765	0.1452	0.052	2.6984
0.0673	196813.4	2,924,624	0.0199	0.096137	0.1352	0.0515	2.6432
0.062	204159.7	3,293,319	0.0195	0.090117	0.1448	0.0491	2.4064
0.058	214135	3,693,312	0.0191	0.083308	0.1417	0.05	2.4945
0.0607	209200.1	3,443,803	0.0194	0.087717	0.1424	0.0501	2.5068
0.4434	202533.2	2,928,709	0.0199	0.103071	0.1520	0.0503	2.5259
0.0551	213493.4	3,871,198	0.0189	0.078765	0.1409	0.0485	2.3426
0.0651	207529.8	3,186,981	0.0196	0.096262	0.1502	0.05	2.4957
0.0252	276126.6	10,941,450	0.0159	0.028672	0.0765	0.0554	3.0657
0.0314	265294.7	8,457,164	0.0166	0.037305	0.0853	0.0564	3.1693
0.0349	251981.7	7,228,330	0.017	0.042315	0.0894	0.0562	3.1469
0.0358	251801.2	7,033,566	0.0171	0.043525	0.0888	0.0568	3.2125
0.0239	276984.7	11,566,550	0.0158	0.026924	0.0751	0.0543	2.9386
0.0318	261239.1	8,216,506	0.0167	0.037954	0.0865	0.056	3.131
0.0361	252480.4	6,987,503	0.0171	0.044026	0.0893	0.0577	3.3185
0.0305	254911.3	8,358,925	0.0167	0.035926	0.0830	0.0541	2.9212
0.0324	265502.8	8,189,946	0.0167	0.038759	0.086	0.0574	3.2793
0.0334	263923.8	7,902,240	0.0168	0.040236	0.0879	0.0572	3.2671

Tabela 4.3 - Dados obtidos pelo Método de Vanoni e Brooks (1957) (Terceira Mistura)

N	VAZÃO (m ³ /s)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCID. MÉDIA (m/s)	PERIMETRO MOLHADO (m)	ÁREA MOLHADA (m ²)	RAIO HIDRÁUL. (m)	VISCOSID. CINEMÁT. (cm ² /s)	DECLIVID. L. ENERG.	VELOCID. CISALHAM. (m/s)
63	0.03524	0.1501	0.469554	0.8002	0.07505	0.09378905	0.00893	0.0020	0.04289687
64	0.03198	0.1385	0.461805	0.777	0.06925	0.08912484	0.00903	0.0022	0.04385764
65	0.035898	0.1456	0.493104	0.7912	0.0728	0.09201213	0.00893	0.0020	0.04248856
66	0.036062	0.1523	0.473565	0.8046	0.07615	0.0946433	0.00884	0.0019	0.04200067
67	0.033206	0.1603	0.414298	0.8206	0.08015	0.09767243	0.00893	0.0018	0.04152951
68	0.035574	0.1532	0.464413	0.8064	0.0766	0.09499008	0.00893	0.0020	0.04317065
69	0.03602	0.1611	0.447176	0.8222	0.08055	0.09796886	0.00884	0.0018	0.04159248
70	0.034266	0.1495	0.458408	0.799	0.07475	0.09355444	0.00893	0.0019	0.04175837
71	0.037206	0.1402	0.530756	0.7804	0.0701	0.08982573	0.00893	0.0023	0.04501931
72	0.036554	0.1542	0.474112	0.8084	0.0771	0.09537358	0.00893	0.0020	0.04325771
73	0.035246	0.1538	0.458336	0.8076	0.0769	0.09522041	0.00884	0.0019	0.04212853
74	0.03198	0.1423	0.449473	0.7846	0.07115	0.09068315	0.00893	0.0019	0.04111257
75	0.035982	0.1448	0.496989	0.7896	0.0724	0.091692	0.00893	0.0022	0.04448479
76	0.036062	0.1530	0.471399	0.806	0.0765	0.09491315	0.00893	0.0018	0.04093869
77	0.033286	0.1601	0.415815	0.8202	0.08005	0.09759815	0.00884	0.0018	0.04151371
78	0.035574	0.1501	0.474004	0.8002	0.07505	0.09378905	0.00893	0.0019	0.04181069
79	0.036062	0.1595	0.452188	0.819	0.07975	0.09737485	0.00884	0.0018	0.04146619
80	0.034346	0.1480	0.464135	0.796	0.074	0.09296482	0.00893	0.0019	0.04162657
81	0.037206	0.1458	0.510370	0.7916	0.0729	0.09209197	0.00884	0.0022	0.04458171
82	0.036554	0.1520	0.480974	0.804	0.076	0.09452736	0.00893	0.0019	0.04197494
83	0.03794	0.1512	0.501852	0.8024	0.0756	0.09421735	0.00884	0.0020	0.0429947
84	0.039982	0.1588	0.503552	0.8176	0.0794	0.0971135	0.00893	0.0019	0.04254525
85	0.039002	0.1549	0.503577	0.8098	0.07745	0.0956409	0.00884	0.0019	0.04222145
86	0.038186	0.1601	0.477027	0.8202	0.08005	0.09759815	0.00893	0.0019	0.04265128
87	0.04006	0.1521	0.526759	0.8042	0.07605	0.09456603	0.00893	0.0021	0.04413791
88	0.039002	0.1570	0.496841	0.814	0.0785	0.09643735	0.00893	0.0019	0.04239688
89	0.04265	0.0910	0.937363	0.682	0.0455	0.0667	0.00893	0.0041	0.05179518
90	0.04156	0.0950	0.874947	0.69	0.0475	0.0688	0.00893	0.0039	0.05130516
91	0.04057	0.0980	0.827959	0.696	0.049	0.0704	0.00893	0.0036	0.04986227
92	0.03971	0.0930	0.853978	0.686	0.0465	0.0678	0.00884	0.0038	0.05027373
93	0.04267	0.1011	0.844115	0.7022	0.0505	0.072	0.00893	0.0039	0.05248474
94	0.04156	0.1020	0.814902	0.704	0.051	0.0724	0.00884	0.004	0.05330081
95	0.04032	0.0880	0.916364	0.676	0.044	0.0651	0.00893	0.0039	0.04990652
96	0.03962	0.0940	0.842979	0.688	0.047	0.0683	0.00884	0.0037	0.04979041
97	0.04162	0.1020	0.816078	0.704	0.051	0.0724	0.00884	0.0038	0.0519512
98	0.041614	0.0900	0.924756	0.68	0.045	0.0662	0.00884	0.0039	0.05032639

Tabela 4.3 - Continuação

COEF. ATR. DO CANAL	NÚMERO REYNOLDS	RELAÇÃO Re / f	COEF. ATR. PAREDES	COEF. ATR. LEITO	RAIO HIDRA. LEITO (m)	VEL. CISAL LEITO (m/s)	TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)
0.06676836	197263.114	2,954,440	0.0199	0.09490813	0.13331678	0.05114367	2.6071
0.07215444	182318.056	2,526,775	0.0206	0.1007156	0.12440346	0.05181578	2.6768
0.05939588	203232.195	3,421,655	0.0197	0.08251477	0.12782636	0.05007947	2.7841
0.06292782	202804.463	3,222,811	0.0196	0.08932312	0.13434178	0.05003995	2.4955
0.08038545	181256.497	2,254,842	0.021	0.1184634	0.14393909	0.05041504	2.5324
0.06912886	197601.717	2,858,455	0.0203	0.09905118	0.13610639	0.05167599	2.8122
0.06920911	198232.091	2,864,249	0.0198	0.10104834	0.14303884	0.05025714	2.3593
0.0663854	192099.026	2,893,694	0.0197	0.09430327	0.13289804	0.04977034	2.3218
0.05755694	213552.3	3,710,279	0.0191	0.07912358	0.12348353	0.05278408	2.7767
0.06659721	202542.952	3,041,313	0.0198	0.09546172	0.13671033	0.05179051	2.6738
0.06758894	197479.152	2,921,767	0.0199	0.09692717	0.13655259	0.05045001	2.5359
0.06693174	182573.898	2,727,763	0.0203	0.09347452	0.12664491	0.04858533	2.3538
0.06409433	204120.532	3,184,689	0.0198	0.08974961	0.12839389	0.05264026	2.9039
0.06033664	200411.805	3,321,560	0.0195	0.08532867	0.1342271	0.04868452	2.3624
0.07973932	183632.51	2,302,910	0.021	0.11735598	0.14363963	0.05036257	2.5281
0.06224446	199132.748	3,199,204	0.0196	0.0878482	0.13236839	0.04967106	2.4587
0.06727289	199238.67	2,961,649	0.0199	0.09749679	0.14112275	0.04991939	2.4838
0.06434908	193273.197	3,003,511	0.0198	0.09072214	0.13106586	0.04942607	2.4346
0.06104253	212674.256	3,484,034	0.0218	0.08392877	0.12661935	0.05227522	2.9969
0.06092949	203651.396	3,342,411	0.0196	0.08605781	0.13351201	0.04988517	2.5258
0.05871767	213950.907	3,643,723	0.0193	0.08255747	0.13247029	0.05098105	2.7371
0.05710895	219044.405	3,835,553	0.019	0.08131576	0.13827706	0.05076757	2.5692
0.05623741	217929.906	3,875,177	0.0189	0.07937167	0.13498449	0.0501595	2.5066
0.06395412	208541.713	3,260,802	0.0193	0.09255061	0.14123826	0.05130828	2.6054
0.05616813	223128.686	3,972,514	0.0188	0.0789029	0.13284284	0.05231343	2.7267
0.05825369	214620.403	3,684,237	0.0191	0.0828422	0.13714294	0.05055895	2.5471
0.0244	280119.4	11,470,060	0.0158	0.027558	0.07530	0.055	3.0176
0.0275	269795.7	9,803,363	0.0161	0.031834	0.07970	0.0552	3.0371
0.029	261098.5	9,002,246	0.0164	0.033945	0.08240	0.0539	2.9000
0.0277	261978.3	9,455,073	0.0162	0.031982	0.07820	0.054	2.9064
0.0309	272188.9	8,805,753	0.0165	0.036747	0.08560	0.0572	3.2631
0.0342	267173	7,804,839	0.0168	0.041328	0.08750	0.0586	3.4199
0.0237	267166.8	11,265,900	0.0158	0.026484	0.07270	0.0527	2.7716
0.0279	260624.7	9,340,193	0.0163	0.03228	0.07900	0.0535	2.8584
0.0324	267558.7	8,251,251	0.0167	0.038843	0.08680	0.0569	3.2236
0.0237	276935.4	11,694,960	0.0158	0.026531	0.07410	0.0532	2.8267

Tabela 4.4 - Dados obtidos pelo Método Einstein e Barbarosa (1950) (primeira mistura)

N	RAIO HIDR. SUPERF LEITO ARBITR. (m)	DECLIVID. L. ENERG.	VEL. CISAL SUPERF LEITO (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	ESPESSURA SUBCAMADA LIMITE (m)	RUGOS. EQUIV. K _s = D65 (m)	RELAÇÃO K _s /DELTA	FATOR DE CORREÇÃO X = f(K _s /DELTA)	VELOCIDADE CALCUL. (U') (m/s)	DIÂMETRO D35 (m)
1	0.0292905	0.0017	0.022097	8.68E-07	0.00045566	1.50E-03	3.29191	1.176169	0.31129	4.00E-04
2	0.0505681	0.0014	0.026348	8.64E-07	0.00038039	1.50E-03	3.94337	1.0526	0.39980	4.00E-04
3	0.0502777	0.0015	0.027194	8.73E-07	0.00037239	1.50E-03	4.02808	1.050606	0.41212	4.00E-04
4	0.0325258	0.0017	0.023285	8.73E-07	0.0004349	1.50E-03	3.44908	1.137546	0.33218	4.00E-04
5	0.0364699	0.0020	0.026744	8.73E-07	0.00037866	1.50E-03	3.96139	1.10441	0.38719	4.00E-04
6	0.0390417	0.0019	0.026970	8.73E-07	0.00037548	1.50E-03	3.99490	1.100663	0.39482	4.00E-04
7	0.0415627	0.0018	0.027085	8.93E-07	0.00038245	1.50E-03	3.92207	1.078327	0.39935	4.00E-04
8	0.0381652	0.0020	0.027359	8.68E-07	0.00036803	1.50E-03	4.07576	1.081462	0.39775	4.00E-04
9	0.0358316	0.0018	0.025149	8.73E-07	0.00040268	1.50E-03	3.72507	1.119248	0.36382	4.00E-04
10	0.0286368	0.0017	0.021849	8.73E-07	0.00046349	1.50E-03	3.23632	1.184001	0.30692	4.00E-04
11	0.0366099	0.0017	0.024704	9.07E-07	0.00042589	1.50E-03	3.52205	1.132884	0.35946	4.00E-04
12	0.0418992	0.0018	0.027195	9.03E-07	0.00038518	1.50E-03	3.89431	1.094524	0.40252	4.00E-04
13	0.0449088	0.0018	0.028155	9.14E-07	0.00037658	1.50E-03	3.98323	1.079592	0.42064	4.00E-04
14	0.0316806	0.0017	0.022981	9.20E-07	0.00046439	1.50E-03	3.23007	1.154861	0.32719	4.00E-04
15	0.0334003	0.0021	0.026226	9.14E-07	0.00040427	1.50E-03	3.71038	1.127433	0.37528	4.00E-04
16	0.0342802	0.0019	0.025272	9.03E-07	0.00041448	1.50E-03	3.61901	1.127581	0.36328	4.00E-04
17	0.0374598	0.0022	0.028428	9.03E-07	0.00036847	1.50E-03	4.07085	1.096229	0.41293	4.00E-04
18	0.0408694	0.0017	0.026102	9.03E-07	0.00040131	1.50E-03	3.73779	1.08716	0.38428	4.00E-04
19	0.0348002	0.0018	0.024784	9.14E-07	0.00042779	1.50E-03	3.50639	1.13442	0.35757	4.00E-04
20	0.0302606	0.0017	0.022460	9.03E-07	0.00046638	1.50E-03	3.21629	1.171237	0.31799	4.00E-04
21	0.0347302	0.0016	0.023343	9.03E-07	0.00044873	1.50E-03	3.34276	1.14268	0.33709	4.00E-04
22	0.0342702	0.0018	0.024595	9.03E-07	0.0004259	1.50E-03	3.52197	1.138863	0.35413	4.00E-04
23	0.0331804	0.0017	0.023519	9.03E-07	0.00044538	1.50E-03	3.36788	1.14929	0.33728	4.00E-04
24	0.0377998	0.0017	0.025102	9.03E-07	0.00041728	1.50E-03	3.59468	1.13008	0.36710	4.00E-04
25	0.03581	0.0018	0.025141	9.03E-07	0.00041664	1.50E-03	3.60023	1.146468	0.36518	4.00E-04
26	0.0279304	0.0020	0.023405	9.03E-07	0.00044755	1.50E-03	3.35154	1.199233	0.32806	4.00E-04

Tabela 4.4 - Continuação

INTENSIDADE DE CISALHAM.	RELAÇÃO (U' / U'') f(INTCIS)	VELOC. CISAL. FORMAS LEIT U'' (m/s)	RAIO HIDRA. FORMAS LEIT R'' (m)	RAIO HIDR. SUPERF LEITO CALC. (m)	DIFERENÇA R'calc - R'arb (m)	VEL. CISAL SUPERF. LEITO (m/s)	MASSA ESPEC DA ÁGUA (Kg/m3)	TENSÃO CISA. SUPERF. LEITO (Nm2)
13.2546	7.096492	0.04386	0.115422	0.0293778	8.73E-05	0.022130	996.70	0.48812
9.3226	10.74722	0.03720	0.10080074	0.05079926	2.31E-04	0.02640819	996.70	0.69509
8.7514	10.87011	0.03791	0.09772189	0.05007811	-2.00E-04	0.02714036	996.80	0.73424
11.9362	7.957857	0.04174	0.10452196	0.03237804	-1.48E-04	0.02323249	996.80	0.53802
9.0486	8.889132	0.04356	0.09673871	0.03676129	2.91E-04	0.02685074	996.80	0.71866
8.8974	8.941052	0.04416	0.10466037	0.03893963	-1.02E-04	0.0269351	996.80	0.72318
8.8220	9.976653	0.04003	0.09077705	0.04152295	-3.97E-05	0.02707237	997.00	0.73071
8.6466	9.592481	0.04147	0.08766857	0.03803143	-1.34E-04	0.02731066	996.70	0.74341
10.2331	8.434745	0.04313	0.10540484	0.03569516	-1.36E-04	0.02510076	996.80	0.62803
13.5572	7.041625	0.04359	0.11396512	0.02843488	-2.02E-04	0.02177189	996.80	0.47250
10.6047	8.330699	0.04315	0.11168551	0.03671449	1.05E-04	0.0247394	997.20	0.61032
8.7512	9.456559	0.04257	0.10264893	0.04215107	2.52E-04	0.02727637	997.20	0.74192
8.1647	10.16683	0.04137	0.09698162	0.04521838	3.10E-04	0.02825138	997.30	0.79599
12.2547	7.868689	0.04158	0.10371759	0.03178241	1.02E-04	0.0230178	997.30	0.52839
9.4097	8.547945	0.04390	0.09359893	0.0334873	8.70E-05	0.02626006	997.30	0.68773
10.1332	8.462704	0.04293	0.09890573	0.03439427	1.14E-04	0.02531429	997.20	0.63902
8.0086	9.394849	0.04395	0.08954965	0.03755035	9.06E-05	0.02846193	997.20	0.80781
9.4994	9.695723	0.03963	0.09423331	0.04096669	9.73E-05	0.02613279	997.20	0.68101
10.5363	8.34922	0.04283	0.10391175	0.03488825	8.81E-05	0.02481543	997.30	0.61414
12.8297	7.483152	0.04249	0.10832219	0.03037781	1.17E-04	0.02250343	997.20	0.50499
11.8773	7.974361	0.04227	0.11388797	0.03481203	8.18E-05	0.02337064	997.20	0.54466
10.6993	8.127979	0.04357	0.10754863	0.03435137	8.12E-05	0.02462375	997.20	0.60463
11.7007	7.819026	0.04314	0.11161624	0.03328376	1.03E-04	0.02355519	997.20	0.55329
10.2708	8.424165	0.04358	0.11391591	0.03788409	8.43E-05	0.02513037	997.20	0.62977
10.2392	8.433019	0.04330	0.10623843	0.03536157	-4.48E-04	0.02498319	997.20	0.62241
11.8151	6.979454	0.04700	0.11265295	0.02804705	1.17E-04	0.02345333	997.20	0.54852

Tabela 4.5 - Dados obtidos pelo Método de Einstein e Barbarosa (1950) (Segunda Mistura)

N	RAIO HIDR.		DECLIVID.	L. ENERG.	VEL. CISCAL		VISCOSID.	CINEMÁT.	ESPESSURA		RUGOS. EQUIV.	RELAÇÃO	FATOR DE	VELOCIDADE	DIÂMETRO
	SUPERF LEITO	ARBITR. (m)			SUPERF LEITO	(m/s)			SUBCAMADA	LIMITE (m)					
27	0.0506081	0.0023	0.0023	0.0023	0.033785	9.03E-07	0.000310046	9.10E-04	2.93505	1.196216	0.56566	3.30E-04			
28	0.0515279	0.0014	0.0014	0.0014	0.026597	9.03E-07	0.000393835	9.10E-04	2.31061	1.200097	0.44672	3.30E-04			
29	0.0338803	0.0015	0.0015	0.0015	0.022324	9.03E-07	0.000469224	9.10E-04	1.93937	1.331509	0.35737	3.30E-04			
30	0.0316206	0.0019	0.0019	0.0019	0.024272	8.93E-07	0.000426778	9.10E-04	2.13226	1.356135	0.38549	3.30E-04			
31	0.0377998	0.0020	0.0020	0.0020	0.027227	9.03E-07	0.000384716	9.10E-04	2.36538	1.30302	0.44184	3.30E-04			
32	0.0459887	0.0017	0.0017	0.0017	0.027688	9.03E-07	0.000378312	9.10E-04	2.40542	1.247117	0.45985	3.30E-04			
33	0.0325605	0.0018	0.0018	0.0018	0.023973	9.03E-07	0.000436936	9.10E-04	2.08268	1.36865	0.38305	3.30E-04			
34	0.0262004	0.0018	0.0018	0.0018	0.021505	8.93E-07	0.000481696	9.10E-04	1.88916	1.422011	0.33399	3.30E-04			
35	0.0457587	0.0020	0.0020	0.0020	0.029957	9.03E-07	0.000349662	9.10E-04	2.60252	1.220165	0.49552	3.30E-04			
36	0.0319405	0.0021	0.0021	0.0021	0.025646	9.03E-07	0.000408432	9.10E-04	2.22804	1.359477	0.40812	3.30E-04			
37	0.0433439	0.0019	0.0019	0.0019	0.028449	9.03E-07	0.000368199	9.10E-04	2.47149	1.234464	0.46770	3.30E-04			
38	0.0439889	0.0015	0.0015	0.0015	0.025437	9.03E-07	0.000411796	9.10E-04	2.20983	1.259086	0.42024	3.30E-04			
39	0.0299706	0.0018	0.0018	0.0018	0.023000	9.03E-07	0.000455424	9.10E-04	1.99814	1.389682	0.36361	3.30E-04			
40	0.0278704	0.0020	0.0020	0.0020	0.023379	9.03E-07	0.000448036	9.10E-04	2.03109	1.395041	0.36559	3.30E-04			
41	0.03574	0.0020	0.0020	0.0020	0.026475	9.03E-07	0.000395647	9.10E-04	2.30003	1.319272	0.42675	3.30E-04			
42	0.0393196	0.0017	0.0017	0.0017	0.025602	9.03E-07	0.000409139	9.10E-04	2.22418	1.30641	0.41815	3.30E-04			
43	0.0370199	0.0021	0.0021	0.0021	0.027610	9.03E-07	0.000379378	9.10E-04	2.39866	1.294679	0.44618	3.30E-04			
44	0.0281105	0.0022	0.0022	0.0022	0.024626	9.03E-07	0.000425358	9.10E-04	2.13938	1.39262	0.38550	3.30E-04			
45	0.0371398	0.0019	0.0019	0.0019	0.026305	9.03E-07	0.000398202	9.10E-04	2.28527	1.322473	0.42670	3.30E-04			
46	0.0348701	0.0020	0.0020	0.0020	0.026151	9.03E-07	0.000400551	9.10E-04	2.27187	1.325148	0.42021	3.30E-04			
47	0.0319005	0.0017	0.0017	0.0017	0.023061	9.03E-07	0.000454231	9.10E-04	2.00339	1.389153	0.36814	3.30E-04			
48	0.0331104	0.0018	0.0018	0.0018	0.024175	8.93E-07	0.000428494	9.10E-04	2.12372	1.364951	0.38711	3.30E-04			
49	0.0292105	0.0019	0.0019	0.0019	0.023329	9.03E-07	0.000449007	9.10E-04	2.02669	1.430045	0.36898	3.30E-04			
50	0.03508	0.0017	0.0017	0.0017	0.024182	8.93E-07	0.00042836	9.10E-04	2.12438	1.358904	0.39046	3.30E-04			
51	0.0306006	0.0017	0.0017	0.0017	0.022586	9.03E-07	0.000463778	9.10E-04	1.96214	1.402658	0.35876	3.30E-04			
52	0.0343302	0.0019	0.0019	0.0019	0.025291	8.93E-07	0.000409589	9.10E-04	2.22174	1.364612	0.40725	3.30E-04			

$$X = f(K_s/DELTA)$$

Tabela 4.5 - Continuação

INTENSIDADE DE CISALHAM.	RELAÇÃO (U' / U'') f(INTCIS)	VELOC. CISAL. FORMAS LEIT U" (m/s)	RAIO HIDRA. FORMAS LEIT R" (m)	RAIO HIDR. SUPERF LEITO CALC. (m)	DIFERENÇA R'calc - R'arb (m)	VEL. CISAL SUPERF. LEITO (m/s)	MASSA ESPEC DA ÁGUA (Kg/m3)	TENSÃO CISA. SUPERF. LEITO (N/m2)
4.6779	12.05095	0.04694	0.097689	0.0507109	1.03E-04	0.033819	997.20	1.14052
7.5479	11.87549	0.03762	0.103075772	0.051624228	9.63E-05	0.02662176	997.20	0.70673
10.7142	9.378611	0.03810	0.098712885	0.033987115	1.07E-04	0.02235881	997.20	0.49852
9.0630	8.874779	0.04344	0.101265617	0.031734383	1.14E-04	0.02431576	997.00	0.58948
7.2024	9.778544	0.04518	0.104103623	0.037896377	9.66E-05	0.02726213	997.20	0.74114
6.9646	10.74804	0.04278	0.10980734	0.04609266	1.04E-04	0.02771956	997.20	0.76622
9.2904	8.783835	0.04361	0.107737978	0.032662022	1.02E-04	0.02401064	997.20	0.57490
11.5456	8.067219	0.04140	0.097106791	0.026293209	9.28E-05	0.02154289	997.00	0.46270
5.9497	11.10943	0.04460	0.101441012	0.045858988	1.00E-04	0.02998977	997.20	0.89687
8.1178	8.911094	0.04580	0.101858169	0.032041831	1.01E-04	0.02568705	997.20	0.65798
6.5973	10.88141	0.04298	0.099156801	0.043543199	1.04E-04	0.02848281	997.20	0.80900
8.2521	10.54876	0.03984	0.107896706	0.044103294	1.14E-04	0.02546989	997.20	0.64690
10.0932	8.473893	0.04291	0.104314689	0.030085311	1.15E-04	0.02304408	997.20	0.52954
9.7684	8.420889	0.04341	0.096106283	0.027993717	1.23E-04	0.02343102	997.20	0.54748
7.6175	9.552997	0.04467	0.1017531	0.0358469	1.07E-04	0.0265147	997.20	0.70106
8.1459	9.726925	0.04299	0.11086149	0.03943851	1.19E-04	0.02564075	997.20	0.65561
7.0040	9.897622	0.04508	0.098683748	0.037116252	9.64E-05	0.02764634	997.20	0.76218
8.8045	8.445472	0.04565	0.096581418	0.028218582	1.08E-04	0.02467317	997.20	0.60706
7.7162	9.513515	0.04485	0.107971343	0.037228657	8.89E-05	0.0263367	997.20	0.69168
7.8075	9.476985	0.04434	0.100245104	0.034954896	8.48E-05	0.02618273	997.20	0.68362
10.0404	8.488685	0.04337	0.112823873	0.031976127	7.56E-05	0.02308784	997.20	0.53156
9.1361	8.845558	0.04376	0.108508578	0.033191422	8.10E-05	0.02420444	997.00	0.58410
9.8108	8.037902	0.04590	0.113102747	0.029297253	8.68E-05	0.02336341	997.20	0.54432
9.1304	8.847854	0.04413	0.116823315	0.035176685	9.67E-05	0.02421575	997.00	0.58464
10.4669	8.369262	0.04287	0.110227798	0.030672202	7.16E-05	0.0226122	997.20	0.50988
8.3477	8.768077	0.04645	0.115789975	0.034410025	7.98E-05	0.02532009	997.00	0.63918

Tabela 4.6 - Dados obtidos pelo Método de Einstein e Barbarosa (1950) (Terceira Mistura)

N	RAIO HIDR. SUPERF LEITO ARBITR. (m)	DECLIVID. L. ENERG.	VEL. CISAL SUPERF LEITO (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	ESPESSURA SUBCAMADA LIMITE (m)	RUGOS. EQUIV. K _s =D ₆₅ (m)	RELAÇÃO K _s /DELTA	FATOR DE CORREÇÃO X = f(K _s /DELTA)	VELOCIDADE CALCUL. (U') (m/s)	DIÂMETRO D ₃₅ (m)
63	0.0353	0.0020	0.026304	8.93E-07	0.00039381	1.90E-03	4.82470	1.058765	0.36034	4.70E-04
64	0.0344	0.0022	0.027258	9.03E-07	0.00038429	1.90E-03	4.94422	1.052789	0.37138	4.70E-04
65	0.0331	0.0020	0.025483	8.93E-07	0.00040651	1.90E-03	4.67398	1.066301	0.34550	4.70E-04
66	0.0341	0.0019	0.025191	8.84E-07	0.00040706	1.90E-03	4.66756	1.066622	0.34334	4.70E-04
67	0.0359	0.0018	0.025169	8.93E-07	0.00041157	1.90E-03	4.61650	1.069175	0.34648	4.70E-04
68	0.0364	0.0020	0.026700	8.93E-07	0.00038797	1.90E-03	4.89731	1.055135	0.36753	4.70E-04
69	0.0322	0.0018	0.023852	8.84E-07	0.00042993	1.90E-03	4.41936	1.085258	0.32283	4.70E-04
70	0.0304	0.0019	0.023788	8.93E-07	0.00043547	1.90E-03	4.36308	1.087664	0.31856	4.70E-04
71	0.0355301	0.0023	0.028308	8.93E-07	0.00036593	1.90E-03	5.19221	1.046156	0.38744	4.70E-04
72	0.0365799	0.0020	0.026784	8.93E-07	0.00038675	1.90E-03	4.91277	1.054361	0.36906	4.70E-04
73	0.0349201	0.0019	0.025507	8.84E-07	0.00040202	1.90E-03	4.72611	1.063694	0.34906	4.70E-04
74	0.0307278	0.0019	0.023927	8.93E-07	0.00043293	1.90E-03	4.38867	1.080567	0.32074	4.70E-04
75	0.03613	0.0022	0.027918	8.93E-07	0.00037104	1.90E-03	5.12077	1.047585	0.38337	4.70E-04
76	0.0316511	0.0018	0.023636	8.93E-07	0.00043826	1.90E-03	4.33532	1.083234	0.31873	4.70E-04
77	0.0359267	0.0018	0.025182	8.84E-07	0.00040721	1.90E-03	4.66589	1.066706	0.34658	4.70E-04
78	0.0331704	0.0019	0.024860	8.93E-07	0.00041669	1.90E-03	4.55976	1.072013	0.33750	4.70E-04
79	0.0348842	0.0018	0.024814	8.84E-07	0.00041325	1.90E-03	4.59769	1.070115	0.33989	4.70E-04
80	0.0327229	0.0019	0.024692	8.93E-07	0.00041953	1.90E-03	4.52890	1.073555	0.33446	4.70E-04
81	0.0352901	0.0022	0.027592	8.84E-07	0.00037164	1.90E-03	5.11243	1.047752	0.37728	4.70E-04
82	0.0349901	0.0020	0.026196	8.93E-07	0.00039544	1.90E-03	4.80483	1.057313	0.35823	4.70E-04
83	0.0349901	0.0020	0.026196	8.84E-07	0.00039145	1.90E-03	4.85374	1.057313	0.35823	4.70E-04
84	0.0355901	0.0019	0.025751	8.93E-07	0.00040227	1.90E-03	4.72315	1.063843	0.35363	4.70E-04
85	0.03563	0.0019	0.025765	8.84E-07	0.000398	1.90E-03	4.77391	1.0613	0.35374	4.70E-04
86	0.0364793	0.0019	0.026070	8.93E-07	0.00039734	1.90E-03	4.78179	1.060911	0.35944	4.70E-04
87	0.0364399	0.0021	0.027393	8.93E-07	0.00037815	1.90E-03	5.02445	1.049511	0.37687	4.70E-04
88	0.0352144	0.0019	0.025614	8.93E-07	0.00040441	1.90E-03	4.69815	1.065092	0.35115	4.70E-04

Tabela 4.6 - Continuação

INTENSIDADE DE CISALHAM.	RELAÇÃO (U' / U'')	VELOC. CISAL. FORMAS LEIT	RAIO HIDRA. FORMAS LEIT	RAIO HIDR. SUPERF LEITO	DIFERENÇA R'calc - R'arb	VEL. CISAL SUPERF. LEITO	MASSA ESPEC DA ÁGUA	TENSÃO CISA. SUPERF. LEITO
	f(INTCIS)	U'' (m/s)	R'' (m)	CALC. (m)	(m)	(m/s)	(Kg/m ³)	(N/m ²)
10.9906	8.222628	0.04382	0.097922	0.0353778	9.77E-05	0.026341	997.00	0.69175
10.2351	8.434163	0.04403	0.08987317	0.03452683	8.66E-05	0.02729202	997.20	0.74277
11.7108	8.020968	0.04307	0.09460417	0.03319583	8.54E-05	0.02551542	997.00	0.64908
11.9834	7.944646	0.04322	0.10024437	0.03415563	9.53E-05	0.02522632	996.90	0.63439
12.0043	7.938805	0.04364	0.1079166	0.0359834	9.34E-05	0.0252019	997.00	0.63323
10.6671	8.313201	0.04421	0.09965906	0.03644094	9.09E-05	0.02673349	997.00	0.71254
13.3673	7.337001	0.04400	0.10968274	0.03231726	8.68E-05	0.02388358	996.90	0.56866
13.4392	7.327954	0.04347	0.1014325	0.0304675	9.69E-05	0.02382545	997.00	0.56595
9.4898	9.48982	0.04083	0.07390497	0.03609503	5.65E-04	0.02853209	997.00	0.81164
10.6001	8.331979	0.04429	0.10003973	0.03666027	8.04E-05	0.02681382	997.00	0.71682
11.6883	8.027269	0.04348	0.101490	0.0318100	-3.11E-03	0.024345	996.90	0.59083
13.2830	7.580755	0.04231	0.0960791	0.0283209	-2.41E-03	0.02297081	997.00	0.52608
9.7564	8.597424	0.04459	0.09216998	0.03613002	1.72E-08	0.02791845	997.00	0.77710
13.6120	7.488652	0.04256	0.1026308	0.0317692	1.18E-04	0.0236802	997.00	0.55907
11.9920	7.942237	0.04364	0.10788311	0.03601689	9.02E-05	0.02521363	996.90	0.63376
12.3049	7.85463	0.04297	0.09909284	0.03326716	9.68E-05	0.02489606	997.00	0.61795
12.3504	7.841892	0.04334	0.10642925	0.03557075	6.87E-04	0.02505698	996.90	0.62591
12.4732	7.8075516	0.04284	0.09849687	0.03340313	6.80E-04	0.02494688	997.00	0.62048
9.9886	8.504544	0.04436	0.09122441	0.03537559	8.55E-05	0.02762543	996.90	0.76080
11.0817	7.904778	0.04532	0.10471593	0.0350901	1.00E-04	0.02623332	997.00	0.68612
11.0817	8.197125	0.04370	0.09737983	0.03502017	3.01E-05	0.02620717	996.90	0.68469
11.4683	8.088772	0.04372	0.10258329	0.0356894	9.93E-05	0.0257865	997.00	0.66295
11.4555	8.092477	0.04371	0.10255679	0.03234321	-3.29E-03	0.0245479	996.90	0.60073
11.1888	8.16715	0.04401	0.10396161	0.03633839	-1.41E-04	0.0260199	997.00	0.67500
10.1341	8.462454	0.04453	0.09631201	0.03648799	4.81E-05	0.02741136	997.00	0.74913
11.5907	8.054697	0.04360	0.1020099	0.0350901	-1.24E-04	0.02556908	997.00	0.65182

Tabela 4.7 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein (1950) utilizando D65 como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - leito plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO (m)	DECLIVID. L. ENERG.	VEL. CISAL LEITO (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	ESPESSURA SUBCAMADA LIMITE (m)	RUGOS. EQUIV. K _s = D65 (m)	RELAÇÃO K _s /DELTA	FATOR DE CORREÇÃO X = f(K _s /DELTA)	MASSA ESPEC DA ÁGUA (Kg/m ³)	TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)
53	0.0765	0.0041	0.0554	9.03E-07	0.000189	0.00091	4.8129	1.0591	997.2	3.0657
54	0.0853	0.0038	0.0564	8.93E-07	0.000184	0.00091	4.9546	1.052364	997.0	3.1693
55	0.0894	0.0036	0.0562	9.03E-07	0.000186	0.00091	4.8824	1.055977	997.2	3.1469
56	0.0888	0.0037	0.0568	8.93E-07	0.000182	0.00091	4.9898	1.050681	997.0	3.2125
57	0.0751	0.0040	0.0543	9.03E-07	0.000193	0.00091	4.7173	1.064245	997.2	2.9386
58	0.0865	0.0037	0.056	9.03E-07	0.000187	0.00091	4.8650	1.056656	997.2	3.131
59	0.0893	0.0038	0.0577	9.03E-07	0.000182	0.00091	5.0127	1.049772	997.2	3.3185
60	0.0830	0.0036	0.0541	8.93E-07	0.000191	0.00091	4.7526	1.06224	997.0	2.9212
61	0.086	0.0039	0.0574	8.93E-07	0.000180	0.00091	5.0425	1.04924	997.0	3.2793
62	0.0879	0.0038	0.0572	8.93E-07	0.000181	0.00091	5.0249	1.049447	997.0	3.2671

Tabela 4.7 - Continuação

INTENSIDADE DE CISALHAM.	PARÂMETRO CARGA LEITO	CARGA LEITO N/m/s	RUGOS. APARE SUPER LEITO	PARÂMETRO TRANSPORTE (Pe)	PROFUNDIDADE MÉDIA (d)	PARÂMETRO Z1	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)
4.79	0.80	2.38311	0.000859	8.084	0.092100	4.2203	0.093522
4.63	0.85	2.53246	0.000865	8.166	0.100600	4.1490	0.093600
4.67	0.83	2.47248	0.000862	8.206	0.104400	4.1602	0.093522
4.57	0.85	2.53246	0.000866	8.190	0.103200	4.1197	0.093600
5.00	0.70	2.08522	0.000855	8.079	0.091200	4.3058	0.093522
4.69	0.82	2.44269	0.000861	8.185	0.102100	4.1751	0.093522
4.42	0.86	2.56184	0.000867	8.194	0.103700	4.0521	0.093522
5.03	0.71	2.11535	0.000857	8.150	0.098100	4.3253	0.093600
4.48	0.85	2.53246	0.000867	8.167	0.101000	4.0767	0.093600
4.50	0.85	2.53246	0.000867	8.188	0.1031	4.0909	0.093600

Tabela 4.7 - Continuação

PARÂMETRO Z	RAIO HIDRÁUL LEITO (Rb) (m)	PARÂMETRO E	INTEGRAL I-1	INTEGRAL I-2	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MEDIDO
4.3271	0.0765	0.02379085	0.050	0.300	4.061282507	0.05950	1.1679	3.48
4.2539	0.0853	0.02133646	0.053	0.310	4.413533648	0.07736	1.5184	2.91
4.2655	0.0894	0.020357942	0.053	0.320	4.339034414	0.05744	1.1274	3.85
4.2240	0.0888	0.020495495	0.053	0.310	4.416744244	0.06363	1.2489	3.54
4.4148	0.0751	0.024234354	0.050	0.300	3.553103516	0.06501	1.2760	2.78
4.2808	0.0865	0.021040462	0.051	0.310	4.219543453	0.06068	1.1910	3.54
4.1546	0.0893	0.020380739	0.055	0.330	4.561753398	0.04983	0.9780	4.66
4.4348	0.0830	0.021927711	0.050	0.300	3.611950719	0.07549	1.4817	2.44
4.1798	0.086	0.021162791	0.054	0.330	4.484998456	0.04814	0.9448	4.75
4.1944	0.0879	0.020705347	0.053	0.300	4.391131784	0.05246	1.0296	4.26

Tabela 4.8 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein utilizando (1950) D70 como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - leito plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO (m)	DECLIVID. L. ENERG.	VEL. CISAL LEITO (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	ESPESSURA SUBCAMADA LIMITE (m)	RUGOS. EQUIV. K _s = D ₆₅ (m)	RELAÇÃO K _s /DELTA	FATOR DE CORREÇÃO X = f(K _s /DELTA)	MASSA ESPEC DA ÁGUA (Kg/m ³)	TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)
53	0.0765	0.0041	0.0554	9.03E-07	0.000189	0.00091	4.8129	1.0591	997.2	3.0657
54	0.0853	0.0038	0.0564	8.93E-07	0.000184	0.00091	4.9546	1.052364	997.0	3.1693
55	0.0894	0.0036	0.0562	9.03E-07	0.000186	0.00091	4.8824	1.055977	997.2	3.1469
56	0.0888	0.0037	0.0568	8.93E-07	0.000182	0.00091	4.9898	1.050681	997.0	3.2125
57	0.0751	0.0040	0.0543	9.03E-07	0.000193	0.00091	4.7173	1.064245	997.2	2.9386
58	0.0865	0.0037	0.056	9.03E-07	0.000187	0.00091	4.8650	1.056656	997.2	3.131
59	0.0893	0.0038	0.0577	9.03E-07	0.000182	0.00091	5.0127	1.049772	997.2	3.3185
60	0.0830	0.0036	0.0541	8.93E-07	0.000191	0.00091	4.7526	1.06224	997.0	2.9212
61	0.086	0.0039	0.0574	8.93E-07	0.000180	0.00091	5.0425	1.04924	997.0	3.2793
62	0.0879	0.0038	0.0572	8.93E-07	0.000181	0.00091	5.0249	1.049447	997.0	3.2671

Tabela 4.8 - Continuação

INTENSIDADE DE CISALHAM.	PARÂMETRO CARGA LEITO	CARGA LEITO N/m/s	RUGOS. APARE SUPER LEITO	PARÂMETRO TRANSPORTE (Pe)	PROFUNDIDADE MÉDIA (d)	PARÂMETRO Z1	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)
7.36	0.30	1.70532	0.000859	8.084	0.092100	5.3860	0.119355
7.13	0.35	1.98985	0.000865	8.166	0.100600	5.2933	0.119416
7.18	0.33	1.87585	0.000862	8.206	0.104400	5.3094	0.119355
7.03	0.35	1.98985	0.000866	8.190	0.103200	5.2560	0.119416
7.69	0.20	1.13688	0.000855	8.079	0.091200	5.4952	0.119355
7.22	0.32	1.81900	0.000861	8.185	0.102100	5.3283	0.119355
6.81	0.36	2.04638	0.000867	8.194	0.103700	5.1713	0.119355
7.73	0.31	1.76244	0.000857	8.150	0.098100	5.5183	0.119416
6.89	0.35	1.98985	0.000867	8.167	0.101000	5.2010	0.119416
6.92	0.35	1.98985	0.000867	8.188	0.1031	5.2192	0.119416

Tabela 4.8 - Continuação

PARÂMETRO Z	RAIO HIDRÁUL LEITO (Rb) (m)	PARÂMETRO E	INTEGRAL I - 1	INTEGRAL I - 2	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MEDIDO
5.5223	0.0765	0.036601307	0.040	0.200	2.597805006	0.05950	1.1679	2.22
5.4272	0.0853	0.032825322	0.043	0.210	3.106418744	0.07736	1.5184	2.05
5.4437	0.0894	0.031319911	0.043	0.220	2.950469895	0.05744	1.1274	2.62
5.3890	0.0888	0.031531532	0.043	0.210	3.108465459	0.06363	1.2489	2.49
5.6342	0.0751	0.037283622	0.040	0.200	1.731643774	0.06501	1.2760	1.36
5.4632	0.0865	0.032369942	0.041	0.210	2.811403225	0.06068	1.1910	2.36
5.3022	0.0893	0.031354983	0.045	0.230	3.271582329	0.04983	0.9780	3.35
5.6579	0.0830	0.03373494	0.040	0.200	2.68948399	0.07549	1.4817	1.82
5.3327	0.086	0.03255814	0.044	0.230	3.162551723	0.04814	0.9448	3.35
5.3513	0.0879	0.03185438	0.043	0.200	3.088383397	0.05246	1.0296	3.00

Tabela 4.9 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein (1950) utilizando D65 como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - leito plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO (m)	DECLIVID. L. ENERG.	VEL. CISAL LEITO (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	ESPESSURA SUBCAMADA LIMITE (m)	RUGOS. EQUIV. Ks = D65 (m)	RELAÇÃO Ks/DELTA	FATOR DE CORREÇÃO X = f(Ks/DELTA)	MASSA ESPEC DA ÁGUA (Kg/m ³)	TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)
89	0.0753	0.0041	0.055	8.93E-07	0.000188	0.0019	10.0880	1.00000	997	3.0176
90	0.0797	0.0039	0.0552	8.93E-07	0.000188	0.0019	10.1247	1.00000	997	3.0371
91	0.0824	0.0036	0.0539	8.93E-07	0.000192	0.0019	9.8863	1.00054	997	2.9
92	0.0782	0.0038	0.054	8.84E-07	0.000190	0.0019	10.0055	1.00000	996.9	2.9064
93	0.0856	0.0039	0.0572	8.93E-07	0.000181	0.0019	10.4916	1.00000	997	3.2631
94	0.0875	0.004	0.0586	8.84E-07	0.000175	0.0019	10.8578	1.00000	996.9	3.4199
95	0.0727	0.0039	0.0527	8.93E-07	0.000197	0.0019	9.6662	1.00164	997	2.7716
96	0.079	0.0037	0.0535	8.84E-07	0.000192	0.0019	9.9128	1.00040	996.9	2.8584
97	0.0868	0.0038	0.0569	8.84E-07	0.000180	0.0019	10.5428	1.00000	996.9	3.2236
98	0.0741	0.0039	0.0532	8.84E-07	0.000193	0.0019	9.8572	1.00068	996.9	2.8267

Tabela 4.9 - Continuação

INTENSIDADE DE CISALHAM.	PARÂMETRO CARGA LEITO	CARGA LEITO N/m/s	RUGOS. APARE SUPER LEITO	PARÂMETRO TRANSPORTE (Pe)	PROFUNDIDAD MÉDIA (d)	PARÂMETRO Z1	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	PARÂMETRO Z
10.15	0.1	0.89886	0.001900	7.278	0.0910	6.3960	0.140712	6.5579
10.09	0.1	0.89886	0.001900	7.321	0.0950	6.3728	0.140712	6.5341
10.57	0.1	0.89886	0.001899	7.353	0.0980	6.5265	0.140712	6.6917
10.55	0.1	0.89893	0.001900	7.300	0.0930	6.5163	0.140752	6.6812
9.39	0.15	1.34829	0.001900	7.383	0.1011	6.1500	0.140712	6.3056
8.96	0.16	1.43829	0.001900	7.392	0.1020	6.0048	0.140752	6.1567
11.06	0.095	0.85392	0.001897	7.246	0.0880	6.6752	0.140712	6.8441
10.73	0.1	0.89893	0.001899	7.311	0.0940	6.5772	0.140752	6.7436
9.50	0.15	1.34839	0.001900	7.392	0.1020	6.1842	0.140752	6.3407
10.85	0.098	0.88095	0.001899	7.268	0.0900	6.6143	0.140752	6.7817

Tabela 4.9 - Continuação

RAIO HIDRÁUL LEITO (Rb) (m)	PARÂMETRO E	INTEGRAL I-1	INTEGRAL I-2	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MEDIDO
0.0753	0.050464807	0.042	0.19	1.344406736	0.06685	1.3121	1.02
0.0797	0.047678795	0.042	0.19	1.346031023	0.06413	1.2587	1.07
0.0824	0.046116505	0.041	0.18	1.331627553	0.06354	1.2472	1.07
0.0782	0.04859335	0.041	0.18	1.329783127	0.05508	1.0811	1.23
0.0856	0.044392523	0.05	0.2	2.11569406	0.05062	0.9936	2.13
0.0875	0.043428571	0.052	0.2	2.278821636	0.05881	1.1543	1.97
0.0727	0.052269601	0.04	0.17	1.246589085	0.05558	1.0909	1.14
0.079	0.048101266	0.04	0.18	1.323620088	0.04545	0.8921	1.48
0.0868	0.043778802	0.05	0.2	2.116459829	0.04163	0.8171	2.59
0.0741	0.051282051	0.04	0.18	1.295625013	0.05503	1.0801	1.20

Tabela 4.10 - Resultados do transporte total obtido com a equação de Einstein (1950) utilizando D70 como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - leito plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO (m)	DECLIVID. L. ENERG.	VEL. CISAL LEITO (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	ESPESSURA SUBCAMADA LIMITE (m)	RUGOS. EQUIV. K _s = D65 (m)	RELAÇÃO K _s /DELTA	FATOR DE CORREÇÃO X = f(K _s /DELTA)	MASSA ESPEC DA ÁGUA (Kg/m ³)	TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)
89	0.0753	0.0041	0.055	8.93E-07	0.000188	0.0019	10.0880	1.00000	997	3.0176
90	0.0797	0.0039	0.0552	8.93E-07	0.000188	0.0019	10.1247	1.00000	997	3.0371
91	0.0824	0.0036	0.0539	8.93E-07	0.000192	0.0019	9.8863	1.00054	997	2.9
92	0.0782	0.0038	0.054	8.84E-07	0.000190	0.0019	10.0055	1.00000	996.9	2.9064
93	0.0856	0.0039	0.0572	8.93E-07	0.000181	0.0019	10.4916	1.00000	997	3.2631
94	0.0875	0.004	0.0586	8.84E-07	0.000175	0.0019	10.8578	1.00000	996.9	3.4199
95	0.0727	0.0039	0.0527	8.93E-07	0.000197	0.0019	9.6662	1.00164	997	2.7716
96	0.079	0.0037	0.0535	8.84E-07	0.000192	0.0019	9.9128	1.00040	996.9	2.8584
97	0.0868	0.0038	0.0569	8.84E-07	0.000180	0.0019	10.5428	1.00000	996.9	3.2236
98	0.0741	0.0039	0.0532	8.84E-07	0.000193	0.0019	9.8572	1.00068	996.9	2.8267

Tabela 4.10 - Continuação

INTENSIDADE DE CISALHAM.	PARÂMETRO CARGA LEITO	CARGA LEITO N/m/s	RUGOS. APARE SUPER LEITO	PARÂMETRO TRANSPORTE (Pe)	PROFUNDIDADE MÉDIA (d)	PARÂMETRO Z1	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	PARÂMETRO Z
11.22	0.07	0.73112	0.001900	7.278	0.0910	6.7427	0.148339	6.9133
11.15	0.07	0.73112	0.001900	7.321	0.0950	6.7182	0.148339	6.8883
11.68	0.07	0.73112	0.001899	7.353	0.0980	6.8803	0.148339	7.0544
11.66	0.07	0.73118	0.001900	7.300	0.0930	6.8693	0.148376	7.0431
10.38	0.12	1.25335	0.001900	7.383	0.1011	6.4833	0.148339	6.6474
9.90	0.13	1.35790	0.001900	7.392	0.1020	6.3300	0.148376	6.4902
12.22	0.065	0.67890	0.001897	7.246	0.0880	7.0369	0.148339	7.2150
11.85	0.07	0.73118	0.001899	7.311	0.0940	6.9335	0.148376	7.1089
10.51	0.12	1.25345	0.001900	7.392	0.1020	6.5192	0.148376	6.6841
11.99	0.068	0.71029	0.001899	7.268	0.0900	6.9726	0.148376	7.1490

Tabela 4.10 - Continuação

RAIO HIDRÁUL LEITO (Rb) (m)	PARÂMETRO E	INTEGRAL I-1	INTEGRAL I-2	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MEDIDO
0.0753	0.055776892	0.039	0.180	1.070246559	0.06685	1.3121	0.82
0.0797	0.052697616	0.039	0.180	1.071473361	0.06413	1.2587	0.85
0.0824	0.050970874	0.038	0.170	1.059688398	0.06354	1.2472	0.85
0.0782	0.05370844	0.038	0.170	1.058302377	0.05508	1.0811	0.98
0.0856	0.049065421	0.047	0.190	1.926419405	0.05062	0.9936	1.94
0.0875	0.0480000	0.049	0.190	2.107761923	0.05881	1.1543	1.83
0.0727	0.057771664	0.037	0.160	0.969539269	0.05558	1.0909	0.89
0.079	0.053164557	0.037	0.170	1.053265104	0.04545	0.8921	1.18
0.0868	0.048387097	0.047	0.190	1.927094716	0.04163	0.8171	2.36
0.0741	0.056680162	0.037	0.170	1.022036204	0.05503	1.0801	0.95

Tabela 4.11-Resultados do transporte total obtidos com a equação de Bagnold (1956) utilizando o D25 como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - leito plano).

N	RAIO HIDRA. LEITO(Rb) (m)	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (ft/s)	FATOR DE EFIC. CARGA LEITO	DECLIVIDADE LINHA ENERGIA (S)	PESO ESPECÍF DO SEDIMEN. (N/m3)	PESO ESPEC DA ÁGUA (N/m3)
53	0.0765	0.0435600	0.926167	3.0386	0.1320	0.0041	26500	9782.53
54	0.0853	0.0434902	0.825646	2.7088	0.1330	0.0038	26500	9780.57
55	0.0894	0.0434902	0.772414	2.5342	0.1350	0.0036	26500	9782.53
56	0.0888	0.0432036	0.769651	2.5251	0.1350	0.0037	26500	9780.57
57	0.0751	0.0434902	0.935746	3.0700	0.1320	0.0040	26500	9782.53
58	0.0865	0.0430567	0.813516	2.6690	0.1340	0.0037	26500	9782.53
59	0.0893	0.0429012	0.777628	2.5513	0.1350	0.0038	26500	9782.53
60	0.0830	0.0429057	0.807747	2.6501	0.1340	0.0036	26500	9780.57
61	0.086	0.0430567	0.824040	2.7035	0.1330	0.0039	26500	9780.57
62	0.0879	0.0429012	0.807255	2.6485	0.1340	0.0038	26500	9780.57

Tabela 4.11 - Continuação

TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)	PARAMETRO SHIELDS	COEFICIENT ATRITO SOLID	RELAÇÃO efic/atrit	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MED
3.0657	0.5916	0.80	0.16500	0.627413	0.05950	1.1679	0.54
3.1693	0.6115	0.79	0.16835	0.548311	0.07736	1.5184	0.36
3.1469	0.6072	0.79	0.17089	0.495687	0.05744	1.1274	0.44
3.2125	0.6198	0.79	0.17089	0.504829	0.06363	1.2489	0.40
2.9386	0.5670	0.80	0.16500	0.611714	0.06501	1.2760	0.48
3.131	0.6042	0.79	0.16962	0.534432	0.06068	1.1910	0.45
3.3185	0.6403	0.78	0.17308	0.535070	0.04983	0.9780	0.55
2.9212	0.5636	0.78	0.17179	0.496992	0.07549	1.4817	0.34
3.2793	0.6327	0.78	0.17051	0.572081	0.04814	0.9448	0.61
3.2671	0.6303	0.78	0.17179	0.555356	0.05246	1.0296	0.54

Tabela 4.12-Resultados do transporte total obtidos com a equação de Bagnold (1956) utilizando o D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - leito plano).

N	RAIO HIDRA. LEITO(Rb) (m)	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (ft/s)	FATOR DE EFIC. CARGA LEITO	DECLIVIDADE LINHA ENERGIA (S)	PESO ESPECÍF DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPEC DA ÁGUA (N/m ³)
53	0.0765	0.0460809	0.926167	3.0386	0.1320	0.0041	26500	9782.53
54	0.0853	0.0460133	0.825646	2.7088	0.1330	0.0038	26500	9780.57
55	0.0894	0.0460133	0.772414	2.5342	0.1350	0.0036	26500	9782.53
56	0.0888	0.0457346	0.769651	2.5251	0.1350	0.0037	26500	9780.57
57	0.0751	0.0460133	0.935746	3.0700	0.1320	0.0040	26500	9782.53
58	0.0865	0.0455914	0.813516	2.6690	0.1340	0.0037	26500	9782.53
59	0.0893	0.0454400	0.777628	2.5513	0.1350	0.0038	26500	9782.53
60	0.0830	0.0454446	0.807747	2.6501	0.1340	0.0036	26500	9780.57
61	0.086	0.0455914	0.824040	2.7035	0.1330	0.0039	26500	9780.57
62	0.0879	0.0454400	0.807255	2.6485	0.1340	0.0038	26500	9780.57

Tabela 4.12 - Continuação

TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)	PARAMETRO SHIELDS	COEFICIENT ATRITO SOLID	RELAÇÃO efic/atrit	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MED
3.0657	0.5557	0.75	0.17600	0.626363	0.05950	1.1679	0.54
3.1693	0.5744	0.75	0.17733	0.546120	0.07736	1.5184	0.36
3.1469	0.5704	0.75	0.18000	0.494798	0.05744	1.1274	0.44
3.2125	0.5822	0.75	0.18000	0.503751	0.06363	1.2489	0.40
2.9386	0.5327	0.76	0.17368	0.606703	0.06501	1.2760	0.48
3.131	0.5675	0.75	0.17867	0.532260	0.06068	1.1910	0.45
3.3185	0.6015	0.75	0.18000	0.530232	0.04983	0.9780	0.54
2.9212	0.5295	0.76	0.17632	0.488714	0.07549	1.4817	0.33
3.2793	0.5944	0.75	0.17733	0.566043	0.04814	0.9448	0.60
3.2671	0.5921	0.75	0.17867	0.549738	0.05246	1.0296	0.53

Tabela 4.13-Resultados do transporte total obtidos com a equação de Bagnold (1956) utilizando o D_{25} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - leito plano).

N	RAIO HIDRA. LEITO(Rb) (m)	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (ft/s)	FATOR DE EFIC. CARGA LEITO	DECLIVIDADE LINHA ENERGIA (S)	PESO ESPECÍF DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPEC DA ÁGUA (N/m ³)
89	0.07530	0.0541098	0.937363	3.0753	0.1320	0.0041	26500	9780.57
90	0.07970	0.0541530	0.874947	2.8706	0.1340	0.0039	26500	9780.57
91	0.08240	0.0540494	0.827959	2.7164	0.1340	0.0036	26500	9780.57
92	0.07820	0.0540494	0.853978	2.8018	0.1340	0.0038	26500	9779.59
93	0.08560	0.0540494	0.844115	2.7694	0.1340	0.0039	26500	9780.57
94	0.08750	0.0540494	0.814902	2.6736	0.1350	0.004	26500	9779.59
95	0.07270	0.0537981	0.916364	3.0064	0.1320	0.0039	26500	9780.57
96	0.07900	0.0541530	0.842979	2.7657	0.1340	0.0037	26500	9779.59
97	0.08680	0.0540494	0.816078	2.6774	0.1350	0.0038	26500	9779.59
98	0.07410	0.0540494	0.924756	3.0340	0.1320	0.0039	26500	9779.59

Tabela 4.13 - Continuação

TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)	PARAMETRO SHIELDS	COEFICIENT ATRITO SOLID	RELAÇÃO efic/atrit	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MED
3.0176	0.4512	0.77	0.17143	0.570303	0.06685	1.3121	0.43
3.0371	0.4541	0.77	0.17403	0.521675	0.06413	1.2587	0.41
2.9	0.4336	0.76	0.17632	0.462814	0.06354	1.2472	0.37
2.9064	0.4346	0.76	0.17632	0.485324	0.05508	1.0811	0.45
3.2631	0.4879	0.76	0.17632	0.535740	0.05062	0.9936	0.54
3.4199	0.5113	0.75	0.18000	0.539161	0.05881	1.1543	0.47
2.7716	0.4144	0.75	0.17600	0.514560	0.05558	1.0909	0.47
2.8584	0.4274	0.75	0.17867	0.471186	0.04545	0.8921	0.53
3.2236	0.4820	0.77	0.17532	0.502088	0.04163	0.8171	0.61
2.8267	0.4226	0.76	0.17368	0.527134	0.05503	1.0801	0.49

Tabela 4.14-Resultados do transporte total obtidos com a equação de Bagnold (1956) utilizando o D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - leito plano).

N	RAIO HIDRA. LEITO(Rb) (m)	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (m/s)	VELOCIDADE MÉDIA (U) (ft/s)	FATOR DE EFIC. CARGA LEITO	DECLIVIDADE LINHA ENERGIA (S)	PESO ESPECÍF DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPEC DA ÁGUA (N/m ³)
89	0.07530	0.060867	0.937363	3.0753	0.1320	0.0041	26500	9780.57
90	0.07970	0.060878	0.874947	2.8706	0.1340	0.0039	26500	9780.57
91	0.08240	0.060867	0.827959	2.7164	0.1340	0.0036	26500	9780.57
92	0.07820	0.060975	0.853978	2.8018	0.1340	0.0038	26500	9779.59
93	0.08560	0.060867	0.844115	2.7694	0.1340	0.0039	26500	9780.57
94	0.08750	0.060964	0.814902	2.6736	0.1350	0.004	26500	9779.59
95	0.07270	0.060867	0.916364	3.0064	0.1320	0.0039	26500	9780.57
96	0.07900	0.060975	0.842979	2.7657	0.1340	0.0037	26500	9779.59
97	0.08680	0.060975	0.816078	2.6774	0.1350	0.0038	26500	9779.59
98	0.07410	0.060975	0.924756	3.0340	0.1320	0.0039	26500	9779.59

Tabela 4.14 - Continuação

TENSÃO CIS. LEITO (N/m ²)	PARAMETRO SHIELDS	COEFICIENT ATRITO SOLID	RELAÇÃO efic/atrit	TAXA TRANSP. CALCULADA (N/m/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (Kg/s)	TAXA TRANSP. MEDIDA (N/m/s)	RELAÇÃO CALC/MED
3.0176	0.3840	0.74	0.17838	0.549980	0.06685	1.3121	0.42
3.0371	0.3865	0.74	0.18108	0.504896	0.06413	1.2587	0.40
2.9	0.3690	0.73	0.18356	0.448892	0.06354	1.2472	0.36
2.9064	0.3698	0.74	0.18108	0.466189	0.05508	1.0811	0.43
3.2631	0.4153	0.75	0.17867	0.511342	0.05062	0.9936	0.51
3.4199	0.4352	0.75	0.18000	0.511287	0.05881	1.1543	0.44
2.7716	0.3527	0.73	0.18082	0.492333	0.05558	1.0909	0.45
2.8584	0.3637	0.73	0.18356	0.453539	0.04545	0.8921	0.51
3.2236	0.4102	0.75	0.18000	0.482894	0.04163	0.8171	0.59
2.8267	0.3597	0.73	0.18082	0.508335	0.05503	1.0801	0.47

Tabela 4.15 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura - dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb ²) (m)	RAIO HIDR. LEITO (Rb) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA (U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (cm ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. Ub (m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPE. DA ÁGUA (N/m ³)	MASSA ESPE. DA ÁGUA (Kg/m ³)	CISALHA. LEITO DEVID. GRÃOS To ² (N/m ²)
1	0.029377782	0.1448	0.16571	0.0740180	0.436063	0.00000868	0.0017	0.03829	26500	9778.61	996.8	0.50733
2	0.050799262	0.1516	0.16728	0.0740463	0.437709	0.00000864	0.0014	0.0465	26500	9779.59	996.9	0.50962
3	0.05007811	0.1478	0.16337	0.0739746	0.454184	0.00000873	0.0015	0.04721	26500	9778.61	996.8	0.55299
4	0.032378044	0.1369	0.15595	0.0739746	0.455915	0.00000873	0.0017	0.04001	26500	9778.61	996.8	0.56591
5	0.03676129	0.1335	0.14962	0.0739746	0.458896	0.00000873	0.0020	0.04285	26500	9778.61	996.8	0.58131
6	0.03893963	0.1436	0.16098	0.0739746	0.445770	0.00000873	0.0019	0.04271	26500	9778.61	996.8	0.53531
7	0.041522953	0.1323	0.146240	0.0737880	0.452681	0.00000893	0.0018	0.04562	26500	9780.57	997.0	0.57011
8	0.038031428	0.1257	0.139170	0.0740463	0.459294	0.00000864	0.0020	0.0449	26500	9779.59	996.9	0.59661
9	0.035695161	0.1411	0.159380	0.0739746	0.452253	0.00000873	0.0018	0.04145	26500	9778.61	996.8	0.55283
10	0.028434883	0.1424	0.162590	0.0739746	0.431269	0.00000873	0.0017	0.03807	26500	9778.61	996.8	0.49939
11	0.036714491	0.1484	0.1675	0.0736883	0.432478	0.00000903	0.0017	0.04089	26500	9782.53	997.2	0.49744
12	0.042151069	0.1448	0.16174	0.0736883	0.447731	0.00000903	0.0018	0.04389	26500	9782.53	997.2	0.53940
13	0.045218377	0.1422	0.15872	0.0735867	0.468599	0.00000914	0.0018	0.04576	26500	9783.51	997.3	0.59464
14	0.031782411	0.1355	0.15476	0.0735349	0.459499	9.20E-07	0.0017	0.03992	26500	9783.51	997.3	0.57660
15	0.0334873	0.1131	0.13035	0.0735932	0.526766	0.00000914	0.0021	0.04099	26500	9782.53	997.2	0.80233
16	0.034394274	0.1333	0.15123	0.0736883	0.474509	0.00000903	0.0019	0.0419	26500	9782.53	997.2	0.61958
17	0.037550351	0.1271	0.1419	0.0736883	0.470754	0.00000903	0.0022	0.04419	26500	9782.53	997.2	0.62289
18	0.040966686	0.1352	0.14889	0.0736883	0.430654	0.00000903	0.0017	0.04487	26500	9782.53	997.2	0.51300
19	0.034888253	0.1388	0.1574	0.0735867	0.458196	0.00000914	0.0018	0.04129	26500	9783.51	997.3	0.57011
20	0.030377813	0.1387	0.15853	0.0736883	0.446855	0.00000903	0.0017	0.03901	26500	9782.53	997.2	0.54090
21	0.034812029	0.1487	0.1701	0.0736883	0.447972	0.00000903	0.0016	0.03985	26500	9782.53	997.2	0.53099
22	0.034351369	0.1419	0.1634	0.0736883	0.488862	0.00000903	0.0018	0.04059	26500	9782.53	997.2	0.64087
23	0.033283765	0.1449	0.1672	0.0736883	0.466866	0.00000903	0.0017	0.03965	26500	9782.53	997.2	0.58004
24	0.037884085	0.1518	0.1721	0.0736883	0.443696	0.00000903	0.0017	0.04122	26500	9782.53	997.2	0.51887
25	0.035361567	0.1416	0.1628	0.0736883	0.490172	0.00000903	0.0018	0.04172	26500	9782.53	997.2	0.64510
26	0.028047046	0.1407	0.1643	0.0736883	0.474863	0.00000903	0.0020	0.03819	26500	9782.53	997.2	0.60359

Tabela 4.15 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - Tcr (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.51731	9.0	0.40432	0.330536	0.03611	0.011937	0.023863	0.001216	0.015416	0.302455	0.08
0.62799	10.0	0.40430	0.371442	0.036616	0.013601	0.027190	0.001386	0.007250	0.142245	0.19
0.63819	10.3	0.40432	0.555075	0.03711	0.020598	0.041179	0.002099	0.014522	0.284919	0.14
0.54086	9.5	0.40432	0.587484	0.03556	0.020889	0.041760	0.002128	0.008900	0.174618	0.24
0.57925	9.7	0.40432	0.689553	0.03433	0.023674	0.047328	0.002412	0.009763	0.191540	0.25
0.57736	9.7	0.40432	0.468576	0.03588	0.016813	0.033611	0.001713	0.014938	0.293074	0.11
0.61826	10.0	0.40428	0.684293	0.03311	0.022656	0.045293	0.002308	0.007840	0.153821	0.29
0.60638	10.0	0.40430	0.840619	0.03196	0.026870	0.053717	0.002738	0.010228	0.200676	0.27
0.56033	9.5	0.40432	0.526397	0.03604	0.018973	0.037931	0.001933	0.004053	0.079522	0.48
0.51464	9.0	0.40432	0.311898	0.03506	0.010936	0.021864	0.001114	0.002959	0.058063	0.38
0.55490	9.5	0.40423	0.311978	0.036226	0.011302	0.022594	0.001152	0.006900	0.135378	0.17
0.59562	9.8	0.40423	0.486163	0.036208	0.017603	0.035192	0.001794	0.011790	0.231320	0.15
0.62185	10.0	0.40420	0.714539	0.037188	0.026572	0.053123	0.002708	0.009129	0.179103	0.30
0.54287	9.5	0.40420	0.632906	0.035556	0.022504	0.044989	0.002293	0.006240	0.122429	0.37
0.55698	9.5	0.40423	1.785245	0.034332	0.061291	0.122532	0.006245	0.013494	0.264747	0.46
0.56861	9.6	0.40423	0.820569	0.03588	0.029442	0.058860	0.003000	0.011329	0.222267	0.26
0.59969	10.0	0.40423	0.934853	0.0334	0.031224	0.062423	0.003182	0.009370	0.183839	0.34
0.60892	10.0	0.40423	0.439671	0.03206	0.014096	0.028180	0.001436	0.006600	0.129492	0.22
0.56111	9.6	0.40420	0.603469	0.03606	0.021761	0.043504	0.002217	0.003225	0.063275	0.69
0.52939	9.1	0.40423	0.467230	0.03542	0.016549	0.033085	0.001686	0.002003	0.039301	0.84
0.54079	9.4	0.40423	0.412321	0.03810	0.015709	0.031406	0.001601	0.005900	0.115758	0.27
0.55083	9.5	0.40423	0.815286	0.03994	0.032563	0.065098	0.003318	0.005265	0.103299	0.63
0.53808	9.4	0.40423	0.583462	0.03903	0.022773	0.045526	0.002320	0.004878	0.095706	0.48
0.55938	9.5	0.40423	0.371777	0.03818	0.014194	0.028377	0.001446	0.003840	0.075341	0.38
0.56617	9.6	0.40423	0.842204	0.0399	0.033604	0.067180	0.003424	0.005775	0.113306	0.59
0.51826	9.0	0.40423	0.646531	0.03901	0.025221	0.050422	0.002570	0.004015	0.078774	0.64

Tabela 4.16 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D₃₅ como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura - dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	RAIO HIDRA. LEITO (Rb) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA (U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (cm ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. Ub (m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPE. DA ÁGUA (N/m ³)	MASSA ESPE. DA ÁGUA (Kg/m ³)	CISALHA. LEITO DEVID. GRÃOS (τ _o -N/m ²)
1	0.029377782	0.1448	0.16571	0.0541098	0.436063	0.00000868	0.0017	0.03829	26500	9778.61	996.8	0.43838
2	0.050799262	0.1516	0.16728	0.0541530	0.437709	0.00000864	0.0014	0.0465	26500	9779.59	996.9	0.44035
3	0.05007811	0.1478	0.16337	0.0540494	0.454184	0.00000873	0.0015	0.04721	26500	9778.61	996.8	0.47783
4	0.032378044	0.1369	0.15595	0.0540494	0.455915	0.00000873	0.0017	0.04001	26500	9778.61	996.8	0.48900
5	0.03676129	0.1335	0.14962	0.0540494	0.458896	0.00000873	0.0020	0.04285	26500	9778.61	996.8	0.50230
6	0.03893963	0.1436	0.16098	0.0540494	0.445770	0.00000873	0.0019	0.04271	26500	9778.61	996.8	0.46256
7	0.041522953	0.1323	0.146240	0.0537981	0.452681	0.00000893	0.0018	0.04562	26500	9780.57	997.0	0.49262
8	0.038031428	0.1257	0.139170	0.0541530	0.459294	0.00000864	0.0020	0.0449	26500	9779.59	996.9	0.51552
9	0.035695161	0.1411	0.159380	0.0540494	0.452253	0.00000873	0.0018	0.04145	26500	9778.61	996.8	0.47770
10	0.028434883	0.1424	0.162590	0.0540494	0.431269	0.00000873	0.0017	0.03807	26500	9778.61	996.8	0.43152
11	0.036714491	0.1484	0.1675	0.0536678	0.432478	0.00000903	0.0017	0.04089	26500	9782.53	997.2	0.42983
12	0.042151069	0.1448	0.16174	0.0536678	0.447731	0.00000903	0.0018	0.04389	26500	9782.53	997.2	0.46609
13	0.045218377	0.1422	0.15872	0.0535311	0.468599	0.00000914	0.0018	0.04576	26500	9783.51	997.3	0.51382
14	0.031782411	0.1355	0.15476	0.0534595	0.459499	0.0000092	0.0017	0.03992	26500	9783.51	997.3	0.49823
15	0.0334873	0.1131	0.13035	0.0535363	0.526766	0.00000914	0.0021	0.04099	26500	9782.53	997.2	0.69328
16	0.034394274	0.1333	0.15123	0.0536678	0.474509	0.00000903	0.0019	0.0419	26500	9782.53	997.2	0.53537
17	0.037550351	0.1271	0.1419	0.0536678	0.470754	0.00000903	0.0022	0.04419	26500	9782.53	997.2	0.53823
18	0.040966686	0.1352	0.14889	0.0536678	0.430654	0.00000903	0.0017	0.04487	26500	9782.53	997.2	0.44328
19	0.034888253	0.1388	0.1574	0.0535311	0.458196	0.00000914	0.0018	0.04129	26500	9783.51	997.3	0.49263
20	0.030377813	0.1387	0.15853	0.0536678	0.446855	0.00000903	0.0017	0.03901	26500	9782.53	997.2	0.46738
21	0.034812029	0.1487	0.1701	0.0536678	0.447972	0.00000903	0.0016	0.03985	26500	9782.53	997.2	0.45882
22	0.034351369	0.1419	0.1634	0.0536678	0.488862	0.00000903	0.0018	0.04059	26500	9782.53	997.2	0.55377
23	0.033283765	0.1449	0.1672	0.0536678	0.466866	0.00000903	0.0017	0.03965	26500	9782.53	997.2	0.50120
24	0.037884085	0.1518	0.1721	0.0536678	0.443696	0.00000903	0.0017	0.04122	26500	9782.53	997.2	0.44835
25	0.035361567	0.1416	0.1628	0.0536678	0.490172	0.00000903	0.0018	0.04172	26500	9782.53	997.2	0.55743
26	0.028047046	0.1407	0.1643	0.0536678	0.474863	0.00000903	0.0020	0.03819	26500	9782.53	997.2	0.52155

Tabela 4.16 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - τ_{cr} (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.70764	13.0	0.26085	0.764854	0.03611	0.027621	0.055220	0.002814	0.015416	0.302455	0.18
0.85868	14.0	0.26084	0.823937	0.036616	0.030169	0.060314	0.003074	0.007250	0.142245	0.42
0.87346	14.3	0.26085	1.045510	0.03711	0.038797	0.077562	0.003953	0.014522	0.284919	0.27
0.74025	13.5	0.26085	1.095660	0.03556	0.038957	0.077883	0.003970	0.008900	0.174618	0.45
0.79279	13.8	0.26085	1.244035	0.03433	0.042710	0.085386	0.004352	0.009763	0.191540	0.45
0.79020	13.8	0.26085	0.954197	0.03588	0.034237	0.068445	0.003489	0.014938	0.293074	0.23
0.84798	14.0	0.26082	1.244764	0.03311	0.041212	0.082390	0.004199	0.007840	0.153821	0.54
0.82913	14.0	0.26084	1.448789	0.03196	0.046309	0.092580	0.004719	0.010228	0.200676	0.46
0.76689	13.6	0.26085	1.022802	0.03604	0.036866	0.073702	0.003756	0.004053	0.079522	0.93
0.70436	13.0	0.26085	0.751781	0.03506	0.026360	0.052699	0.002686	0.002959	0.058063	0.91
0.76191	13.5	0.26079	0.747352	0.036226	0.027074	0.054125	0.002759	0.006900	0.135378	0.40
0.81781	13.8	0.26079	0.966498	0.036208	0.034995	0.069961	0.003566	0.011790	0.231320	0.30
0.85483	14.0	0.26078	1.235599	0.037188	0.045949	0.091861	0.004682	0.009129	0.179103	0.51
0.74673	13.5	0.26078	1.151538	0.035556	0.040944	0.081855	0.004172	0.006240	0.122429	0.67
0.76565	13.6	0.26079	2.580909	0.034332	0.088608	0.177143	0.009029	0.013494	0.264747	0.67
0.78073	13.6	0.26079	1.377777	0.03588	0.049435	0.098829	0.005037	0.011329	0.222267	0.44
0.82340	14.0	0.26079	1.543621	0.0334	0.051557	0.103072	0.005253	0.009370	0.183839	0.56
0.83607	14.0	0.26079	0.959924	0.03206	0.030775	0.061525	0.003136	0.006600	0.129492	0.48
0.77133	13.6	0.26078	1.110543	0.03606	0.040046	0.080060	0.004081	0.003225	0.063275	1.27
0.72688	13.1	0.26079	0.945092	0.03542	0.033475	0.066923	0.003411	0.002003	0.039301	1.70
0.74253	13.4	0.26079	0.853554	0.03810	0.032520	0.065014	0.003314	0.005900	0.115758	0.56
0.75632	13.5	0.26079	1.333314	0.03994	0.053253	0.106462	0.005426	0.005265	0.103299	1.03
0.73880	13.4	0.26079	1.057243	0.03903	0.041264	0.082495	0.004205	0.004878	0.095706	0.86
0.76806	13.5	0.26079	0.803435	0.03818	0.030675	0.061325	0.003126	0.003840	0.075341	0.81
0.77737	13.6	0.26079	1.365800	0.0399	0.054495	0.108946	0.005553	0.005775	0.113306	0.96
0.71160	13.0	0.26079	1.135448	0.03901	0.044294	0.088552	0.004513	0.004015	0.078774	1.12

Tabela 4.17 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	RAIO HIDR. LEITO (Rb) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA (w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA (U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. Ub (m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPE. DA ÁGUA (N/m ³)	MASSA ESPE. DA ÁGUA (Kg/m ³)	CISALHA. LEITO DEVID. GRÃOS τ_0 (N/m ²)
27	0.050710919	0.1484	0.1641	0.0503449	0.452651	0.000000868	0.0023	0.04727	26500	9782.53	996.8	0.46175
28	0.051624228	0.1547	0.17	0.0503449	0.424235	0.000000864	0.0014	0.04672	26500	9782.53	996.9	0.40089
29	0.033987115	0.1327	0.14824	0.0503449	0.446966	0.000000873	0.0015	0.04227	26500	9782.53	996.8	0.46574
30	0.031734383	0.133	0.14843	0.0504807	0.430728	0.000000873	0.0019	0.04165	26500	9780.57	996.8	0.43233
31	0.037896377	0.142	0.1583	0.0503449	0.441061	0.000000873	0.0020	0.0436	26500	9782.53	996.8	0.44370
32	0.04609266	0.1559	0.1721	0.0503449	0.415224	0.000000873	0.0017	0.04471	26500	9782.53	996.8	0.38243
33	0.032662022	0.1404	0.158920	0.0503449	0.454500	0.000000893	0.0018	0.04141	26500	9782.53	997.0	0.47063
34	0.026293209	0.1234	0.141560	0.0504807	0.484382	0.000000864	0.0018	0.039994	26500	9780.57	996.9	0.55550
35	0.045858988	0.1473	0.163240	0.0503449	0.448897	0.000000873	0.0020	0.04615	26500	9782.53	996.8	0.45492
36	0.032041831	0.1339	0.151700	0.0503449	0.471193	0.000000873	0.0021	0.04194	26500	9782.53	996.8	0.51363
37	0.043543199	0.1427	0.1591	0.0503449	0.465644	0.000000903	0.0019	0.0458	26500	9782.53	997.2	0.49390
38	0.044103294	0.152	0.1687	0.0503449	0.428524	0.000000903	0.0015	0.04445	26500	9782.53	997.2	0.41020
39	0.030085311	0.1344	0.1512	0.0503449	0.438175	0.000000914	0.0018	0.04078	26500	9782.53	997.3	0.44488
40	0.027993717	0.1241	0.1398	0.0503449	0.457225	0.00000092	0.0020	0.04087	26500	9782.53	997.3	0.49723
41	0.0358469	0.1376	0.1541	0.0503449	0.453082	0.000000914	0.0020	0.04324	26500	9782.53	997.2	0.47262
42	0.03943851	0.1503	0.1674	0.0503449	0.426977	0.000000903	0.0017	0.04322	26500	9782.53	997.2	0.40830
43	0.037116252	0.1358	0.1525	0.0503449	0.474046	0.000000903	0.0021	0.04416	26500	9782.53	997.2	0.51917
44	0.028218582	0.1248	0.1421	0.0503449	0.482336	0.000000903	0.0022	0.04109	26500	9782.53	997.2	0.55029
45	0.037228657	0.1452	0.1634	0.0503449	0.447417	0.000000914	0.0019	0.04288	26500	9782.53	997.3	0.45200
46	0.034954896	0.1352	0.1522	0.0503449	0.469645	0.000000903	0.0020	0.04307	26500	9782.53	997.2	0.50991
47	0.031976127	0.1448	0.1655	0.0503449	0.462840	0.000000903	0.0017	0.04074	26500	9782.53	997.2	0.48160
48	0.033191422	0.1417	0.1629	0.0504807	0.490117	0.000000903	0.0018	0.04172	26500	9780.57	997.2	0.54289
49	0.029297253	0.1424	0.1701	0.0503449	0.458554	0.000000903	0.0019	0.03985	26500	9782.53	997.2	0.46842
50	0.035176685	0.152	0.1722	0.0504807	0.443508	0.000000903	0.0017	0.04123	26500	9780.57	997.2	0.43639
51	0.030672202	0.1409	0.163	0.0503449	0.488564	0.000000903	0.0017	0.04056	26500	9782.53	997.2	0.53935
52	0.034410025	0.1502	0.1711	0.0504807	0.456108	0.000000903	0.0019	0.04115	26500	9780.57	997.2	0.46253

Tabela 4.17 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - Tcr (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.93892	14.0	0.24123	1.022165	0.03714	0.037963	0.003868	0.075895	0.004350	0.085347	0.89
0.92800	14.5	0.24123	0.735539	0.036066	0.026528	0.002703	0.053034	0.004106	0.080565	0.66
0.83961	13.0	0.24123	1.087994	0.03313	0.036041	0.003672	0.072052	0.004288	0.084121	0.86
0.82507	13.0	0.24126	0.924263	0.03120	0.028833	0.002938	0.057643	0.005184	0.101717	0.57
0.86603	13.6	0.24123	0.950762	0.03491	0.033191	0.003382	0.066355	0.004639	0.091023	0.73
0.88807	13.8	0.24123	0.610297	0.03574	0.021811	0.002222	0.043604	0.004475	0.087800	0.50
0.82253	13.0	0.24123	1.025016	0.03611	0.037013	0.003771	0.073996	0.006591	0.129308	0.57
0.79226	12.8	0.24126	1.581809	0.03427	0.054209	0.005524	0.108373	0.006050	0.118701	0.91
0.91668	14.0	0.24123	0.996594	0.03663	0.036509	0.003720	0.072989	0.003922	0.076947	0.95
0.83305	13.0	0.24123	1.285025	0.03574	0.045927	0.004680	0.091816	0.005128	0.100614	0.91
0.90972	14.0	0.24123	1.214263	0.037042	0.044979	0.004583	0.089921	0.005522	0.108339	0.83
0.88291	13.7	0.24123	0.742134	0.036146	0.026825	0.002733	0.053628	0.004575	0.089762	0.60
0.81001	13.0	0.24123	0.964404	0.033126	0.031947	0.003255	0.063868	0.005922	0.116187	0.55
0.81180	13.0	0.24123	1.328410	0.03196	0.042456	0.004326	0.084877	0.007675	0.150584	0.56
0.85887	13.5	0.24123	1.112957	0.03491	0.038853	0.003959	0.077675	0.005250	0.103005	0.75
0.85848	13.5	0.24123	0.729613	0.035738	0.026075	0.002657	0.052129	0.006181	0.121276	0.43
0.87715	13.6	0.24123	1.363263	0.036146	0.049276	0.005021	0.098513	0.008644	0.169590	0.58
0.81617	13.0	0.24123	1.573509	0.03427	0.053924	0.005495	0.107804	0.010125	0.198653	0.54
0.85172	13.3	0.24123	0.932782	0.036554	0.034097	0.003474	0.068166	0.008075	0.158432	0.43
0.85550	13.5	0.24123	1.311162	0.03574	0.046861	0.004775	0.093684	0.007869	0.154385	0.61
0.80922	13.0	0.24123	1.024389	0.03830	0.039234	0.003998	0.078436	0.005488	0.107665	0.73
0.82645	13.0	0.24126	1.309049	0.03992	0.052257	0.005325	0.104472	0.004790	0.093980	1.11
0.79154	12.8	0.24123	0.923319	0.039	0.036009	0.003669	0.071990	0.004500	0.088290	0.82
0.81675	13.0	0.24126	0.793744	0.038186	0.030310	0.003088	0.060595	0.003550	0.069651	0.87
0.80564	12.9	0.24123	1.283329	0.039818	0.051100	0.005207	0.102158	0.004003	0.078539	1.30
0.81516	13.0	0.24126	0.906808	0.03902	0.035384	0.003605	0.070738	0.004300	0.084366	0.84

Tabela 4.18 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb) (m)	RAIO HIDRA. LEITO(Rb) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. U _b (m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPE. DA ÁGUA (N/m ³)	MASSA ESPE. DA ÁGUA (Kg/m ³)	CISALHA.LEITO DEVID.GRÃOS T _o -(N/m ²)
27	0.050710919	0.1484	0.1641	0.0455914	0.452651	0.000000868	0.0023	0.04727	26500	9782.53	996.8	0.44447
28	0.051624228	0.1547	0.17	0.0503449	0.424235	0.000000864	0.0014	0.04672	26500	9782.53	996.9	0.38589
29	0.033987115	0.1327	0.14824	0.0503449	0.446966	0.000000873	0.0015	0.04227	26500	9782.53	996.8	0.44831
30	0.031734383	0.133	0.14843	0.0504807	0.430728	0.000000873	0.0019	0.04165	26500	9780.57	996.8	0.41615
31	0.037896377	0.142	0.1583	0.0503449	0.441061	0.000000873	0.0020	0.0436	26500	9782.53	996.8	0.42709
32	0.04609266	0.1559	0.1721	0.0503449	0.415224	0.000000873	0.0017	0.04471	26500	9782.53	996.8	0.36812
33	0.032662022	0.1404	0.158920	0.0503449	0.454500	0.000000893	0.0018	0.04141	26500	9782.53	997.0	0.45302
34	0.026293209	0.1234	0.141560	0.0504807	0.484382	0.000000864	0.0018	0.039994	26500	9780.57	996.9	0.53472
35	0.045858988	0.1473	0.163240	0.0503449	0.448897	0.000000873	0.0020	0.04615	26500	9782.53	996.8	0.43789
36	0.032041831	0.1339	0.151700	0.0503449	0.471193	0.000000873	0.0021	0.04194	26500	9782.53	996.8	0.49441
37	0.043543199	0.1427	0.1591	0.0503449	0.465644	0.000000903	0.0019	0.0458	26500	9782.53	997.2	0.47542
38	0.044103294	0.152	0.1687	0.0503449	0.428524	0.000000903	0.0015	0.04445	26500	9782.53	997.2	0.39485
39	0.030085311	0.1344	0.1512	0.0503449	0.438175	0.000000914	0.0018	0.04078	26500	9782.53	997.3	0.42823
40	0.027993717	0.1241	0.1398	0.0503449	0.457225	0.00000092	0.0020	0.04087	26500	9782.53	997.3	0.47862
41	0.0358469	0.1376	0.1541	0.0503449	0.453082	0.000000914	0.0020	0.04324	26500	9782.53	997.2	0.45493
42	0.03943851	0.1503	0.1674	0.0503449	0.426977	0.000000903	0.0017	0.04322	26500	9782.53	997.2	0.39302
43	0.037116252	0.1358	0.1525	0.0503449	0.474046	0.000000903	0.0021	0.04416	26500	9782.53	997.2	0.49974
44	0.028218582	0.1248	0.1421	0.0503449	0.482336	0.000000903	0.0022	0.04109	26500	9782.53	997.2	0.52970
45	0.037228657	0.1452	0.1634	0.0503449	0.447417	0.000000914	0.0019	0.04288	26500	9782.53	997.3	0.43509
46	0.034954896	0.1352	0.1522	0.0503449	0.469645	0.000000903	0.0020	0.04307	26500	9782.53	997.2	0.49083
47	0.031976127	0.1448	0.1655	0.0503449	0.462840	0.000000903	0.0017	0.04074	26500	9782.53	997.2	0.46358
48	0.033191422	0.1417	0.1629	0.0504807	0.490117	0.000000903	0.0018	0.04172	26500	9780.57	997.2	0.52258
49	0.029297253	0.1424	0.1701	0.0503449	0.458554	0.000000903	0.0019	0.03985	26500	9782.53	997.2	0.45089
50	0.035176685	0.152	0.1722	0.0504807	0.443508	0.000000903	0.0017	0.04123	26500	9780.57	997.2	0.42007
51	0.030672202	0.1409	0.163	0.0503449	0.488564	0.000000903	0.0017	0.04056	26500	9782.53	997.2	0.51917
52	0.034410025	0.1502	0.1711	0.0504807	0.456108	0.000000903	0.0019	0.04115	26500	9780.57	997.2	0.44522

Tabela 4.18 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - Tcr (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
1.03682	15.0	0.21515	1.117377	0.03714	0.041499	0.004229	0.082965	0.004350	0.085347	0.97
0.92800	14.0	0.21515	0.745111	0.036066	0.026873	0.002738	0.053724	0.004106	0.080565	0.67
0.83961	13.4	0.21515	1.142691	0.03313	0.037853	0.003857	0.075675	0.004288	0.084121	0.90
0.82507	13.2	0.21518	0.968490	0.03120	0.030213	0.003079	0.060401	0.005184	0.101717	0.59
0.86603	13.5	0.21515	0.969286	0.03491	0.033838	0.003448	0.067648	0.004639	0.091023	0.74
0.88807	13.6	0.21515	0.639278	0.03574	0.022847	0.002328	0.045674	0.004475	0.087800	0.52
0.82253	13.0	0.21515	1.042784	0.03611	0.037655	0.003837	0.075279	0.006591	0.129308	0.58
0.79226	12.8	0.21518	1.578087	0.03427	0.054081	0.005511	0.108118	0.006050	0.118701	0.91
0.91668	14.0	0.21515	1.019213	0.03663	0.037338	0.003805	0.074645	0.003922	0.076947	0.97
0.83305	13.3	0.21515	1.322331	0.03574	0.047260	0.004816	0.094482	0.005128	0.100614	0.94
0.90972	14.0	0.21515	1.227153	0.037042	0.045456	0.004632	0.090875	0.005522	0.108339	0.84
0.88291	13.6	0.21515	0.768701	0.036146	0.027785	0.002831	0.055548	0.004575	0.089762	0.62
0.81001	13.0	0.21515	0.990014	0.033126	0.032795	0.003342	0.065564	0.005922	0.116187	0.56
0.81180	13.0	0.21515	1.341369	0.03196	0.042870	0.004368	0.085705	0.007675	0.150584	0.57
0.85887	13.4	0.21515	1.123169	0.03491	0.039210	0.003995	0.078388	0.005250	0.103005	0.76
0.85848	13.4	0.21515	0.756467	0.035738	0.027035	0.002755	0.054047	0.006181	0.121276	0.45
0.87715	13.5	0.21515	1.359459	0.036146	0.049139	0.005007	0.098238	0.008644	0.169590	0.58
0.81617	13.0	0.21515	1.571204	0.03427	0.053845	0.005487	0.107646	0.010125	0.198653	0.54
0.85172	13.4	0.21515	0.962143	0.036554	0.035170	0.003584	0.070312	0.008075	0.158432	0.44
0.85550	13.5	0.21515	1.319909	0.03574	0.047174	0.004807	0.094309	0.007869	0.154385	0.61
0.80922	13.0	0.21515	1.038735	0.03830	0.039784	0.004054	0.079535	0.005488	0.107665	0.74
0.82645	13.2	0.21518	1.329020	0.03992	0.053054	0.005406	0.106066	0.004790	0.093980	1.13
0.79154	12.8	0.21515	0.939978	0.039	0.036659	0.003735	0.073288	0.004500	0.088290	0.83
0.81675	13.0	0.21518	0.817675	0.038186	0.031224	0.003182	0.062422	0.003550	0.069651	0.90
0.80564	13.0	0.21515	1.293952	0.039818	0.051523	0.005250	0.103003	0.004003	0.078539	1.31
0.81516	13.0	0.21518	0.924963	0.03902	0.036092	0.003678	0.072155	0.004300	0.084366	0.86

Tabela 4.19 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - I.plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO(R_b) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m^2/s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. U_b (m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m^3)	PESO ESPECÍF. DA ÁGUA (N/m^3)	MASSA ESPECÍF. DA ÁGUA (Kg/m^3)	CISAL.TOTAL NO LEITO- T_b (N/m^2)
53	0.0765	0.092100	0.050320	0.926167	9.03E-07	0.0041	0.05202	26500	9782.53	997.2	3.0657
54	0.0853	0.100600	0.050481	0.825646	8.93E-07	0.0038	0.0517	26500	9782.53	997.0	3.1693
55	0.0894	0.104400	0.050320	0.772414	9.03E-07	0.0036	0.05099	26500	9782.53	997.2	3.1469
56	0.0888	0.103200	0.050481	0.769651	8.93E-07	0.0037	0.05148	26500	9782.53	997.0	3.2125
57	0.0751	0.091200	0.050320	0.935746	9.03E-07	0.0040	0.0512	26500	9782.53	997.2	2.9386
58	0.0865	0.102100	0.050320	0.813516	9.03E-07	0.0037	0.05129	26500	9782.53	997.2	3.131
59	0.0893	0.103700	0.050320	0.777628	9.03E-07	0.0038	0.05226	26500	9782.53	997.2	3.3185
60	0.0830	0.098100	0.050481	0.807747	8.93E-07	0.0036	0.04987	26500	9782.53	997.0	2.9212
61	0.086	0.101000	0.050481	0.824040	8.93E-07	0.0039	0.05245	26500	9782.53	997.0	3.2793
62	0.0879	0.1031	0.050481	0.807255	8.93E-07	0.0038	0.05215	26500	9782.53	997.0	3.2671

Tabela 4.19 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - Tcr (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
1.03379	15.4	0.24123	28.253403	0.04265	1.205008	0.122785	2.409033	0.05950	1.16739	2.064
1.02415	15.3	0.24123	26.251729	0.04153	1.090234	0.111090	2.179580	0.07736	1.51782	1.436
1.01332	15.2	0.24123	24.784983	0.04032	0.999331	0.101827	1.997846	0.05744	1.12697	1.773
1.01980	15.3	0.24123	25.857701	0.039714	1.026913	0.104638	2.052988	0.06363	1.24838	1.645
1.01749	15.3	0.24123	27.115687	0.04267	1.157026	0.117895	2.313110	0.06501	1.27544	1.814
1.01928	15.3	0.24123	25.464824	0.04153	1.057554	0.107760	2.114246	0.06068	1.19052	1.776
1.03856	15.5	0.24123	26.977691	0.04032	1.087741	0.110836	2.174594	0.04983	0.97757	2.224
0.98790	15.0	0.24123	24.258092	0.03962	0.961106	0.097932	1.921428	0.07549	1.48109	1.297
1.03901	15.5	0.24123	27.466536	0.041614	1.142992	0.116466	2.285053	0.04814	0.94441	2.420
1.03307	15.4	0.24123	26.534968	0.041614	1.104226	0.112515	2.207552	0.05246	1.02921	2.145

Tabela 4.20 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISCAL CRÍTICA - T _{cr} (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
1.14167	17.2	0.21515	31.245594	0.04265	1.332625	0.135788	2.664163	0.05950	1.16739	2.282
1.13044	17.1	0.21515	29.042385	0.04153	1.206130	0.122899	2.411277	0.07736	1.51782	1.589
1.11907	17.0	0.21515	27.440575	0.04032	1.106404	0.112737	2.211906	0.05744	1.12697	1.963
1.12562	17.0	0.21515	28.435531	0.039714	1.129289	0.115069	2.257657	0.06363	1.24838	1.808
1.12368	17.0	0.21515	29.845274	0.04267	1.273498	0.129763	2.545958	0.06501	1.27544	1.996
1.12565	17.0	0.21515	28.010358	0.04153	1.163270	0.118532	2.325592	0.06068	1.19052	1.953
1.14694	17.2	0.21515	29.620016	0.04032	1.194279	0.121691	2.387585	0.04983	0.97757	2.442
1.09042	16.3	0.21515	26.114244	0.03962	1.034646	0.105426	2.068449	0.07549	1.48109	1.397
1.14683	17.3	0.21515	30.335359	0.041614	1.262376	0.128630	2.523722	0.04814	0.94441	2.672
1.14027	17.2	0.21515	29.327297	0.041614	1.220426	0.124356	2.439857	0.05246	1.02921	2.371

Tabela 4.20 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura - l.plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO(R_b) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(u) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m^2/s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. U_b (m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m^3)	PESO ESPECÍF. DA ÁGUA (N/m^3)	MASSA ESPECÍF. DA ÁGUA (Kg/m^3)	CISAL.TOTAL NO LEITO- T_b (N/m^2)
53	0.0765	0.092100	0.045565	0.926167	9.03E-07	0.0041	0.05202	26500	9782.53	997.2	3.0657
54	0.0853	0.100600	0.045735	0.825646	8.93E-07	0.0038	0.0517	26500	9782.53	997.0	3.1693
55	0.0894	0.104400	0.045565	0.772414	9.03E-07	0.0036	0.05099	26500	9782.53	997.2	3.1469
56	0.0888	0.103200	0.045735	0.769651	8.93E-07	0.0037	0.05148	26500	9782.53	997.0	3.2125
57	0.0751	0.091200	0.045565	0.935746	9.03E-07	0.0040	0.0512	26500	9782.53	997.2	2.9386
58	0.0865	0.102100	0.045565	0.813516	9.03E-07	0.0037	0.05129	26500	9782.53	997.2	3.131
59	0.0893	0.103700	0.045565	0.777628	9.03E-07	0.0038	0.05226	26500	9782.53	997.2	3.3185
60	0.0830	0.098100	0.045735	0.807747	8.93E-07	0.0036	0.04987	26500	9782.53	997.0	2.9212
61	0.086	0.101000	0.045735	0.824040	8.93E-07	0.0039	0.05245	26500	9782.53	997.0	3.2793
62	0.0879	0.1031	0.045735	0.807255	8.93E-07	0.0038	0.05215	26500	9782.53	997.0	3.2671

Tabela 4.21 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb')	RAIO HIDR. LEITO (Rb)	PROFUND. MÉDIA	VELOCIDADE DE QUEDA (w)	VELOCID. MÉDIA (U)	VISCOSID. CINEMÁT.	DECLIVID. L. ENERG.	VELOCID. CISALHAM.	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN.	PESO ESPE. DA ÁGUA	MASSA ESPE. DA ÁGUA	CISALHA. LEITO DEVID. GRÃOS
	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m ² /s)	(S)	Ub (m/s)	(N/m ³)	(N/m ³)	(Kg/m ³)	τ_0 (N/m ²)
63	0.035377839	0.133316784	0.1501	0.1283827	0.469554	0.00000893	0.0020	0.042896867	26500	9780.57	996.8	0.83393
64	0.034526831	0.124403455	0.1385	0.1283250	0.461805	0.00000903	0.0022	0.043857636	26500	9782.53	996.9	0.82864
65	0.033195829	0.127826361	0.1456	0.1283827	0.493104	0.00000893	0.0020	0.042488564	26500	9780.57	996.8	0.92906
66	0.034155628	0.134341785	0.1523	0.1284262	0.473565	0.00000884	0.0019	0.042000672	26500	9779.59	996.8	0.84414
67	0.035983402	0.143939093	0.1603	0.1283827	0.414298	0.00000893	0.0018	0.041529506	26500	9780.57	996.8	0.63514
68	0.03644094	0.136106395	0.1532	0.1283827	0.464413	0.00000893	0.0020	0.043170654	26500	9780.57	996.8	0.81023
69	0.032317265	0.143038844	0.161100	0.1284262	0.447176	0.00000884	0.0018	0.041592478	26500	9779.59	997.0	0.73886
70	0.030467496	0.132898045	0.149500	0.1283827	0.458408	0.00000893	0.0019	0.041758368	26500	9780.57	996.9	0.79595
71	0.036095026	0.123483534	0.140200	0.1283827	0.530756	0.00000893	0.0023	0.045019306	26500	9780.57	996.8	1.09000
72	0.03666027	0.13671033	0.154200	0.1283827	0.474112	0.00000893	0.0020	0.043257711	26500	9780.57	996.8	0.84260
73	0.031809989	0.136552593	0.1538	0.1284262	0.458336	0.00000884	0.0019	0.042128531	26500	9779.59	997.2	0.78845
74	0.028320901	0.126644914	0.1423	0.1283827	0.449473	0.00000893	0.0019	0.041112568	26500	9780.57	997.2	0.77816
75	0.036130017	0.128393893	0.1448	0.1283827	0.496989	0.00000893	0.0022	0.044484791	26500	9780.57	997.3	0.94597
76	0.031769196	0.134227104	0.153	0.1283827	0.471399	0.00000893	0.0018	0.040938691	26500	9780.57	997.3	0.83557
77	0.036016895	0.143639627	0.1601	0.1284262	0.415815	0.00000884	0.0018	0.041513709	26500	9779.59	997.2	0.64032
78	0.033267164	0.13236839	0.1501	0.1283827	0.474004	0.00000893	0.0019	0.041810694	26500	9780.57	997.2	0.85015
79	0.035570746	0.141122751	0.1595	0.1284262	0.452188	0.00000884	0.0018	0.041466192	26500	9779.59	997.2	0.75819
80	0.033403129	0.131065858	0.148	0.1283827	0.464135	0.00000893	0.0019	0.04162657	26500	9780.57	997.2	0.81896
81	0.035375588	0.126619354	0.1458	0.1284262	0.510370	0.00000884	0.0022	0.044581709	26500	9779.59	997.3	0.99531
82	0.0350901	0.133512011	0.152	0.1283827	0.480974	0.00000893	0.0019	0.041974939	26500	9780.57	997.2	0.87168
83	0.03502017	0.132470285	0.1512	0.1284262	0.501852	0.00000884	0.0020	0.042994702	26500	9779.59	997.2	0.95067
84	0.0356894	0.138277063	0.1588	0.1283827	0.503552	0.00000893	0.0019	0.042545253	26500	9780.57	997.2	0.94160
85	0.032343206	0.134984486	0.1549	0.1284262	0.503577	0.00000884	0.0019	0.042221449	26500	9779.59	997.2	0.94953
86	0.036338395	0.141238262	0.1601	0.1283827	0.477027	0.00000893	0.0019	0.042651282	26500	9780.57	997.2	0.84272
87	0.036487992	0.132842841	0.1521	0.1283827	0.526759	0.00000893	0.0021	0.044137906	26500	9780.57	997.2	1.04530
88	0.035090095	0.137142944	0.157	0.1283827	0.496841	0.00000893	0.0019	0.042396883	26500	9780.57	997.2	0.92016

Tabela 4.21 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - Tcr (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. MEDID. (N/m.s)	RELAÇÃO CALC/MEDID.
0.33413	8.0	1.04329	0.785188	0.03524	0.027670	0.002819	0.055317	0.012091	0.237218	0.23
0.34177	9.0	1.04317	0.994522	0.03198	0.031805	0.003241	0.063584	0.013281	0.260578	0.24
0.33095	8.0	1.04329	0.443902	0.03590	0.015935	0.001624	0.031857	0.007603	0.149173	0.21
0.32704	8.0	1.04335	0.734447	0.03606	0.026486	0.002699	0.052950	0.007397	0.145127	0.36
0.32348	8.0	1.04329	1.417718	0.03321	0.047077	0.004797	0.094115	0.008425	0.165299	0.57
0.33627	8.5	1.04329	0.906819	0.03557	0.032259	0.003287	0.064492	0.008013	0.157205	0.41
0.32386	8.0	1.04335	1.051346	0.03602	0.037869	0.003859	0.075708	0.007234	0.141938	0.53
0.32526	8.0	1.04329	0.931965	0.03427	0.031935	0.003254	0.063843	0.008047	0.157880	0.40
0.35066	9.5	1.04329	-0.225262	0.03721	-0.008381	-0.000854	-0.016755	0.006169	0.121031	-0.14
0.33694	8.5	1.04329	0.774980	0.03655	0.028329	0.002887	0.056634	0.006116	0.119989	0.47
0.32804	8.0	1.04335	0.929054	0.03525	0.032745	0.003337	0.065464	0.006280	0.123214	0.53
0.32023	7.5	1.04329	0.992104	0.03198	0.031727	0.003233	0.063429	0.007710	0.151270	0.42
0.34650	9.0	1.04329	0.428232	0.03598	0.015409	0.001570	0.030805	0.006190	0.121448	0.25
0.31888	7.5	1.04329	0.714218	0.03606	0.025756	0.002624	0.051491	0.008225	0.161375	0.32
0.32325	7.5	1.04335	1.314137	0.03329	0.043742	0.004457	0.087449	0.005028	0.098649	0.89
0.32567	7.6	1.04329	0.688125	0.03557	0.024479	0.002494	0.048939	0.006360	0.124783	0.39
0.32288	7.5	1.04335	0.933888	0.03606	0.033678	0.003432	0.067328	0.006510	0.127726	0.53
0.32424	7.5	1.04329	0.801825	0.03435	0.027539	0.002806	0.055057	0.005540	0.108695	0.51
0.34714	9.0	1.04335	0.209685	0.03721	0.007802	0.000795	0.015597	0.007510	0.147346	0.11
0.32695	8.0	1.04329	0.634249	0.03655	0.023184	0.002362	0.046350	0.005800	0.113796	0.41
0.33478	8.4	1.04335	0.361842	0.03794	0.013728	0.001399	0.027445	0.008150	0.159903	0.17
0.33139	8.1	1.04329	0.361595	0.03998	0.014457	0.001473	0.028903	0.005590	0.109676	0.26
0.32876	8.0	1.04335	0.339139	0.039	0.013227	0.001348	0.026443	0.007850	0.154017	0.17
0.33222	8.1	1.04329	0.706426	0.03819	0.026976	0.002749	0.053929	0.005840	0.114581	0.47
0.34380	8.6	1.04329	0.007973	0.04006	0.000319	0.000033	0.000639	0.007050	0.138321	0.00
0.33024	8.0	1.04329	0.438214	0.039	0.017091	0.001742	0.034169	0.010500	0.206010	0.17

Tabela 4.22 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	RAIO HIDRA. LEITO(Rb) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. Ub(m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPE. DA ÁGUA (N/m ³)	MASSA ESPE. DA ÁGUA (Kg/m ³)	CISALHA.LEITO DEVID.GRÃOS To ⁴ -(N/m ²)
63	0.035377839	0.133316784	0.1501	0.0608784	0.469554	0.000000893	0.0020	0.042896867	26500	9780.57	996.8	0.55436
64	0.034526831	0.124403455	0.1385	0.0607596	0.461805	0.000000903	0.0022	0.043857636	26500	9782.53	996.9	0.55084
65	0.033195829	0.127826361	0.1456	0.0608784	0.493104	0.000000893	0.0020	0.042488564	26500	9780.57	996.8	0.61759
66	0.034155628	0.134341785	0.1523	0.0609809	0.473565	0.000000884	0.0019	0.042000672	26500	9779.59	996.8	0.56114
67	0.035983402	0.143939093	0.1603	0.0608784	0.414298	0.000000893	0.0018	0.041529506	26500	9780.57	996.8	0.42221
68	0.03644094	0.136106395	0.1532	0.0608784	0.464413	0.000000893	0.0020	0.043170654	26500	9780.57	996.8	0.53860
69	0.032317265	0.143038844	0.161100	0.0609809	0.447176	0.000000884	0.0018	0.041592478	26500	9779.59	997.0	0.49116
70	0.030467496	0.132898045	0.149500	0.0608784	0.458408	0.000000893	0.0019	0.041758368	26500	9780.57	996.9	0.52911
71	0.036095026	0.123483534	0.140200	0.0608784	0.530756	0.000000893	0.0023	0.045019306	26500	9780.57	996.8	0.72458
72	0.03666027	0.13671033	0.154200	0.0608784	0.474112	0.000000893	0.0020	0.043257711	26500	9780.57	996.8	0.56012
73	0.031809989	0.136552593	0.1538	0.0609809	0.458336	0.000000884	0.0019	0.042128531	26500	9779.59	997.2	0.52413
74	0.028320901	0.126644914	0.1423	0.0608784	0.449473	0.000000893	0.0019	0.041112568	26500	9780.57	997.2	0.51728
75	0.036130017	0.128393893	0.1448	0.0608784	0.496989	0.000000893	0.0022	0.044484791	26500	9780.57	997.3	0.62883
76	0.031769196	0.134227104	0.153	0.0608784	0.471399	0.000000893	0.0018	0.040938691	26500	9780.57	997.3	0.55545
77	0.036016895	0.143639627	0.1601	0.0609809	0.415815	0.000000884	0.0018	0.041513709	26500	9779.59	997.2	0.42565
78	0.033267164	0.13236839	0.1501	0.0608784	0.474004	0.000000893	0.0019	0.041810694	26500	9780.57	997.2	0.56514
79	0.035570746	0.141122751	0.1595	0.0609809	0.452188	0.000000884	0.0018	0.041466192	26500	9779.59	997.2	0.50401
80	0.033403129	0.131065858	0.148	0.0608784	0.464135	0.000000893	0.0019	0.04162657	26500	9780.57	997.2	0.54440
81	0.035375588	0.126619354	0.1458	0.0609809	0.510370	0.000000884	0.0022	0.044581709	26500	9779.59	997.3	0.66163
82	0.0350901	0.133512011	0.152	0.0608784	0.480974	0.000000893	0.0019	0.041974939	26500	9780.57	997.2	0.57945
83	0.03502017	0.132470285	0.1512	0.0609809	0.501852	0.000000884	0.0020	0.042994702	26500	9779.59	997.2	0.63196
84	0.0356894	0.138277063	0.1588	0.0608784	0.503552	0.000000893	0.0019	0.042545253	26500	9780.57	997.2	0.62593
85	0.032343206	0.134984486	0.1549	0.0609809	0.503577	0.000000884	0.0019	0.042221449	26500	9779.59	997.2	0.63120
86	0.036338395	0.141238262	0.1601	0.0608784	0.477027	0.000000893	0.0019	0.042651282	26500	9780.57	997.2	0.56020
87	0.036487992	0.132842841	0.1521	0.0608784	0.526759	0.000000893	0.0021	0.044137906	26500	9780.57	997.2	0.69487
88	0.035090095	0.137142944	0.157	0.0608784	0.496841	0.000000893	0.0019	0.042396883	26500	9780.57	997.2	0.61168

Tabela 4.22 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - T _{cr} (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. MEDID. (N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.70463	14.0	0.30647	1.326489	0.03524	0.046745	0.004763	0.093453	0.012091	0.237218	0.39
0.72182	14.5	0.30643	1.488293	0.03198	0.047596	0.004850	0.095152	0.013281	0.260578	0.37
0.69793	14.0	0.30647	1.725065	0.03590	0.061926	0.006310	0.123802	0.007603	0.149173	0.83
0.68875	13.5	0.30649	1.291707	0.03606	0.046582	0.004746	0.093125	0.007397	0.145127	0.64
0.68217	13.5	0.30647	0.553133	0.03321	0.018367	0.001872	0.036720	0.008425	0.165299	0.22
0.70913	14.0	0.30647	1.212905	0.03557	0.043148	0.004397	0.086261	0.008013	0.157205	0.55
0.68206	13.5	0.30649	0.877322	0.03602	0.031601	0.003220	0.063176	0.007234	0.141938	0.45
0.68593	13.5	0.30647	1.154227	0.03427	0.039551	0.004030	0.079069	0.008047	0.157880	0.50
0.73950	14.6	0.30647	2.526592	0.03721	0.094004	0.009579	0.187932	0.006169	0.121031	1.55
0.71056	14.2	0.30647	1.334093	0.03655	0.048766	0.004969	0.097493	0.006116	0.119989	0.81
0.69085	13.8	0.30649	1.115649	0.03525	0.039322	0.004007	0.078612	0.006280	0.123214	0.64
0.67532	13.5	0.30647	1.157674	0.03198	0.037022	0.003772	0.074015	0.007710	0.151270	0.49
0.73072	14.6	0.30647	1.875993	0.03598	0.067502	0.006878	0.134949	0.006190	0.121448	1.11
0.67247	13.5	0.30647	1.256379	0.03606	0.045308	0.004617	0.090578	0.008225	0.161375	0.56
0.68077	13.5	0.30649	0.570251	0.03329	0.018981	0.001934	0.037947	0.005028	0.098649	0.38
0.68679	13.6	0.30647	1.344651	0.03557	0.047835	0.004874	0.095630	0.006360	0.124783	0.77
0.67999	13.5	0.30649	0.949346	0.03606	0.034235	0.003488	0.068443	0.006510	0.127726	0.54
0.68377	13.5	0.30647	1.248109	0.03435	0.042868	0.004368	0.085700	0.005540	0.108695	0.79
0.73108	14.5	0.30649	2.035865	0.03721	0.075746	0.007718	0.151431	0.007510	0.147346	1.03
0.68949	13.6	0.30647	1.398350	0.03655	0.051115	0.005208	0.102189	0.005800	0.113796	0.90
0.70505	14.0	0.30649	1.726591	0.03794	0.065507	0.006675	0.130960	0.008150	0.159903	0.82
0.69886	13.6	0.30647	1.554985	0.03998	0.062171	0.006335	0.124292	0.005590	0.109676	1.13
0.69237	13.6	0.30649	1.626824	0.039	0.063449	0.006465	0.126847	0.007850	0.154017	0.82
0.70060	14.0	0.30647	1.259332	0.03819	0.048089	0.004900	0.096139	0.005840	0.114581	0.84
0.72502	14.2	0.30647	2.075754	0.04006	0.083155	0.008473	0.166242	0.007050	0.138321	1.20
0.69642	13.6	0.30647	1.505500	0.039	0.058718	0.005983	0.117387	0.010500	0.206010	0.57

Tabela 4.23 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - l.plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO(R_b) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m^2/s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. U_b (m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m^3)	PESO ESPE. DA ÁGUA (N/m^3)	MASSA ESPE. DA ÁGUA (Kg/m^3)	CISAL.TOTAL NO LEITO- τ_b (N/m^2)
89	0.07530	0.0910	0.128362	0.937363	8.93E-07	0.0041	0.055	26500	9780.57	997.0	3.0176
90	0.07970	0.0950	0.128383	0.874947	8.93E-07	0.0039	0.0552	26500	9780.57	997.0	3.0371
91	0.08240	0.0980	0.128362	0.827959	8.93E-07	0.0036	0.0539	26500	9780.57	997.0	2.9
92	0.07820	0.0930	0.128416	0.853978	8.84E-07	0.0038	0.054	26500	9779.59	996.9	2.9064
93	0.08560	0.1011	0.128362	0.844115	8.93E-07	0.0039	0.0572	26500	9780.57	997.0	3.2631
94	0.08750	0.1020	0.128394	0.814902	8.84E-07	0.004	0.0586	26500	9779.59	996.9	3.4199
95	0.07270	0.0880	0.128362	0.916364	8.93E-07	0.0039	0.0527	26500	9780.57	997.0	2.7716
96	0.07900	0.0940	0.128416	0.842979	8.84E-07	0.0037	0.0535	26500	9779.59	996.9	2.8584
97	0.08680	0.1020	0.128416	0.816078	8.84E-07	0.0038	0.0569	26500	9779.59	996.9	3.2236
98	0.07410	0.0900	0.128416	0.924756	8.84E-07	0.0039	0.0532	26500	9779.59	996.9	2.8267

Tabela 4.23 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISAL CRÍTICA - Tcr (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESO/VOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. MEDID. (N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.42848	9.2	1.04329	15.266955	0.04265	0.651136	0.066348	1.301741	0.06685	1.311597	0.99
0.42996	9.3	1.04329	14.822453	0.04156	0.616021	0.062770	1.231540	0.06413	1.2582306	0.98
0.41991	9.1	1.04329	13.025245	0.04057	0.528434	0.053845	1.056438	0.06354	1.2466548	0.85
0.42051	9.1	1.04335	13.890909	0.03971	0.551608	0.056206	1.102766	0.05508	1.0806696	1.02
0.44562	9.4	1.04329	15.511897	0.04267	0.661893	0.067444	1.323246	0.05062	0.9931644	1.33
0.45641	9.5	1.04335	16.608564	0.04156	0.690252	0.070333	1.379941	0.05881	1.1538522	1.20
0.41056	9	1.04329	13.595604	0.04032	0.548175	0.055856	1.095903	0.05558	1.0904796	1.00
0.41662	9.1	1.04335	13.365206	0.03962	0.529529	0.053957	1.058627	0.04545	0.891729	1.19
0.44309	9.4	1.04335	15.076329	0.04162	0.627477	0.063937	1.254442	0.04163	0.8167806	1.54
0.41428	9.1	1.04335	13.815180	0.041614	0.574905	0.058580	1.149341	0.05503	1.0796886	1.06

Tabela 4.24 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Laursen (1958) utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura - l.plano)

N	RAIO HIDRA. LEITO(Rb) (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISALHAM. Ub(m/s)	PESO ESPECÍF. DO SEDIMEN. (N/m ³)	PESO ESPE. DA ÁGUA (N/m ³)	MASSA ESPE. DA ÁGUA (Kg/m ³)	CISAL.TOTAL NO LEITO-Tb (N/m ²)
89	0.07530	0.0910	0.060867	0.937363	8.93E-07	0.0041	0.055	26500	9780.57	997.0	3.0176
90	0.07970	0.0950	0.060878	0.874947	8.93E-07	0.0039	0.0552	26500	9780.57	997.0	3.0371
91	0.08240	0.0980	0.060867	0.827959	8.93E-07	0.0036	0.0539	26500	9780.57	997.0	2.9
92	0.07820	0.0930	0.060975	0.853978	8.84E-07	0.0038	0.054	26500	9779.59	996.9	2.9064
93	0.08560	0.1011	0.060867	0.844115	8.93E-07	0.0039	0.0572	26500	9780.57	997.0	3.2631
94	0.08750	0.1020	0.060964	0.814902	8.84E-07	0.004	0.0586	26500	9779.59	996.9	3.4199
95	0.07270	0.0880	0.060867	0.916364	8.93E-07	0.0039	0.0527	26500	9780.57	997.0	2.7716
96	0.07900	0.0940	0.060975	0.842979	8.84E-07	0.0037	0.0535	26500	9779.59	996.9	2.8584
97	0.08680	0.1020	0.060975	0.816078	8.84E-07	0.0038	0.0569	26500	9779.59	996.9	3.2236
98	0.07410	0.0900	0.060975	0.924756	8.84E-07	0.0039	0.0532	26500	9779.59	996.9	2.8267

Tabela 4.24 - Continuação

RELAÇÃO Ub/w	FUNÇÃO F F(Ub/w)	TENSÃO CISCAL CRÍTICA - Tcr (N/m ²)	CONC.MÉDIA SEDIMENTO - C (PESOVOL)	VAZÃO (m ³ /s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	DESC. TOTAL SEDIM. MEDID. (N/m.s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.90361	14	0.30647	26.011074	0.04265	1.109372	0.113040	2.217840	0.06685	1.311597	1.69
0.90673	14.2	0.30647	25.271742	0.04156	1.050294	0.107020	2.099731	0.06413	1.2582306	1.67
0.88554	13.7	0.30647	22.332789	0.04057	0.906041	0.092321	1.811344	0.06354	1.2466548	1.45
0.88561	13.7	0.30649	23.794410	0.03971	0.944876	0.096278	1.888982	0.05508	1.0806696	1.75
0.93975	14.6	0.30647	26.163849	0.04267	1.116411	0.113757	2.231913	0.05062	0.9931644	2.25
0.96122	15	0.30649	28.010449	0.04156	1.164114	0.118618	2.327280	0.05881	1.1538522	2.02
0.86582	13.5	0.30647	23.715851	0.04032	0.956223	0.097435	1.911667	0.05558	1.0904796	1.75
0.87741	13.6	0.30649	22.897142	0.03962	0.907185	0.092438	1.813630	0.04545	0.891729	2.03
0.93317	14.5	0.30649	25.369585	0.04162	1.055882	0.107589	2.110904	0.04163	0.8167806	2.58
0.87249	13.6	0.30649	23.789514	0.041614	0.989977	0.100874	1.979147	0.05503	1.0796886	1.83

Tabela 4.25 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura - Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (R_b') (m)	PROFUND. MÉDIA (d) (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m^2/s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISAL SUPER. LEITO U_b' (m/s)	$U_b'D_{35}/VISC$	RELAÇÃO U_{cr}/w
1	0.029377782	0.16571	0.0541098	0.436063	0.000000868	0.0017	0.022129923	10.198121	3.295684595
2	0.050799262	0.16728	0.0541530	0.437709	0.000000864	0.0014	0.026408192	12.226015	3.093599447
3	0.05007811	0.16337	0.0540494	0.454184	0.000000873	0.0015	0.027140356	12.435444	3.076249677
4	0.032378044	0.15595	0.0540494	0.455915	0.000000873	0.0017	0.023232487	10.644897	3.244937275
5	0.03676129	0.14962	0.0540494	0.458896	0.000000873	0.0020	0.026850743	12.302746	3.087179604
6	0.03893963	0.16098	0.0540494	0.445770	0.000000873	0.0019	0.026935104	12.341399	3.083973518
7	0.041522953	0.146240	0.0537981	0.452681	0.000000893	0.0018	0.027072372	12.126483	3.102038594
8	0.038031428	0.139170	0.0541530	0.459294	0.000000864	0.0020	0.027310664	12.643826	3.059512014
9	0.035695161	0.159380	0.0540494	0.452253	0.000000873	0.0018	0.02510076	11.500921	3.158169796
10	0.028434883	0.162590	0.0540494	0.431269	0.000000873	0.0017	0.02177189	9.975665	3.322571624
11	0.036714491	0.1675	0.0536678	0.432478	0.000000903	0.0017	0.0247394	10.958760	3.211641653
12	0.042151069	0.16174	0.0536678	0.447731	0.000000903	0.0018	0.027276365	12.082554	3.105804073
13	0.045218377	0.15872	0.0535311	0.468599	0.000000914	0.0018	0.028251381	12.363843	3.082120409
14	0.031782411	0.15476	0.0534595	0.459499	0.00000092	0.0017	0.023017801	10.007739	3.318624188
15	0.0334873	0.13035	0.0535363	0.526766	0.000000914	0.0021	0.026260057	11.492366	3.158976784
16	0.034394274	0.15123	0.0536678	0.474509	0.000000903	0.0019	0.025314294	11.213419	3.185920848
17	0.037550351	0.1419	0.0536678	0.470754	0.000000903	0.0022	0.028461926	12.607719	3.062375795
18	0.040966686	0.14889	0.0536678	0.430654	0.000000903	0.0017	0.026132793	11.575988	3.151136382
19	0.034888253	0.1574	0.0535311	0.458196	0.000000914	0.0018	0.02481543	10.860144	3.221906939
20	0.030377813	0.15853	0.0536678	0.446855	0.000000903	0.0017	0.022503427	9.968295	3.323482149
21	0.034812029	0.1701	0.0536678	0.447972	0.000000903	0.0016	0.02337064	10.352443	3.277683604
22	0.034351369	0.1634	0.0536678	0.488862	0.000000903	0.0018	0.024623751	10.907531	3.216952381
23	0.033283765	0.1672	0.0536678	0.466866	0.000000903	0.0017	0.023555191	10.434193	3.26835398
24	0.037884085	0.1721	0.0536678	0.443696	0.000000903	0.0017	0.025130366	11.131945	3.194029356
25	0.035361567	0.1628	0.0536678	0.490172	0.000000903	0.0018	0.024983193	11.066752	3.200598282
26	0.028047046	0.1643	0.0536678	0.474863	0.000000903	0.0020	0.023453329	10.389072	3.273486078

Tabela 4.25 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇ (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.17832874	2.5911210	390.050660	0.028185	0.276496	0.015416	0.302455	0.030831	0.91
0.167527583	2.5405537	347.179170	0.025420	0.249375	0.007250	0.142245	0.014500	1.75
0.166269321	2.6019575	399.905582	0.029673	0.291092	0.014522	0.284919	0.029044	1.02
0.175386777	2.6336383	430.168212	0.030585	0.300038	0.008900	0.174618	0.017800	1.72
0.166860076	2.7389287	548.186950	0.037639	0.369234	0.009763	0.191540	0.019525	1.93
0.16668679	2.6949984	495.448315	0.035553	0.348779	0.014938	0.293074	0.029875	1.19
0.166883889	2.6777405	476.146362	0.031521	0.309220	0.007840	0.153821	0.015680	2.01
0.165681647	2.7444820	555.241606	0.035491	0.348167	0.010228	0.200676	0.020456	1.73
0.170697051	2.6682161	465.817835	0.033576	0.329382	0.004053	0.079522	0.008106	4.14
0.179582864	2.5775537	378.053844	0.026509	0.260055	0.002959	0.058063	0.005919	4.48
0.172361833	2.5977982	396.093933	0.028693	0.281479	0.006900	0.135378	0.013800	2.08
0.16668176	2.6688763	466.526518	0.033784	0.331421	0.011790	0.231320	0.023580	1.43
0.164989275	2.7053958	507.452941	0.037742	0.370252	0.009129	0.179103	0.018257	2.07
0.177411994	2.6262923	422.953185	0.030077	0.295056	0.006240	0.122429	0.012480	2.41
0.169119847	2.8461352	701.673667	0.048180	0.472643	0.013494	0.264747	0.026988	1.79
0.170981454	2.7231001	528.567078	0.037930	0.372093	0.011329	0.222267	0.022657	1.67
0.164351059	2.8036828	636.330608	0.042507	0.416993	0.009370	0.183839	0.018740	2.27
0.169114647	2.6054430	403.128046	0.025849	0.253574	0.006600	0.129492	0.013200	1.96
0.1724722	2.6663007	463.767880	0.033447	0.328114	0.003225	0.063275	0.006450	5.19
0.17836407	2.6045006	402.254203	0.028496	0.279543	0.002003	0.039301	0.004006	7.11
0.175906161	2.5853996	384.945773	0.029333	0.287755	0.005900	0.115758	0.011800	2.49
0.172646849	2.7149182	518.702388	0.041434	0.406467	0.005265	0.103299	0.010530	3.93
0.175405461	2.6467276	443.330526	0.034606	0.339489	0.004878	0.095706	0.009756	3.55
0.17141662	2.6204560	417.307320	0.031866	0.312601	0.003840	0.075341	0.007680	4.15
0.17176916	2.7192141	523.858671	0.041804	0.410096	0.005775	0.113306	0.011550	3.62
0.175680889	2.7347890	542.986487	0.042364	0.415589	0.004015	0.078774	0.008030	5.28

Tabela 4.26 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura - Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (d) (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISAL SUPER. LEITO Ub' (m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/fw
1	0.029377782	0.16571	0.0740180	0.436063	0.00000868	0.0017	0.022129923	15.807088	2.855193308
2	0.050799262	0.16728	0.0740463	0.437709	0.00000864	0.0014	0.026408192	18.950323	2.713191435
3	0.05007811	0.16337	0.0739746	0.454184	0.00000873	0.0015	0.027140356	19.274938	2.700828013
4	0.032378044	0.15595	0.0739746	0.455915	0.00000873	0.0017	0.023232487	16.499590	2.819877308
5	0.03676129	0.14962	0.0739746	0.458896	0.00000873	0.0020	0.026850743	19.069257	2.708619877
6	0.03893963	0.16098	0.0739746	0.445770	0.00000873	0.0019	0.026935104	19.129169	2.706335416
7	0.041522953	0.146240	0.0737880	0.452681	0.00000893	0.0018	0.027072372	18.796048	2.719195203
8	0.038031428	0.139170	0.0740463	0.459294	0.00000864	0.0020	0.027310664	19.597930	2.688874606
9	0.035695161	0.159380	0.0739746	0.452253	0.00000873	0.0018	0.02510076	17.826427	2.758963059
10	0.028434883	0.162590	0.0739746	0.431269	0.00000873	0.0017	0.02177189	15.462282	2.873812537
11	0.036714491	0.1675	0.0736883	0.432478	0.00000903	0.0017	0.0247394	16.986077	2.796582125
12	0.042151069	0.16174	0.0736883	0.447731	0.00000903	0.0018	0.027276365	18.727958	2.721871936
13	0.045218377	0.15872	0.0735867	0.468599	0.00000914	0.0018	0.028251381	19.163956	2.705014576
14	0.031782411	0.15476	0.0735349	0.459499	0.00000092	0.0017	0.023017801	15.511996	2.871082914
15	0.0334873	0.13035	0.0735932	0.526766	0.00000914	0.0021	0.026260057	17.813168	2.759532712
16	0.034394274	0.15123	0.0736883	0.474509	0.00000903	0.0019	0.025314294	17.380800	2.778518827
17	0.037550351	0.1419	0.0736883	0.470754	0.00000903	0.0022	0.028461926	19.541965	2.690921638
18	0.040966686	0.14889	0.0736883	0.430654	0.00000903	0.0017	0.026132793	17.942781	2.75399568
19	0.034888253	0.1574	0.0735867	0.458196	0.00000914	0.0018	0.02481543	16.833224	2.803774739
20	0.030377813	0.15853	0.0736883	0.446855	0.00000903	0.0017	0.022503427	15.450858	2.874441965
21	0.034812029	0.1701	0.0736883	0.447972	0.00000903	0.0016	0.02337064	16.046287	2.842692126
22	0.034351369	0.1634	0.0736883	0.488862	0.00000903	0.0018	0.024623751	16.906673	2.800304387
23	0.033283765	0.1672	0.0736883	0.466866	0.00000903	0.0017	0.023555191	16.172999	2.836201717
24	0.037884085	0.1721	0.0736883	0.443696	0.00000903	0.0017	0.025130366	17.254515	2.7842197
25	0.035361567	0.1628	0.0736883	0.490172	0.00000903	0.0018	0.024983193	17.153466	2.788833809
26	0.028047046	0.1643	0.0736883	0.474863	0.00000903	0.0020	0.023453329	16.103061	2.839772953

Tabela 4.26 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇ (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.211335807	2.5632908	365.839692	0.026436	0.259333	0.015416	0.302455	0.030831	0.86
0.200901661	2.5204035	331.438891	0.024268	0.238069	0.007250	0.142245	0.014500	1.67
0.199792663	2.5789954	379.310985	0.028145	0.276101	0.014522	0.284919	0.029044	0.97
0.208599287	2.6063209	403.943721	0.028720	0.281747	0.008900	0.174618	0.017800	1.61
0.200369063	2.7048166	506.776698	0.034795	0.341342	0.009763	0.191540	0.019525	1.78
0.200200071	2.6621996	459.409150	0.032967	0.323408	0.014938	0.293074	0.029875	1.10
0.20064398	2.6454353	442.013299	0.029261	0.287053	0.007840	0.153821	0.015680	1.87
0.199101091	2.7113052	514.405065	0.032881	0.322560	0.010228	0.200676	0.020456	1.61
0.20409318	2.6380665	434.576735	0.031324	0.307291	0.004053	0.079522	0.008106	3.86
0.212589124	2.5488924	353.909651	0.024816	0.243446	0.002959	0.058063	0.005919	4.19
0.206075449	2.5655229	367.724790	0.026638	0.261319	0.006900	0.135378	0.013800	1.93
0.20057018	2.6352296	431.747221	0.031265	0.306714	0.011790	0.231320	0.023580	1.33
0.199053029	2.6717585	469.632897	0.034929	0.342658	0.009129	0.179103	0.018257	1.91
0.211124684	2.5944111	393.016828	0.027948	0.274172	0.006240	0.122429	0.012480	2.24
0.203082914	2.8079597	642.628143	0.044125	0.432870	0.013494	0.264747	0.026988	1.64
0.204744395	2.6887415	488.361624	0.035045	0.343790	0.011329	0.222267	0.022657	1.55
0.198289505	2.7634852	580.076356	0.038749	0.380129	0.009370	0.183839	0.018740	2.07
0.202937325	2.5728708	373.999302	0.023981	0.235252	0.006600	0.129492	0.013200	1.82
0.206320461	2.6323071	428.851677	0.030929	0.303411	0.003225	0.063275	0.006450	4.80
0.21181281	2.5736872	374.703012	0.026544	0.260396	0.002003	0.039301	0.004006	6.63
0.209473218	2.5570431	360.614420	0.027479	0.269567	0.005900	0.115758	0.011800	2.33
0.206349736	2.6833244	482.307944	0.038527	0.377948	0.005265	0.103299	0.010530	3.66
0.20899495	2.6168363	413.843686	0.032305	0.316908	0.004878	0.095706	0.009756	3.31
0.205164483	2.5889964	388.147162	0.029639	0.290758	0.003840	0.075341	0.007680	3.86
0.205504489	2.6876257	487.108446	0.038871	0.381327	0.005775	0.113306	0.011550	3.37
0.209258109	2.6984220	499.369506	0.038961	0.382205	0.004015	0.078774	0.008030	4.85

Tabela 4.27 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D70 como tamanho representativo do material do leito (primeira mistura - Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (d) (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISAL SUPER. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/w
1	0.029377782	0.16571	0.1285059	0.436063	0.00000868	0.0017	0.022129923	40.792485	2.272299746
2	0.050799262	0.16728	0.1285205	0.437709	0.00000864	0.0014	0.026408192	48.904059	2.194358988
3	0.05007811	0.16337	0.1284770	0.454184	0.00000873	0.0015	0.027140356	49.741775	2.187443941
4	0.032378044	0.15595	0.1284770	0.455915	0.00000873	0.0017	0.023232487	42.579587	2.253167024
5	0.03676129	0.14962	0.1284770	0.458896	0.00000873	0.0020	0.026850743	49.210985	2.1918045
6	0.03893963	0.16098	0.1284770	0.445770	0.00000873	0.0019	0.026935104	49.365597	2.190526916
7	0.041522953	0.146240	0.1283827	0.452681	0.00000893	0.0018	0.027072372	48.505930	2.197709399
8	0.038031428	0.139170	0.1285205	0.459294	0.00000864	0.0020	0.027310664	50.575304	2.180738153
9	0.035695161	0.159380	0.1284770	0.452253	0.00000873	0.0018	0.02510076	46.003684	2.219777594
10	0.028434883	0.162590	0.1284770	0.431269	0.00000873	0.0017	0.02177189	39.902662	2.282321199
11	0.036714491	0.1675	0.1283250	0.432478	0.00000903	0.0017	0.0247394	43.835038	2.240456563
12	0.042151069	0.16174	0.1283250	0.447731	0.00000903	0.0018	0.027276365	48.330215	2.19920156
13	0.045218377	0.15872	0.1282742	0.468599	0.00000914	0.0018	0.028251381	49.455371	2.189787907
14	0.031782411	0.15476	0.1282523	0.459499	0.0000092	0.0017	0.023017801	40.030958	2.280854848
15	0.0334873	0.13035	0.1282742	0.526766	0.00000914	0.0021	0.026260057	45.969465	2.220092149
16	0.034394274	0.15123	0.1283250	0.474509	0.00000903	0.0019	0.025314294	44.853677	2.230550986
17	0.037550351	0.1419	0.1283250	0.470754	0.00000903	0.0022	0.028461926	50.430877	2.181887929
18	0.040966686	0.14889	0.1283250	0.430654	0.00000903	0.0017	0.026132793	46.303951	2.217032817
19	0.034888253	0.1574	0.1282742	0.458196	0.00000914	0.0018	0.02481543	43.440578	2.244388733
20	0.030377813	0.15853	0.1283250	0.446855	0.00000903	0.0017	0.022503427	39.873181	2.28265919
21	0.034812029	0.1701	0.1283250	0.447972	0.00000903	0.0016	0.02337064	41.409772	2.265545851
22	0.034351369	0.1634	0.1283250	0.488862	0.00000903	0.0018	0.024623751	43.630124	2.242492366
23	0.033283765	0.1672	0.1283250	0.466866	0.00000903	0.0017	0.023555191	41.736772	2.262031265
24	0.037884085	0.1721	0.1283250	0.443696	0.00000903	0.0017	0.025130366	44.527780	2.233681954
25	0.035361567	0.1628	0.1283250	0.490172	0.00000903	0.0018	0.024983193	44.267009	2.236212875
26	0.028047046	0.1643	0.1283250	0.474863	0.00000903	0.0020	0.023453329	41.556287	2.263965789

Tabela 4.27 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇ (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.292003868	2.6270474	423.689220	0.030616	0.300341	0.015416	0.302455	0.030831	0.99
0.282020126	2.2555441	180.112610	0.013188	0.129373	0.007250	0.142245	0.014500	0.91
0.28103624	2.3234652	210.603322	0.015627	0.153299	0.014522	0.284919	0.029044	0.54
0.289480145	2.3458627	221.749530	0.015766	0.154668	0.008900	0.174618	0.017800	0.89
0.281596472	2.4458711	279.171535	0.019168	0.188037	0.009763	0.191540	0.019525	0.98
0.281432332	2.3957436	248.738837	0.017850	0.175104	0.014938	0.293074	0.029875	0.60
0.282147902	2.3817439	240.848467	0.015944	0.156412	0.007840	0.153821	0.015680	1.02
0.28026957	2.4543101	284.649313	0.018195	0.178491	0.010228	0.200676	0.020456	0.89
0.285190371	2.3755822	237.455480	0.017116	0.167906	0.004053	0.079522	0.008106	2.11
0.293225786	2.2665104	184.718515	0.012952	0.127064	0.002959	0.058063	0.005919	2.19
0.287506609	2.2833434	192.018646	0.013910	0.136455	0.006900	0.135378	0.013800	1.01
0.282212561	2.3667019	232.649360	0.016848	0.165274	0.011790	0.231320	0.023580	0.71
0.280893392	2.4154783	260.302493	0.019360	0.189924	0.009129	0.179103	0.018257	1.06
0.292524955	2.3285183	213.068031	0.015152	0.148638	0.006240	0.122429	0.012480	1.21
0.284780645	2.5733317	374.396424	0.025708	0.252191	0.013494	0.264747	0.026988	0.95
0.286235476	2.4342357	271.791375	0.019504	0.191332	0.011329	0.222267	0.022657	0.86
0.279990789	2.5061004	320.701079	0.021423	0.210158	0.009370	0.183839	0.018740	1.14
0.284500757	2.2908856	195.382454	0.012528	0.122899	0.006600	0.129492	0.013200	0.95
0.287897271	2.3669301	232.771647	0.016787	0.164685	0.003225	0.063275	0.006450	2.60
0.292922262	2.3006299	199.815835	0.014155	0.138860	0.002003	0.039301	0.004006	3.53
0.290726192	2.2874269	193.832651	0.014770	0.144894	0.005900	0.115758	0.011800	1.25
0.287767854	2.4371128	273.597910	0.021855	0.214398	0.005265	0.103299	0.010530	2.08
0.290275183	2.3590225	228.571705	0.017842	0.175033	0.004878	0.095706	0.009756	1.83
0.286637258	2.3166167	207.308298	0.015830	0.155293	0.003840	0.075341	0.007680	2.06
0.286962038	2.4422684	276.865223	0.022094	0.216741	0.005775	0.113306	0.011550	1.91
0.290523431	2.4413668	276.291029	0.021556	0.211467	0.004015	0.078774	0.008030	2.68

Tabela 4.28 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura -Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISAL SUPER. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/w
27	0.050710919	0.1641	0.0455914	0.452651	0.000000868	0.0023	0.033818988	12.857449	3.042870437
28	0.051624228	0.17	0.0503449	0.424235	0.000000864	0.0014	0.026621759	10.168033	3.299255164
29	0.033987115	0.14824	0.0503449	0.446966	0.000000873	0.0015	0.022358812	8.451785	3.54367789
30	0.031734383	0.14843	0.0504807	0.430728	0.000000873	0.0019	0.024315756	9.191523	3.427361828
31	0.037896377	0.1583	0.0503449	0.441061	0.000000873	0.0020	0.02726213	10.305273	3.283131127
32	0.04609266	0.1721	0.0503449	0.415224	0.000000873	0.0017	0.027719557	10.478183	3.263391105
33	0.032662022	0.158920	0.0503449	0.454500	0.000000893	0.0018	0.02401064	8.872913	3.475105411
34	0.026293209	0.141560	0.0504807	0.484382	0.000000864	0.0018	0.021542891	8.228188	3.582936693
35	0.045858988	0.163240	0.0503449	0.448897	0.000000873	0.0020	0.029989773	11.336340	3.173894622
36	0.032041831	0.151700	0.0503449	0.471193	0.000000873	0.0021	0.025687051	9.709882	3.356249335
37	0.043543199	0.1591	0.0503449	0.465644	0.000000903	0.0019	0.028482815	10.409002	3.271213957
38	0.044103294	0.1687	0.0503449	0.428524	0.000000903	0.0015	0.025469891	9.307934	3.41071903
39	0.030085311	0.1512	0.0503449	0.438175	0.000000914	0.0018	0.023044084	8.320074	3.566546865
40	0.027993717	0.1398	0.0503449	0.457225	0.00000092	0.0020	0.023431022	8.404606	3.551787004
41	0.0358469	0.1541	0.0503449	0.453082	0.000000914	0.0020	0.026514702	9.573142	3.374280244
42	0.03943851	0.1674	0.0503449	0.426977	0.000000903	0.0017	0.025640746	9.370372	3.401959133
43	0.037116252	0.1525	0.0503449	0.474046	0.000000903	0.0021	0.02764634	10.103314	3.307004469
44	0.028218582	0.1421	0.0503449	0.482336	0.000000903	0.0022	0.024673166	9.016772	3.453136718
45	0.037228657	0.1634	0.0503449	0.447417	0.000000914	0.0019	0.026336704	9.508876	3.382928404
46	0.034954896	0.1522	0.0503449	0.469645	0.000000903	0.0020	0.026182731	9.568440	3.374909122
47	0.031976127	0.1655	0.0503449	0.462840	0.000000903	0.0017	0.023087842	8.437417	3.546137743
48	0.033191422	0.1629	0.0504807	0.490117	0.000000903	0.0018	0.024204445	8.845478	3.479375107
49	0.029297253	0.1701	0.0503449	0.458554	0.000000903	0.0019	0.023363408	8.538123	3.529070367
50	0.035176685	0.1722	0.0504807	0.443508	0.000000903	0.0017	0.024215746	8.849608	3.478730647
51	0.030672202	0.163	0.0503449	0.488564	0.000000903	0.0017	0.022612203	8.263596	3.576577462
52	0.034410025	0.1711	0.0504807	0.456108	0.000000903	0.0019	0.02532009	9.253189	3.418494581

Tabela 4.28 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇ (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.138728692	2.8704573	742.091272	0.055123	0.540752	0.004350	0.085347	0.008700	6.34
0.166100819	2.4938605	311.788813	0.022486	0.220590	0.004106	0.080565	0.008213	2.74
0.178406267	2.5255346	335.378038	0.022222	0.217994	0.004288	0.084121	0.008575	2.59
0.173015575	2.6260474	422.714745	0.027025	0.265119	0.005184	0.101717	0.010369	2.61
0.165289055	2.6932873	493.500203	0.034456	0.338015	0.004639	0.091023	0.009279	3.71
0.164295244	2.5739054	374.891366	0.026790	0.262807	0.004475	0.087800	0.008950	2.99
0.174953989	2.6337348	430.263828	0.031078	0.304871	0.006591	0.129308	0.013181	2.36
0.180869101	2.6720834	469.984323	0.032226	0.316141	0.006050	0.118701	0.012100	2.66
0.159789549	2.7237948	529.413263	0.038794	0.380572	0.003922	0.076947	0.007844	4.95
0.168970187	2.7551149	569.003423	0.040672	0.398996	0.005128	0.100614	0.010256	3.97
0.164689086	2.7065557	508.810115	0.037695	0.369785	0.005522	0.108339	0.011044	3.41
0.171712461	2.5081680	322.231486	0.023295	0.228522	0.004575	0.089762	0.009150	2.55
0.179557604	2.5872235	386.565854	0.025611	0.251242	0.005922	0.116187	0.011844	2.16
0.17881452	2.6741010	472.172800	0.030181	0.296078	0.007675	0.150584	0.015350	1.97
0.169877952	2.6933396	493.559555	0.034460	0.338056	0.005250	0.103005	0.010500	3.28
0.171271444	2.5666979	368.721064	0.026355	0.258540	0.006181	0.121276	0.012363	2.13
0.166490957	2.7616111	577.578661	0.041754	0.409610	0.008644	0.169590	0.017288	2.42
0.173847977	2.7773584	598.905677	0.041049	0.402691	0.010125	0.198653	0.020250	2.03
0.170313343	2.6578977	454.880897	0.033255	0.326236	0.008075	0.158432	0.016150	2.06
0.169909613	2.7220681	527.312535	0.037692	0.369761	0.007869	0.154385	0.015738	2.40
0.178530108	2.6084831	405.959889	0.031097	0.305057	0.005488	0.107665	0.010975	2.83
0.175641241	2.6877151	487.208751	0.038899	0.381597	0.004790	0.093980	0.009580	4.06
0.177670852	2.6574797	454.443291	0.035447	0.347731	0.004500	0.088290	0.009000	3.94
0.175608708	2.5828655	382.706234	0.029228	0.286727	0.003550	0.069651	0.007100	4.12
0.180062594	2.6465607	443.160199	0.035292	0.346210	0.004003	0.078539	0.008006	4.41
0.17256795	2.6674279	464.973183	0.036287	0.355971	0.004300	0.084366	0.008600	4.22

Tabela 4.29 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura -Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISAL SUPER. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/w
27	0.050710919	0.1641	0.0503449	0.452651	0.000000868	0.0023	0.033818988	14.415928	2.571101732
28	0.051624228	0.17	0.0503449	0.424235	0.000000864	0.0014	0.026621759	11.400522	3.167711892
29	0.033987115	0.14824	0.0503449	0.446966	0.000000873	0.0015	0.022358812	9.476243	3.387363353
30	0.031734383	0.14843	0.0504807	0.430728	0.000000873	0.0019	0.024315756	10.305647	3.283087725
31	0.037896377	0.1583	0.0503449	0.441061	0.000000873	0.0020	0.02726213	11.554397	3.153150645
32	0.04609266	0.1721	0.0503449	0.415224	0.000000873	0.0017	0.027719557	11.748266	3.135311803
33	0.032662022	0.158920	0.0503449	0.454500	0.000000893	0.0018	0.02401064	9.948417	3.325944383
34	0.026293209	0.141560	0.0504807	0.484382	0.000000864	0.0018	0.021542891	9.225544	3.422455438
35	0.045858988	0.163240	0.0503449	0.448897	0.000000873	0.0020	0.029989773	12.710442	3.054267577
36	0.032041831	0.151700	0.0503449	0.471193	0.000000873	0.0021	0.025687051	10.886837	3.219111023
37	0.043543199	0.1591	0.0503449	0.465644	0.000000903	0.0019	0.028482815	11.670699	3.142382821
38	0.044103294	0.1687	0.0503449	0.428524	0.000000903	0.0015	0.025469891	10.436168	3.26813032
39	0.030085311	0.1512	0.0503449	0.438175	0.000000914	0.0018	0.023044084	9.328568	3.407811433
40	0.027993717	0.1398	0.0503449	0.457225	0.00000092	0.0020	0.023431022	9.423346	3.394616052
41	0.0358469	0.1541	0.0503449	0.453082	0.000000914	0.0020	0.026514702	10.733523	3.235348856
42	0.03943851	0.1674	0.0503449	0.426977	0.000000903	0.0017	0.025640746	10.506175	3.260253756
43	0.037116252	0.1525	0.0503449	0.474046	0.000000903	0.0021	0.02764634	11.327958	3.174706957
44	0.028218582	0.1421	0.0503449	0.482336	0.000000903	0.0022	0.024673166	10.109714	3.306233927
45	0.037228657	0.1634	0.0503449	0.447417	0.000000914	0.0019	0.026336704	10.661467	3.243133086
46	0.034954896	0.1522	0.0503449	0.469645	0.000000903	0.0020	0.026182731	10.728251	3.235914996
47	0.031976127	0.1655	0.0503449	0.462840	0.000000903	0.0017	0.023087842	9.460134	3.389563651
48	0.033191422	0.1629	0.0504807	0.490117	0.000000903	0.0018	0.024204445	9.917657	3.329773291
49	0.029297253	0.1701	0.0503449	0.458554	0.000000903	0.0019	0.023363408	9.573047	3.374292968
50	0.035176685	0.1722	0.0504807	0.443508	0.000000903	0.0017	0.024215746	9.922288	3.329195402
51	0.030672202	0.163	0.0503449	0.488564	0.000000903	0.0017	0.022612203	9.265244	3.416774655
52	0.034410025	0.1711	0.0504807	0.456108	0.000000903	0.0019	0.02532009	10.374788	3.275119619

Tabela 4.29 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇ (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.129441974	2.8735210	747.344756	0.055513	0.544580	0.004350	0.085347	0.008700	6.38
0.15947828	2.5349645	342.739801	0.024718	0.242487	0.004106	0.080565	0.008213	3.01
0.17053662	2.5676827	369.558114	0.024486	0.240211	0.004288	0.084121	0.008575	2.86
0.165732519	2.6658659	463.303828	0.029620	0.290576	0.005184	0.101717	0.010369	2.86
0.158745195	2.7297666	536.743309	0.037475	0.367634	0.004639	0.091023	0.009279	4.04
0.157847099	2.6135095	410.685579	0.029348	0.287900	0.004475	0.087800	0.008950	3.28
0.167444486	2.6727181	470.671755	0.033996	0.333503	0.006591	0.129308	0.013181	2.58
0.172767897	2.7103929	513.325627	0.035198	0.345295	0.006050	0.118701	0.012100	2.91
0.153766932	2.7583936	573.315437	0.042011	0.412132	0.003922	0.076947	0.007844	5.36
0.162065966	2.7900517	616.668386	0.044079	0.432420	0.005128	0.100614	0.010256	4.30
0.158203089	2.7417162	551.716836	0.040873	0.400968	0.005522	0.108339	0.011044	3.70
0.16453384	2.5499257	354.752660	0.025646	0.251585	0.004575	0.089762	0.009150	2.80
0.171566078	2.6288850	425.485728	0.028189	0.276537	0.005922	0.116187	0.011844	2.38
0.170901757	2.7130162	516.435578	0.033011	0.323834	0.007675	0.150584	0.015350	2.15
0.162883459	2.7301574	537.226486	0.037509	0.367965	0.005250	0.103005	0.010500	3.57
0.164137295	2.6073520	404.903981	0.028941	0.283910	0.006181	0.121276	0.012363	2.34
0.159830446	2.7957929	624.874596	0.045173	0.443151	0.008644	0.169590	0.017288	2.61
0.166452164	2.8123457	649.151029	0.044493	0.436474	0.010125	0.198653	0.020250	2.20
0.163275356	2.6956926	496.240963	0.036279	0.355899	0.008075	0.158432	0.016150	2.25
0.162911961	2.7577664	572.488032	0.040921	0.401439	0.007869	0.154385	0.015738	2.60
0.170647394	2.6483109	444.949729	0.034083	0.334356	0.005488	0.107665	0.010975	3.11
0.168089239	2.7243756	530.121666	0.042325	0.415207	0.004790	0.093980	0.009580	4.42
0.169878593	2.6964200	497.072777	0.038772	0.380350	0.004500	0.088290	0.009000	4.31
0.168060067	2.6233654	420.112290	0.032085	0.314752	0.003550	0.069651	0.007100	4.52
0.172017331	2.6849365	484.101549	0.038552	0.378194	0.004003	0.078539	0.008006	4.82
0.165330284	2.7051476	507.163080	0.039579	0.388270	0.004300	0.084366	0.008600	4.60

uação de Yang (1973) utili do D70 como
 -Dunas)

ID. (U)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DE L. EN E RG.	VID. RG.	VELOCID. CISAL SUPER. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO U _{cr} /w
551	0.000000868	0	23	0.033818988	42.858164	1.995849341
235	0.000000864	0	14	0.026621759	33.893443	2.360546437
966	0.000000873	0	15	0.022358812	28.172616	2.458784811
728	0.000000873	0	19	0.024315756	30.638409	2.41282845
061	0.000000873	0	20	0.02726213	34.350909	2.353837824
224	0.000000873	0	17	0.027719557	34.927277	2.345584847
500	0.000000893	0	18	0.02401064	29.576376	2.431862174
382	0.000000864	0	18	0.021542891	27.427292	2.473982699
897	0.000000873	0	20	0.029989773	37.787801	2.307607565
193	0.000000873	0	21	0.025687051	32.366273	2.384027716
644	0.000000903	0	19	0.028482815	34.696674	2.348860725
524	0.000000903	0	15	0.025469891	31.026445	2.406136822
175	0.000000914	0	18	0.023044084	27.733580	2.467656734
225	0.00000092	0	20	0.023431022	28.015352	2.461936759
082	0.000000914	0	20	0.026514702	31.910472	2.391381994
977	0.000000903	0	17	0.025640746	31.234574	2.402602806
046	0.000000903	0	21	0.02764634	33.677712	2.363760273
336	0.000000903	0	22	0.024673166	30.055905	2.423133815
417	0.000000914	0	19	0.026336704	31.696252	2.394896783
645	0.000000903	0	20	0.026182731	31.894800	2.391637856
840	0.000000903	0	17	0.023087842	28.124724	2.45974164
117	0.000000903	0	18	0.024204445	29.484927	2.433552706
554	0.000000903	0	19	0.023363408	28.460409	2.453090122
508	0.000000903	0	17	0.024215746	29.498694	2.433297662
564	0.000000903	0	17	0.022612203	27.545320	2.471531431
108	0.000000903	0	19	0.02532009	30.843963	2.409266842

Tabela 4.30 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D70 como tamanho representativo do material do leito (segunda mistura -Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VELOCID. CISAL SUPER. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/w
27	0.050710919	0.1641	0.114745	0.452651	0.000000868	0.0023	0.033818988	42.858164	1.995849341
28	0.051624228	0.17	0.114763	0.424235	0.000000864	0.0014	0.026621759	33.893443	2.360546437
29	0.033987115	0.14824	0.114723	0.446966	0.000000873	0.0015	0.022358812	28.172616	2.458784811
30	0.031734383	0.14843	0.114742	0.430728	0.000000873	0.0019	0.024315756	30.638409	2.41282845
31	0.037896377	0.1583	0.114723	0.441061	0.000000873	0.0020	0.02726213	34.350909	2.353837824
32	0.04609266	0.1721	0.114723	0.415224	0.000000873	0.0017	0.027719557	34.927277	2.345584847
33	0.032662022	0.158920	0.114634	0.454500	0.000000893	0.0018	0.02401064	29.576376	2.431862174
34	0.026293209	0.141560	0.114782	0.484382	0.000000864	0.0018	0.021542891	27.427292	2.473982699
35	0.045858988	0.163240	0.114723	0.448897	0.000000873	0.0020	0.029989773	37.787801	2.307607565
36	0.032041831	0.151700	0.114723	0.471193	0.000000873	0.0021	0.025687051	32.366273	2.384027716
37	0.043543199	0.1591	0.114589	0.465644	0.000000903	0.0019	0.028482815	34.696674	2.348860725
38	0.044103294	0.1687	0.114589	0.428524	0.000000903	0.0015	0.025469891	31.026445	2.406136822
39	0.030085311	0.1512	0.114540	0.438175	0.000000914	0.0018	0.023044084	27.733580	2.467656734
40	0.027993717	0.1398	0.114513	0.457225	0.00000092	0.0020	0.023431022	28.015352	2.461936759
41	0.0358469	0.1541	0.114540	0.453082	0.000000914	0.0020	0.026514702	31.910472	2.391381994
42	0.03943851	0.1674	0.114589	0.426977	0.000000903	0.0017	0.025640746	31.234574	2.402602806
43	0.037116252	0.1525	0.114589	0.474046	0.000000903	0.0021	0.02764634	33.677712	2.363760273
44	0.028218582	0.1421	0.114589	0.482336	0.000000903	0.0022	0.024673166	30.055905	2.423133815
45	0.037228657	0.1634	0.114540	0.447417	0.000000914	0.0019	0.026336704	31.696252	2.394896783
46	0.034954896	0.1522	0.114589	0.469645	0.000000903	0.0020	0.026182731	31.894800	2.391637856
47	0.031976127	0.1655	0.114589	0.462840	0.000000903	0.0017	0.023087842	28.124724	2.45974164
48	0.033191422	0.1629	0.114608	0.490117	0.000000903	0.0018	0.024204445	29.484927	2.433552706
49	0.029297253	0.1701	0.114589	0.458554	0.000000903	0.0019	0.023363408	28.460409	2.453090122
50	0.035176685	0.1722	0.114608	0.443508	0.000000903	0.0017	0.024215746	29.498694	2.433297662
51	0.030672202	0.163	0.114589	0.488564	0.000000903	0.0017	0.022612203	27.545320	2.471531431
52	0.034410025	0.1711	0.114608	0.456108	0.000000903	0.0019	0.02532009	30.843963	2.409266842

Tabela 4.30 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇÃO (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MÉDIO(kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MÉDIO(N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MÉDIO. (kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MÉDIO.
0.229013976	2.7984568	628.719340	0.046701	0.458139	0.004350	0.085347	0.008700	5.37
0.270903301	2.4706966	295.594660	0.021318	0.209132	0.004106	0.080565	0.008213	2.60
0.282078741	2.5034746	318.767909	0.021121	0.207197	0.004288	0.084121	0.008575	2.46
0.276852519	2.5701648	371.676280	0.023762	0.233109	0.005184	0.101717	0.010369	2.29
0.270038926	2.6353164	431.833523	0.030151	0.295778	0.004639	0.091023	0.009279	3.25
0.269092121	2.5228110	333.281342	0.023816	0.233638	0.004475	0.087800	0.008950	2.66
0.278773324	2.5901968	389.221489	0.028113	0.275790	0.006591	0.129308	0.013181	2.13
0.283968771	2.6411677	437.691094	0.030012	0.294418	0.006050	0.118701	0.012100	2.48
0.26473526	2.6694560	467.149594	0.034232	0.335814	0.003922	0.076947	0.007844	4.36
0.273502396	2.7001246	501.331037	0.035835	0.351543	0.005128	0.100614	0.010256	3.49
0.269153937	2.6593781	456.434153	0.033814	0.331720	0.005522	0.108339	0.011044	3.06
0.275717155	2.4746005	298.263749	0.021562	0.211524	0.004575	0.089762	0.009150	2.36
0.282645812	2.5350956	342.843236	0.022714	0.222825	0.005922	0.116187	0.011844	1.92
0.281924898	2.6163058	413.338475	0.026421	0.259186	0.007675	0.150584	0.015350	1.72
0.27390929	2.6352298	431.747437	0.030145	0.295719	0.005250	0.103005	0.010500	2.87
0.275312196	2.5176725	329.361245	0.023541	0.230941	0.006181	0.121276	0.012363	1.90
0.270861263	2.7049342	506.913925	0.036646	0.359496	0.008644	0.169590	0.017288	2.12
0.277664826	2.7164960	520.590220	0.035681	0.350033	0.010125	0.198653	0.020250	1.76
0.274311875	2.6037435	401.553560	0.029357	0.287990	0.008075	0.158432	0.016150	1.82
0.274055731	2.6697092	467.422072	0.033411	0.327765	0.007869	0.154385	0.015738	2.12
0.281859686	2.5736814	374.698005	0.028702	0.281565	0.005488	0.107665	0.010975	2.62
0.278905133	2.6538605	450.671921	0.035982	0.352980	0.004790	0.093980	0.009580	3.76
0.281097494	2.6078364	405.355843	0.031618	0.310170	0.004500	0.088290	0.009000	3.51
0.278875903	2.5427632	348.949967	0.026650	0.261437	0.003550	0.069651	0.007100	3.75
0.283210668	2.6183082	415.248575	0.033069	0.324404	0.004003	0.078539	0.008006	4.13
0.276121774	2.6187029	415.626195	0.032435	0.318192	0.004300	0.084366	0.008600	3.77

Tabela 4.31 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura -Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VEL. CISAL SUPERF. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/w
63	0.035377839	0.1501	0.0608784	0.469554	0.000000893	0.0020	0.026340656	13.863503	2.970807295
64	0.034526831	0.1385	0.0607596	0.461805	0.000000903	0.0022	0.027292018	14.205148	2.948443149
65	0.033195829	0.1456	0.0608784	0.493104	0.000000893	0.0020	0.025515419	13.429168	3.000716353
66	0.034155628	0.1523	0.0609809	0.473565	0.000000884	0.0019	0.025226319	13.412183	3.001921529
67	0.035983402	0.1603	0.0608784	0.414298	0.000000893	0.0018	0.025201901	13.264159	3.01254328
68	0.03644094	0.1532	0.0608784	0.464413	0.000000893	0.0020	0.026733494	14.070260	2.957156223
69	0.032317265	0.161100	0.0609809	0.447176	0.000000884	0.0018	0.023883584	12.698285	3.055220855
70	0.030467496	0.149500	0.0608784	0.458408	0.000000893	0.0019	0.023825451	12.539711	3.067810881
71	0.036095026	0.140200	0.0608784	0.530756	0.000000893	0.0023	0.028532087	15.016888	2.898979855
72	0.03666027	0.154200	0.0608784	0.474112	0.000000893	0.0020	0.026813825	14.112539	2.954409088
73	0.031809989	0.1538	0.0609809	0.458336	0.000000884	0.0019	0.024344704	12.943451	3.036312692
74	0.028320901	0.1423	0.0608784	0.449473	0.000000893	0.0019	0.022970808	12.089899	3.105172689
75	0.036130017	0.1448	0.0608784	0.496989	0.000000893	0.0022	0.027918454	14.693923	2.918074895
76	0.031769196	0.153	0.0608784	0.471399	0.000000893	0.0018	0.023680197	12.463262	3.073985567
77	0.036016895	0.1601	0.0609809	0.415815	0.000000884	0.0018	0.025213627	13.405435	3.002401092
78	0.033267164	0.1501	0.0608784	0.474004	0.000000893	0.0019	0.024896061	13.103190	3.024341118
79	0.035570746	0.1595	0.0609809	0.452188	0.000000884	0.0018	0.025056977	13.322149	3.008356577
80	0.033403129	0.148	0.0608784	0.464135	0.000000893	0.0019	0.024946885	13.129939	3.022362341
81	0.035375588	0.1458	0.0609809	0.510370	0.000000884	0.0022	0.027625435	14.687731	2.918448311
82	0.0350901	0.152	0.0608784	0.480974	0.000000893	0.0019	0.026233319	13.807010	2.974601262
83	0.03502017	0.1512	0.0609809	0.501852	0.000000884	0.0020	0.026207166	13.933674	2.966133378
84	0.0356894	0.1588	0.0608784	0.503552	0.000000893	0.0019	0.025786498	13.571841	2.990700769
85	0.032343206	0.1549	0.0609809	0.503577	0.000000884	0.0019	0.024547896	13.051483	3.028187009
86	0.036338395	0.1601	0.0608784	0.477027	0.000000893	0.0019	0.026019899	13.694684	2.982228719
87	0.036487992	0.1521	0.0608784	0.526759	0.000000893	0.0021	0.02741136	14.427031	2.93442901
88	0.035090095	0.157	0.0608784	0.496841	0.000000893	0.0019	0.025569075	13.457408	2.99871865

Tabela 4.31 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇ (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.180857895	2.7284047	535.062732	0.037711	0.369947	0.012091	0.237218	0.024181	1.56
0.179146295	2.7621394	578.281696	0.036987	0.362841	0.013281	0.260578	0.026563	1.39
0.18267871	2.7585008	573.456968	0.041172	0.403897	0.007603	0.149173	0.015206	2.71
0.183059864	2.7068699	509.178309	0.036724	0.360262	0.007397	0.145127	0.014794	2.48
0.183398714	2.5775592	378.058630	0.025108	0.246306	0.008425	0.165299	0.016850	1.49
0.18002684	2.7228570	528.271238	0.037585	0.368713	0.008013	0.157205	0.016025	2.35
0.186310105	2.6299123	426.493428	0.030725	0.301408	0.007234	0.141938	0.014469	2.12
0.186763315	2.6703639	468.127194	0.032082	0.314721	0.008047	0.157880	0.016094	1.99
0.176485158	2.8868067	770.560422	0.057339	0.562495	0.006169	0.121031	0.012338	4.65
0.179859599	2.7382747	547.362083	0.040017	0.392562	0.006116	0.119989	0.012231	3.27
0.185157068	2.6765395	474.831491	0.033472	0.328359	0.006280	0.123214	0.012560	2.66
0.189037841	2.6485276	445.171786	0.028473	0.279322	0.007710	0.151270	0.015420	1.85
0.177647633	2.8198642	660.486895	0.047531	0.466282	0.006190	0.121448	0.012380	3.84
0.18713922	2.6659802	463.425769	0.033424	0.327891	0.008225	0.161375	0.016450	2.03
0.183089108	2.5832990	383.088392	0.025503	0.250184	0.005028	0.098649	0.010056	2.54
0.184116947	2.7029757	504.633035	0.035904	0.352215	0.006360	0.124783	0.012720	2.82
0.183452279	2.6472110	443.824181	0.032010	0.314022	0.006510	0.127726	0.013020	2.46
0.183996482	2.6877616	487.260977	0.033471	0.328350	0.005540	0.108695	0.011080	3.02
0.177969593	2.8386082	689.617345	0.051316	0.503408	0.007510	0.147346	0.015020	3.42
0.181088865	2.7221677	527.433448	0.038560	0.378270	0.005800	0.113796	0.011600	3.32
0.180877471	2.7771448	598.611175	0.045423	0.445596	0.008150	0.159903	0.016300	2.79
0.182068977	2.7519604	564.885475	0.045171	0.443123	0.005590	0.109676	0.011180	4.04
0.184661557	2.7467415	558.137906	0.043537	0.427098	0.007850	0.154017	0.015700	2.77
0.181553213	2.7149144	518.697845	0.039614	0.388613	0.005840	0.114581	0.011680	3.39
0.178643244	2.8362434	685.872579	0.054952	0.539080	0.007050	0.138321	0.014100	3.90
0.182557093	2.7412079	551.071410	0.042986	0.421690	0.010500	0.206010	0.021000	2.05

Tabela 4.32 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D_{50} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura -Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VEL. CISAL SUPERF. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/w
63	0.035377839	0.1501	0.1283827	0.469554	0.000000893	0.0020	0.026340656	47.194905	2.209047379
64	0.034526831	0.1385	0.1283250	0.461805	0.000000903	0.0022	0.027292018	48.357950	2.198965487
65	0.033195829	0.1456	0.1283827	0.493104	0.000000893	0.0020	0.025515419	45.716316	2.222430445
66	0.034155628	0.1523	0.1284262	0.473565	0.000000884	0.0019	0.025226319	45.658496	2.222967329
67	0.035983402	0.1603	0.1283827	0.414298	0.000000893	0.0018	0.025201901	45.154582	2.227691184
68	0.03644094	0.1532	0.1283827	0.464413	0.000000893	0.0020	0.026733494	47.898758	2.202901058
69	0.032317265	0.161100	0.1284262	0.447176	0.000000884	0.0018	0.023883584	43.228206	2.24652876
70	0.030467496	0.149500	0.1283827	0.458408	0.000000893	0.0019	0.023825451	42.688378	2.252042691
71	0.036095026	0.140200	0.1283827	0.530756	0.000000893	0.0023	0.028532087	51.121321	2.176436288
72	0.03666027	0.154200	0.1283827	0.474112	0.000000893	0.0020	0.026813825	48.042687	2.201661275
73	0.031809989	0.1538	0.1284262	0.458336	0.000000884	0.0019	0.024344704	44.062813	2.23821087
74	0.028320901	0.1423	0.1283827	0.449473	0.000000893	0.0019	0.022970808	41.157103	2.26829127
75	0.036130017	0.1448	0.1283827	0.496989	0.000000893	0.0022	0.027918454	50.021867	2.185171529
76	0.031769196	0.153	0.1283827	0.471399	0.000000893	0.0018	0.023680197	42.428124	2.254739824
77	0.036016895	0.1601	0.1284262	0.415815	0.000000884	0.0018	0.025213627	45.635525	2.223180914
78	0.033267164	0.1501	0.1283827	0.474004	0.000000893	0.0019	0.024896061	44.606604	2.232921431
79	0.035570746	0.1595	0.1284262	0.452188	0.000000884	0.0018	0.025056977	45.351995	2.225830914
80	0.033403129	0.148	0.1283827	0.464135	0.000000893	0.0019	0.024946885	44.697666	2.232045414
81	0.035375588	0.1458	0.1284262	0.510370	0.000000884	0.0022	0.027625435	50.000787	2.185341874
82	0.0350901	0.152	0.1283827	0.480974	0.000000893	0.0019	0.026233319	47.002588	2.210751344
83	0.03502017	0.1512	0.1284262	0.501852	0.000000884	0.0020	0.026207166	47.433785	2.20694567
84	0.0356894	0.1588	0.1283827	0.503552	0.000000893	0.0019	0.025786498	46.202012	2.217961568
85	0.032343206	0.1549	0.1284262	0.503577	0.000000884	0.0019	0.024547896	44.430582	2.234622627
86	0.036338395	0.1601	0.1283827	0.477027	0.000000893	0.0019	0.026019899	46.620200	2.214171451
87	0.036487992	0.1521	0.1283827	0.526759	0.000000893	0.0021	0.02741136	49.113298	2.192614872
88	0.035090095	0.157	0.1283827	0.496841	0.000000893	0.0019	0.025569075	45.812452	2.221540101

Tabela 4.32 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇÃO (massa/vol)-C (ng/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (kg/m/s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Nm.s)	TAXA TOTAL TRANSP. MÉDIO(kg/s)	TAXA TOTAL TRANSP. MÉDIO(Nm.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MÉDIO. (kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MÉDIO.
0.283603503	2.7657369	583.091817	0.041096	0.403155	0.012091	0.237218	0.024181	1.70
0.282182267	2.7843744	608.659440	0.038930	0.381902	0.0133281	0.260578	0.026563	1.47
0.285321657	2.7997417	630.582246	0.045273	0.444131	0.007603	0.149173	0.015206	2.98
0.285487241	2.7530802	566.343855	0.040847	0.400709	0.007397	0.145127	0.014794	2.76
0.285997045	2.6072403	404.799824	0.026884	0.263728	0.008425	0.165299	0.016850	1.60
0.282814422	2.7590875	574.232139	0.040855	0.400792	0.008013	0.157205	0.016025	2.55
0.288513146	2.6761892	474.448581	0.034179	0.335299	0.007234	0.141938	0.014469	2.36
0.289123358	2.7114850	514.618056	0.035268	0.345977	0.008047	0.157880	0.016094	2.19
0.279416803	2.9139181	820.196766	0.061032	0.598729	0.006169	0.121031	0.012338	4.95
0.282655255	2.7764625	597.671402	0.043695	0.428644	0.006116	0.119989	0.012231	3.57
0.287444911	2.7194250	524.113058	0.036946	0.362438	0.006280	0.123214	0.012560	2.94
0.291209395	2.6869623	486.364937	0.031108	0.305169	0.007710	0.151270	0.015420	2.02
0.280538257	2.8498678	707.730320	0.050931	0.499634	0.006190	0.121448	0.012380	4.11
0.289469623	2.7169704	521.159243	0.037588	0.368739	0.008225	0.161375	0.016450	2.28
0.285514671	2.6159774	413.025989	0.027496	0.269735	0.005028	0.098649	0.010056	2.73
0.286668519	2.7475812	559.218076	0.039787	0.390313	0.006360	0.124783	0.012720	3.13
0.285855001	2.6950011	495.451405	0.035734	0.360550	0.006510	0.127726	0.013020	2.74
0.286556053	2.7302501	537.341139	0.036911	0.362097	0.005540	0.108695	0.011080	3.33
0.280655147	2.8714652	743.815517	0.055349	0.542972	0.007510	0.147346	0.015020	3.69
0.283822263	2.7677945	585.860839	0.042831	0.420173	0.005800	0.113796	0.011600	3.69
0.283429641	2.8208916	662.051303	0.050236	0.492820	0.008150	0.159903	0.016300	3.08
0.284747931	2.8005542	631.763012	0.050518	0.495584	0.005590	0.109676	0.011180	4.52
0.286984087	2.7973049	627.054007	0.048913	0.479834	0.007850	0.154017	0.015700	3.12
0.284261345	2.7599090	575.319314	0.043938	0.431035	0.005840	0.114581	0.011680	3.76
0.281493853	2.8740763	748.300926	0.059964	0.568147	0.007050	0.138321	0.014100	4.25
0.285207353	2.7891442	615.381119	0.048002	0.470901	0.010500	0.206010	0.021000	2.29

Tabela 4.33 - Resultados do transporte total obtidos com a equação de Yang (1973) utilizando D_{70} como tamanho representativo do material do leito (terceira mistura -Dunas)

N	RAIO HIDR. SUP. LEITO (Rb') (m)	PROFUND. MÉDIA (m)	VELOCIDADE DE QUEDA(w) (m/s)	VELOCID. MÉDIA(U) (m/s)	VISCOSID. CINEMÁT. (m ² /s)	DECLIVID. L. ENERG. (S)	VEL. CISAL SUPERF. LEITO Ub'(m/s)	Ub'D ₅₀ /VISC	RELAÇÃO Ucr/w
63	0.035377839	0.1501	0.1407124	0.469554	0.000000893	0.0020	0.026340656	50.144587	2.184182012
64	0.034526831	0.1385	0.1406583	0.461805	0.000000903	0.0022	0.027292018	51.380321	2.174420172
65	0.033195829	0.1456	0.1407124	0.493104	0.000000893	0.0020	0.025515419	48.573586	2.197137079
66	0.034155628	0.1523	0.1407518	0.473565	0.000000884	0.0019	0.025226319	48.512152	2.197656717
67	0.035983402	0.1603	0.1407124	0.414298	0.000000893	0.0018	0.025201901	47.976744	2.202228592
68	0.03644094	0.1532	0.1407124	0.464413	0.000000893	0.0020	0.026733494	50.892430	2.17823105
69	0.032317265	0.161100	0.1407518	0.447176	0.000000884	0.0018	0.023883584	45.929969	2.220455656
70	0.030467496	0.149500	0.1407124	0.458408	0.000000893	0.0019	0.023825451	45.356401	2.225789539
71	0.036095026	0.140200	0.1407124	0.530756	0.000000893	0.0023	0.028532087	54.316404	2.152598794
72	0.03666027	0.154200	0.1407124	0.474112	0.000000893	0.0020	0.026813825	51.045355	2.177030581
73	0.031809989	0.1538	0.1407518	0.458336	0.000000884	0.0019	0.024344704	46.816739	2.21240822
74	0.028320901	0.1423	0.1407124	0.449473	0.000000893	0.0019	0.022970808	43.729422	2.241504007
75	0.036130017	0.1448	0.1407124	0.496989	0.000000893	0.0022	0.027918454	53.148233	2.161060801
76	0.031769196	0.153	0.1407124	0.471399	0.000000893	0.0018	0.023680197	45.079882	2.228398381
77	0.036016895	0.1601	0.1407518	0.415815	0.000000884	0.0018	0.025213627	48.487745	2.197863441
78	0.033267164	0.1501	0.1407124	0.474004	0.000000893	0.0019	0.024896061	47.394517	2.207290044
79	0.035570746	0.1595	0.1407518	0.452188	0.000000884	0.0018	0.025056977	48.186495	2.200428226
80	0.033403129	0.148	0.1407124	0.464135	0.000000893	0.0019	0.024946885	47.491270	2.206442337
81	0.035375588	0.1458	0.1407518	0.510370	0.000000884	0.0022	0.027625435	53.125836	2.161225803
82	0.0350901	0.152	0.1407124	0.480974	0.000000893	0.0019	0.026233319	49.940249	2.185831682
83	0.03502017	0.1512	0.1407518	0.501852	0.000000884	0.0020	0.026207166	50.398397	2.182147191
84	0.0356894	0.1588	0.1407124	0.503552	0.000000893	0.0019	0.025786498	49.089638	2.192811519
85	0.032343206	0.1549	0.1407518	0.503577	0.000000884	0.0019	0.024547896	47.207493	2.208936219
86	0.036338395	0.1601	0.1407124	0.477027	0.000000893	0.0019	0.026019899	49.533963	2.189142637
87	0.036487992	0.1521	0.1407124	0.526759	0.000000893	0.0021	0.02741136	52.182879	2.168270111
88	0.035090095	0.157	0.1407124	0.496841	0.000000893	0.0019	0.025569075	48.675731	2.19627532

Tabela 4.33 - Continuação

VELOC.MÉDIA CRÍTICA - Ucr (m/s)	log C	CONCENTRAÇ (massa/vol)-C (mg/l)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (Kg/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP. CALC. (N/m.s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(Kg/s)	TAXA TOTAL SEDIM. TRANSP. MEDIDO(N/m.s)	TAXA TOTAL TRANSP.MEDID. (Kg/m/s)	RELAÇÃO CALC./MEDID.
0.307341387	2.7372852	546.116338	0.038490	0.377590	0.012091	0.237218	0.024181	1.59
0.305850307	2.7536515	567.089353	0.036271	0.355819	0.013281	0.260578	0.026563	1.37
0.309164325	2.7749091	595.537448	0.042757	0.419448	0.007603	0.149173	0.015206	2.81
0.309324036	2.7255382	531.542712	0.038337	0.376086	0.007397	0.145127	0.014794	2.59
0.309880764	2.5612843	364.153313	0.024184	0.237247	0.008425	0.165299	0.016850	1.44
0.306504013	2.7298391	536.832914	0.038195	0.374689	0.008013	0.157205	0.016025	2.38
0.312533026	2.6417142	438.242254	0.031571	0.309711	0.007234	0.141938	0.014469	2.18
0.31319608	2.6790932	477.631812	0.032733	0.321111	0.008047	0.157880	0.016094	2.03
0.302897238	2.8935066	782.540145	0.058230	0.571240	0.006169	0.121031	0.012338	4.72
0.306335093	2.7491691	561.266442	0.041033	0.402534	0.006116	0.119989	0.012231	3.35
0.311400336	2.6878889	487.403761	0.034358	0.337053	0.006280	0.123214	0.012560	2.74
0.3154073	2.6512216	447.941852	0.028650	0.281060	0.007710	0.151270	0.015420	1.86
0.304087947	2.8258583	669.666147	0.048192	0.472762	0.006190	0.121448	0.012380	3.89
0.313563176	2.6880138	487.543973	0.035164	0.344955	0.008225	0.161375	0.016450	2.14
0.309353132	2.5713620	372.702269	0.024812	0.243401	0.005028	0.098649	0.010056	2.47
0.310592973	2.7195400	524.251903	0.037299	0.365908	0.006360	0.124783	0.012720	2.93
0.30971413	2.6630198	460.277589	0.033197	0.325663	0.006510	0.127726	0.013020	2.55
0.31047369	2.7001650	501.377674	0.034441	0.337863	0.005540	0.108695	0.011080	3.11
0.304196321	2.8493031	706.810673	0.052595	0.515959	0.007510	0.147346	0.015020	3.50
0.307573516	2.7418683	551.910023	0.040349	0.395824	0.005800	0.113796	0.011600	3.48
0.307141043	2.7979585	627.998415	0.047653	0.467471	0.008150	0.159903	0.016300	2.92
0.308555665	2.7778293	599.555435	0.047943	0.470319	0.005590	0.109676	0.011180	4.29
0.310911645	2.7742834	594.680155	0.046387	0.455061	0.007850	0.154017	0.015700	2.95
0.308039408	2.7331596	540.953085	0.041314	0.405287	0.005840	0.114581	0.011680	3.54
0.305102386	2.8537485	714.082623	0.057212	0.561253	0.007050	0.138321	0.014100	4.06
0.309043065	2.7653768	582.608432	0.045446	0.445823	0.010500	0.206010	0.021000	2.16

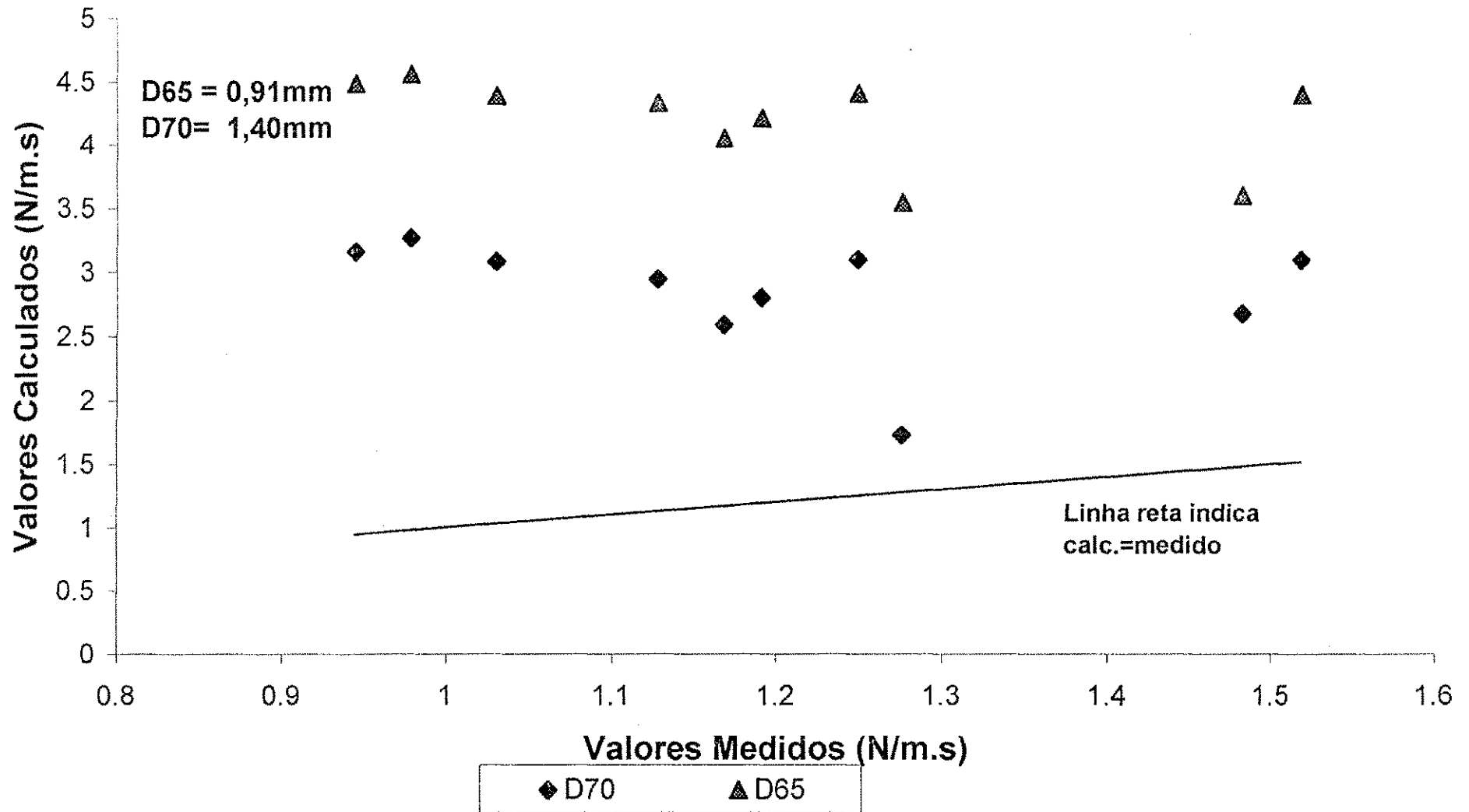


Figura 4.1 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Einstein usando os diâmetros D70 e D65 (segunda mistura - leito plano)

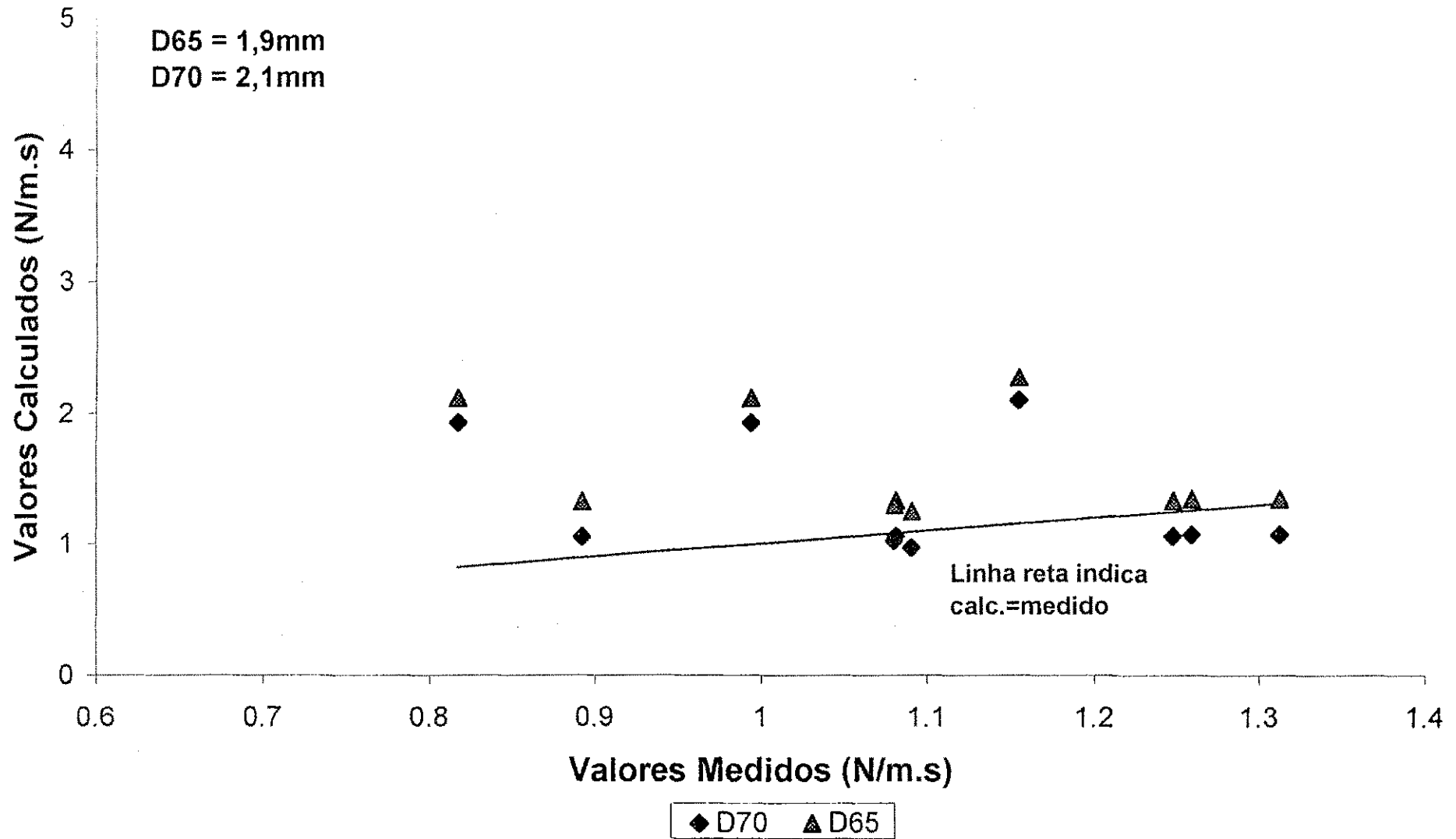


Figura 4.2 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Einstein usando os diâmetros D70 e D65 (terceira mistura - leito plano)

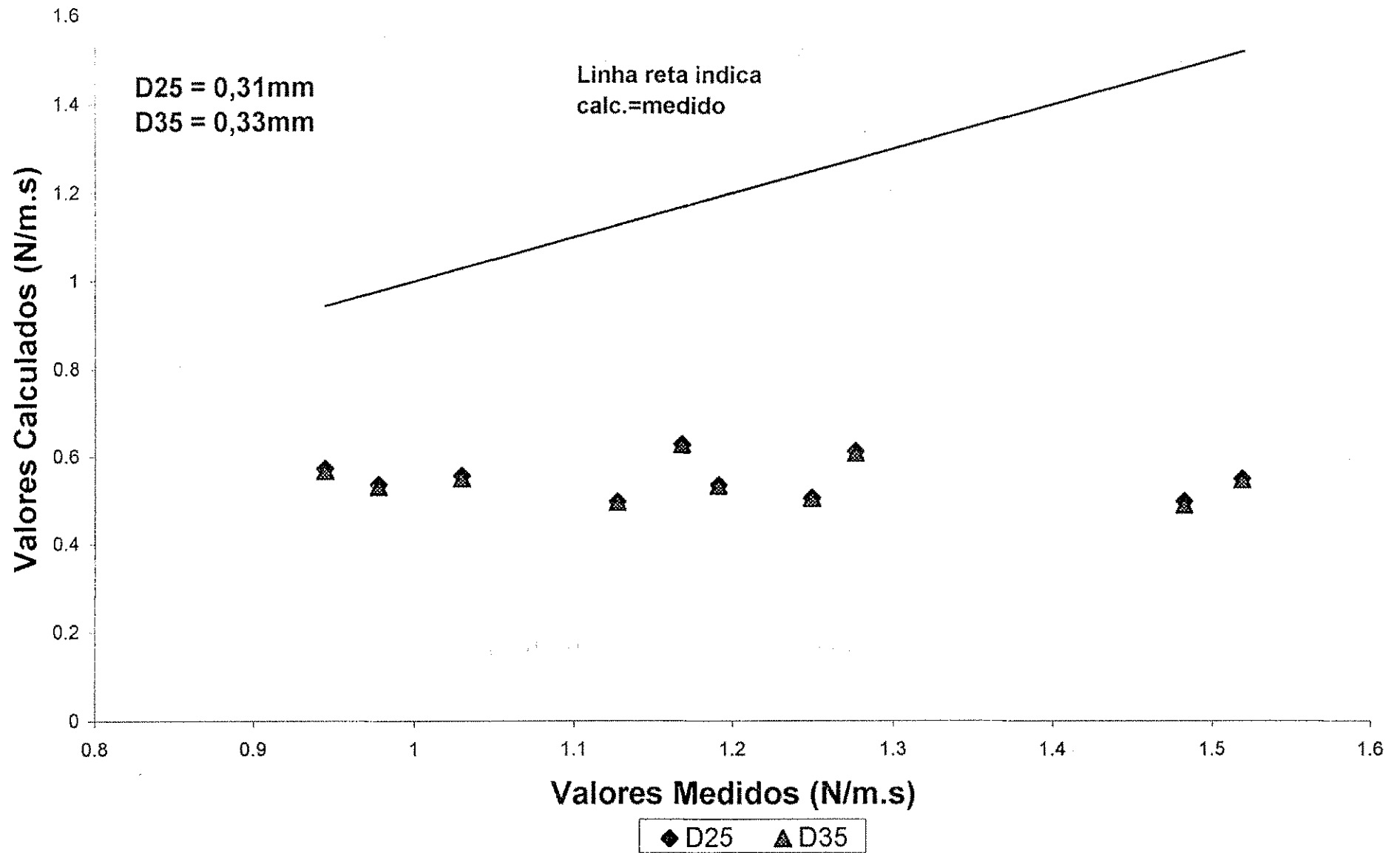


Figura 4.3 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Bagnold usando os diâmetros D25 e D35 (segunda mistura - leito plano)

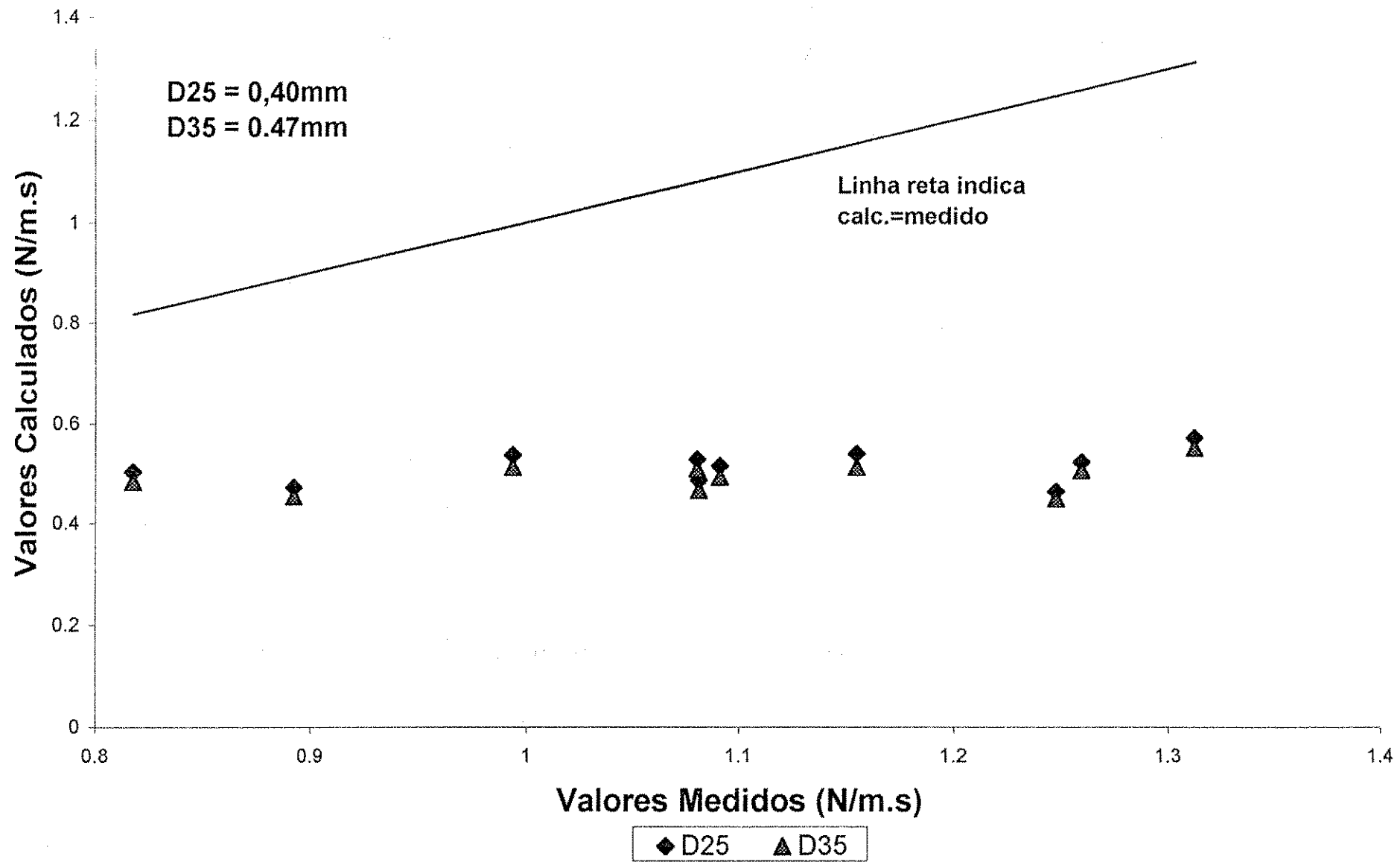


Figura 4.4 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Bagnold usando os diâmetros D25 e D35 (terceira mistura - leito plano)

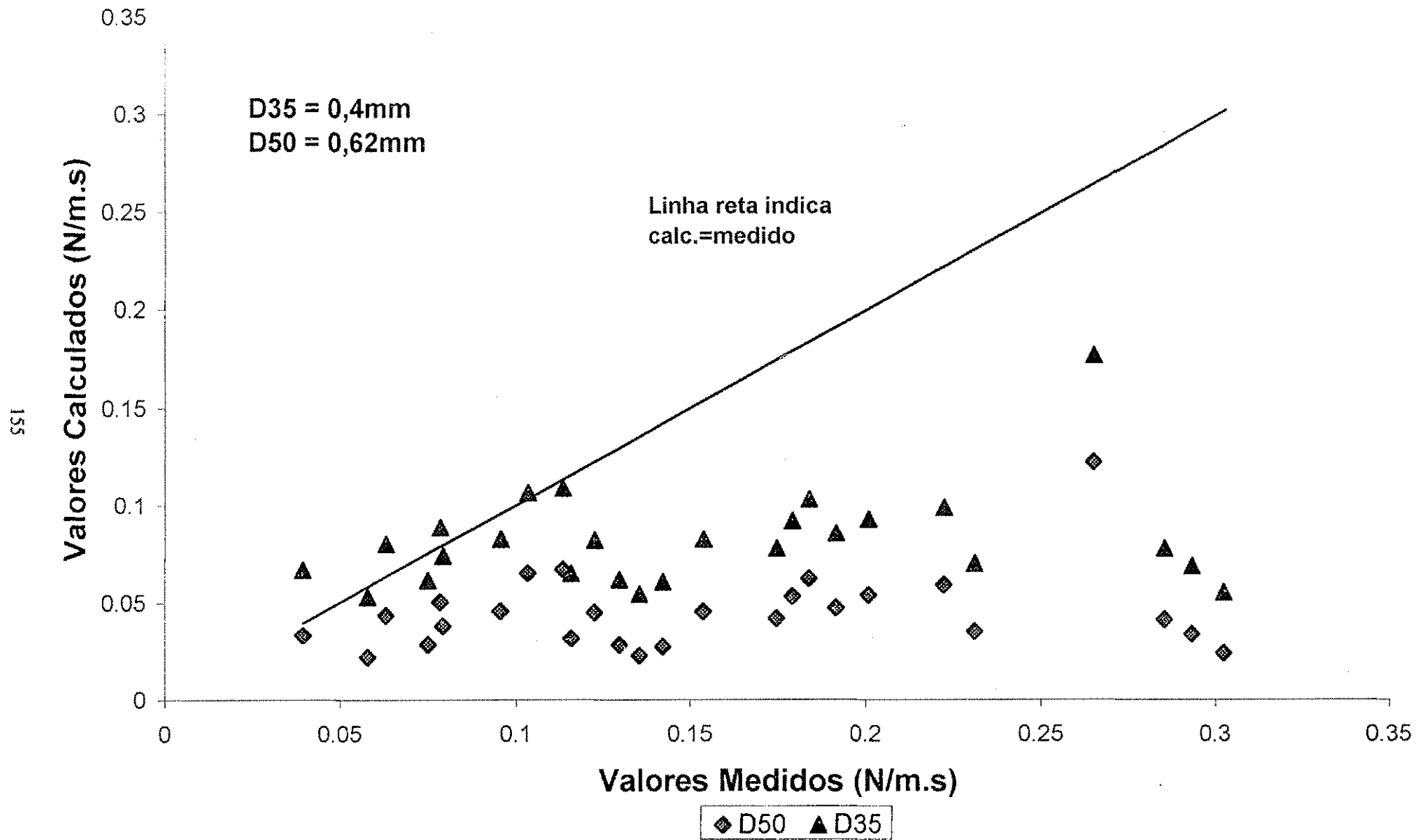


Figura 4.5 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D50 e D35 (primeira mistura - Dunas)

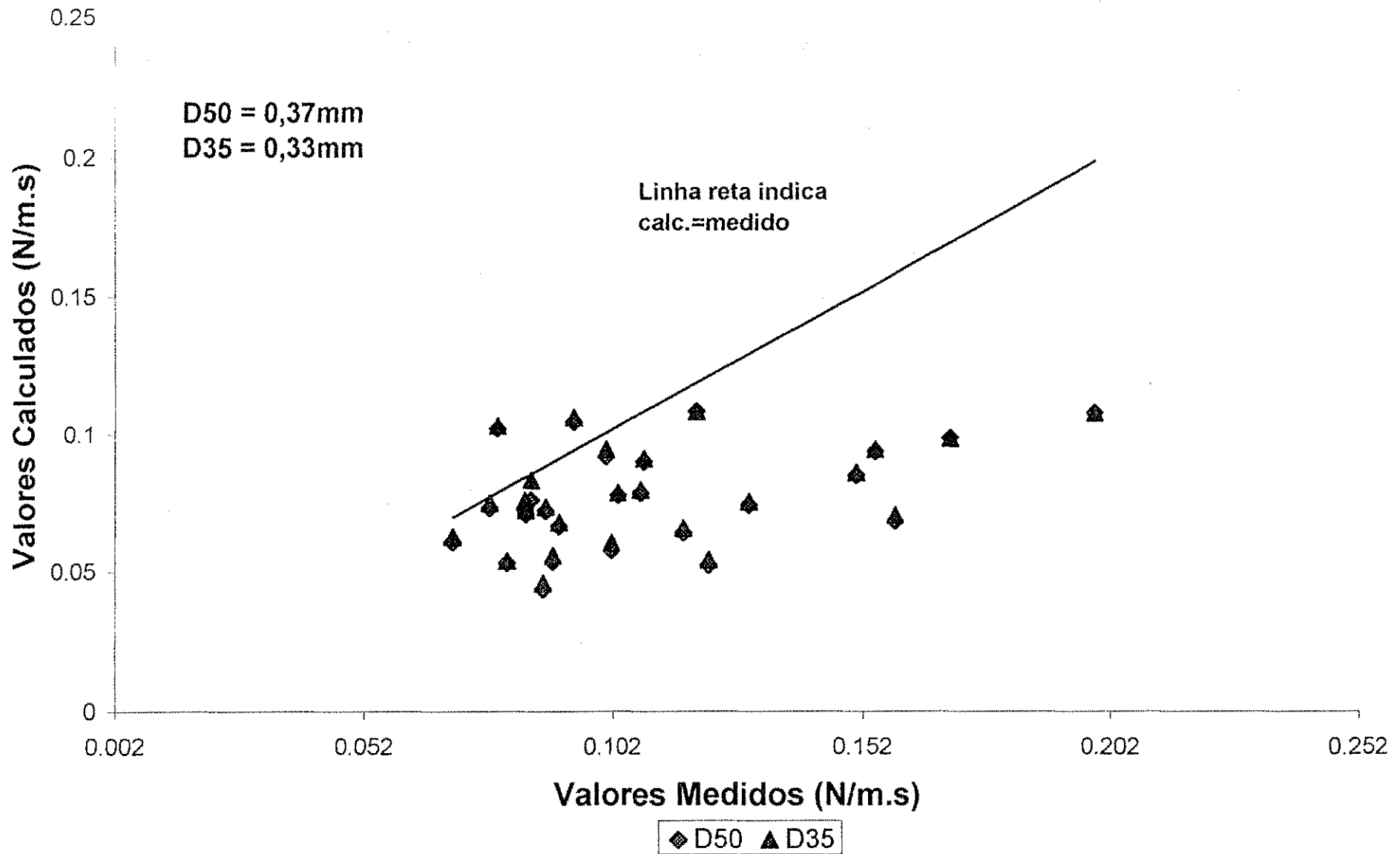


Figura 4.6 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D50 e D35 (segunda mistura - Dunas)

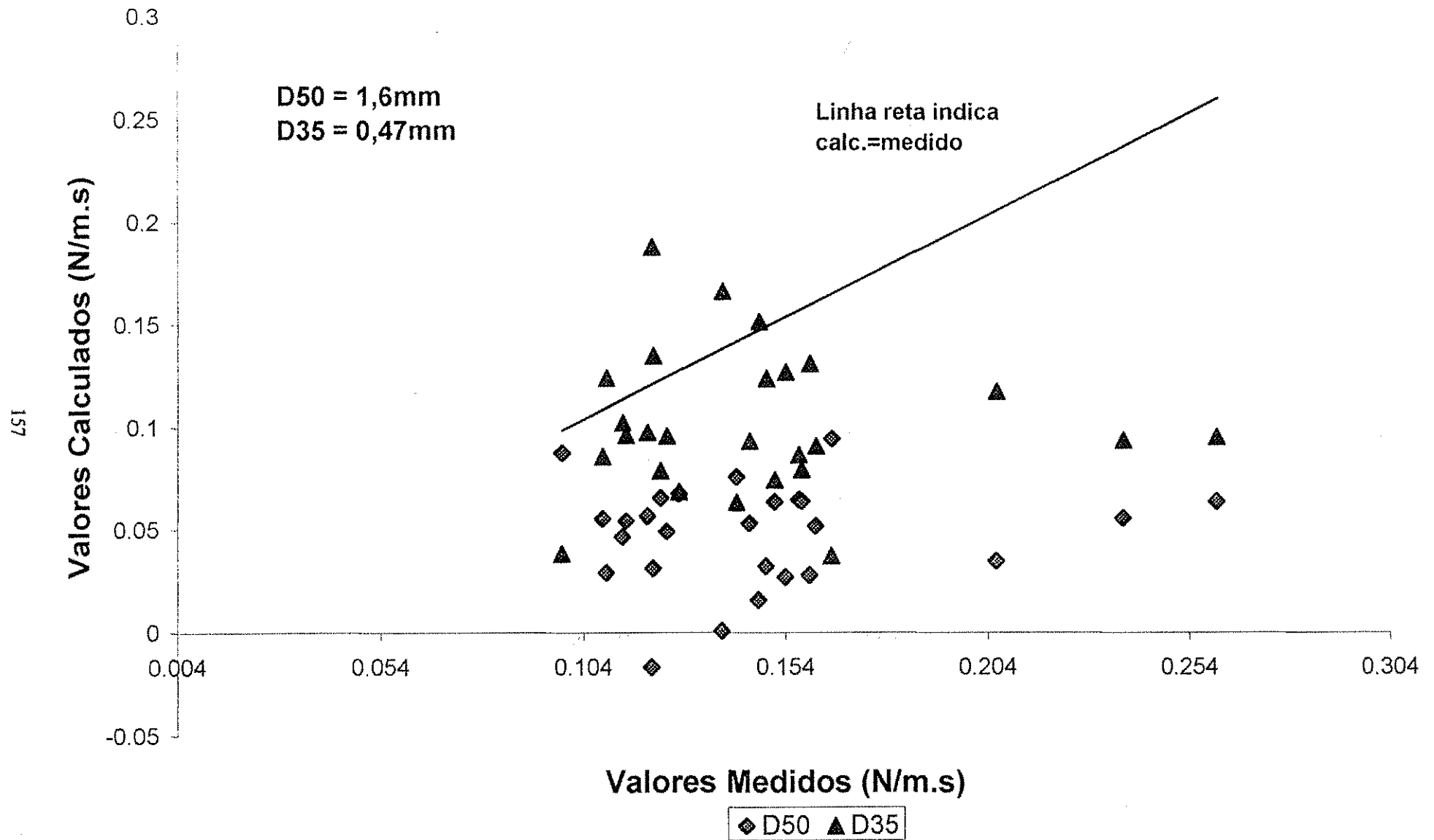


Figura 4.7 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D50 e D35 (terceira mistura - Dunas)

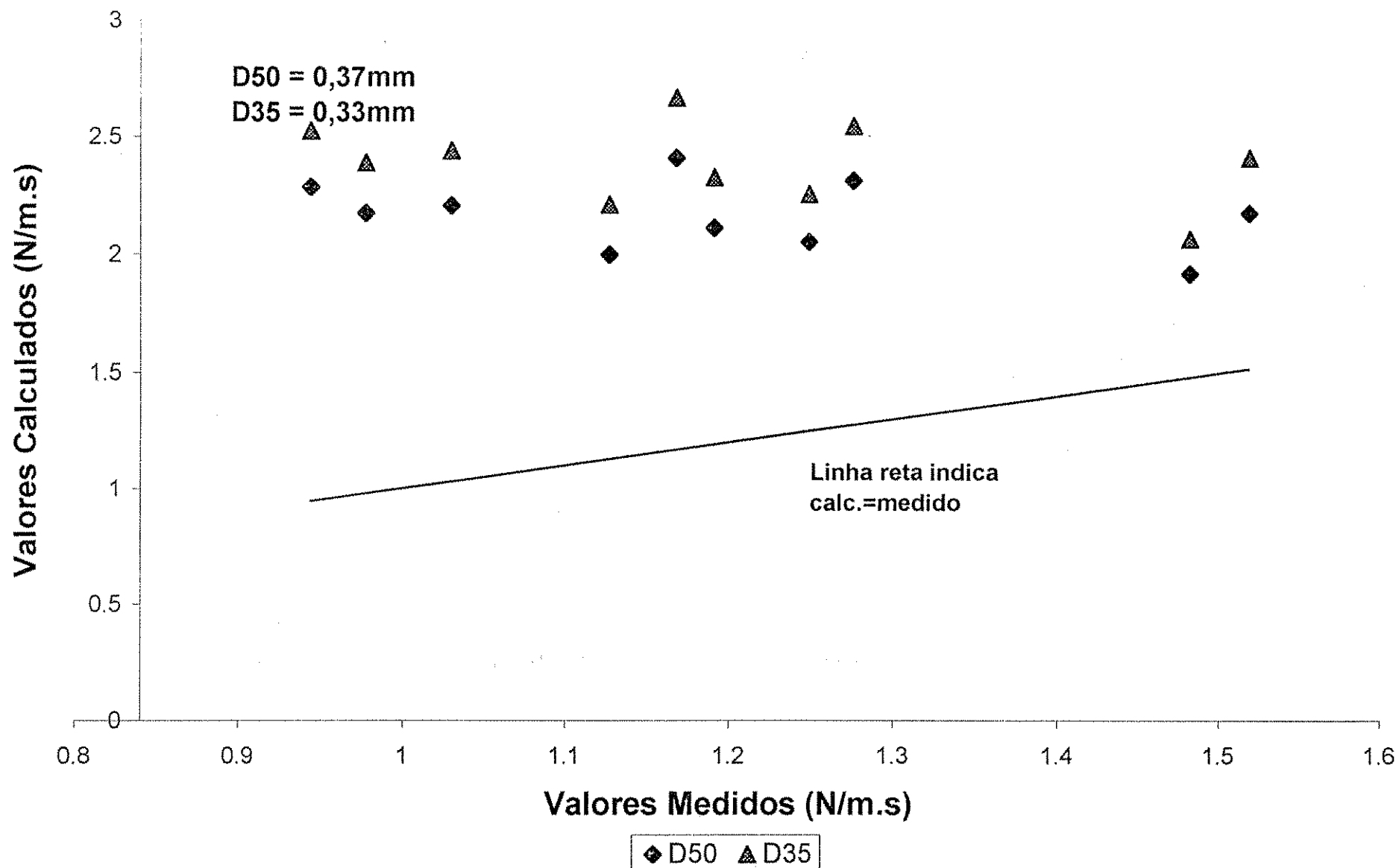


Figura 4.8 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D50 e D35 (segunda mistura - leito plano)

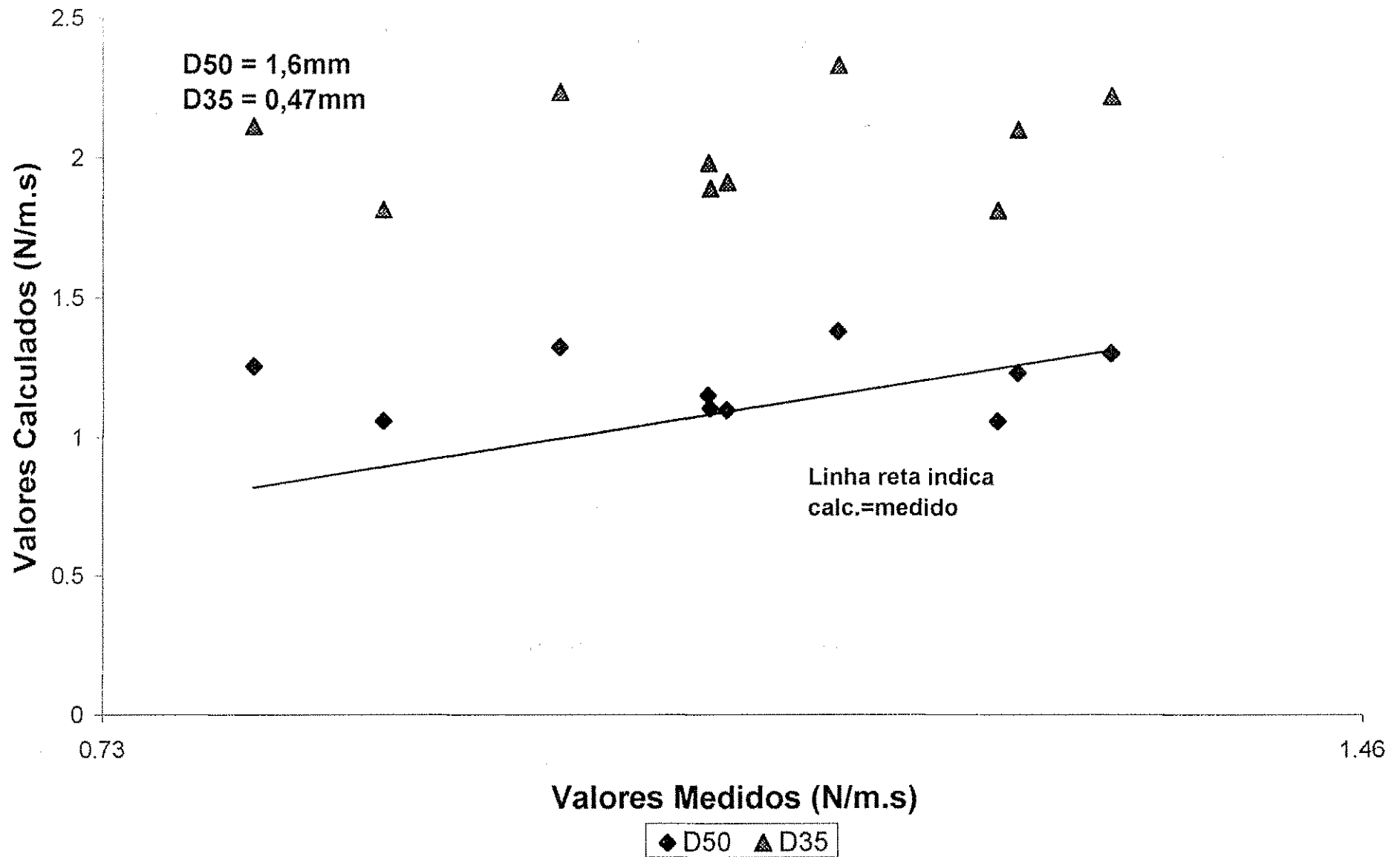


Figura 4.9 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Laursen usando os diâmetros D50 e D35 (terceira mistura - leito plano)

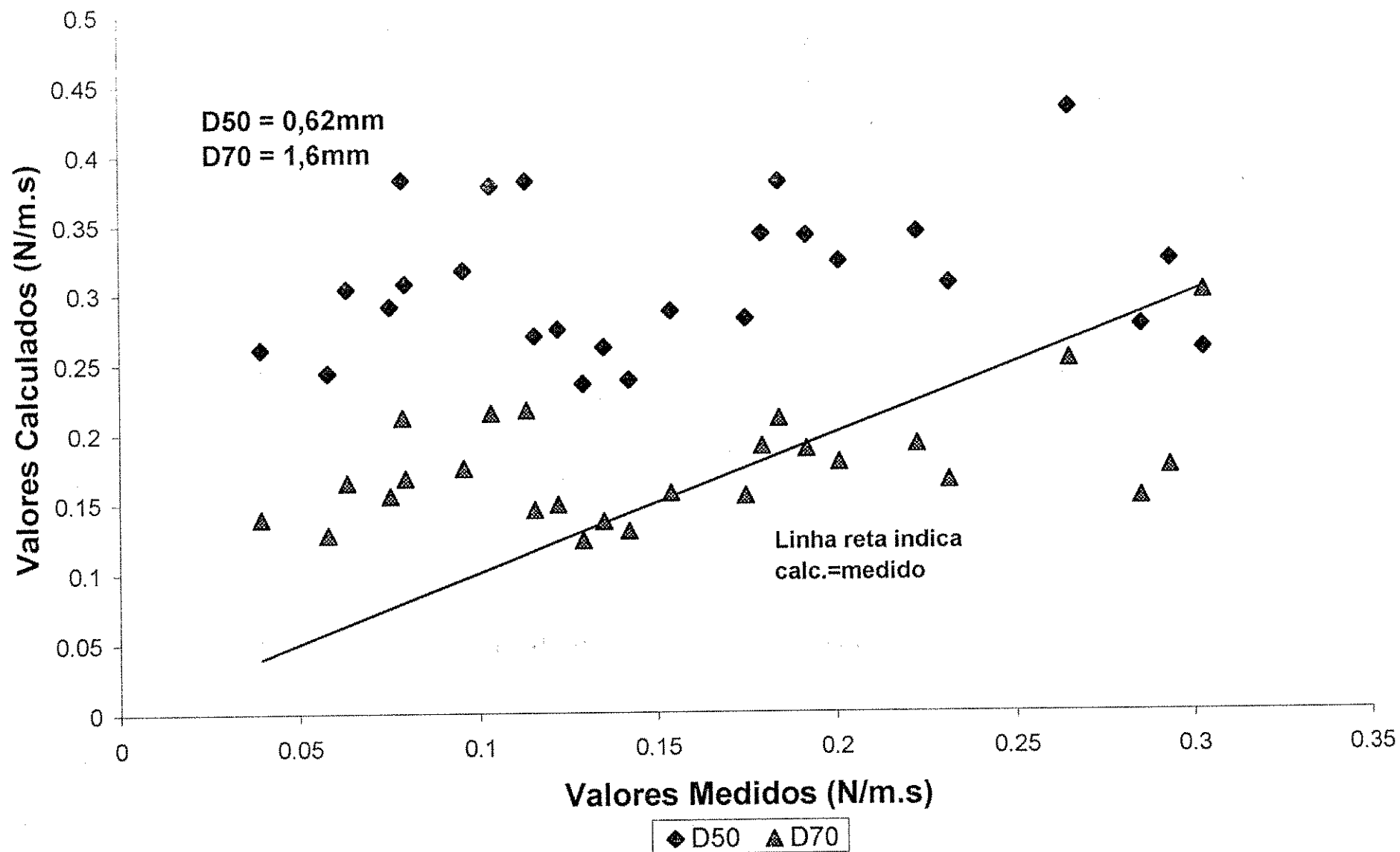


Figura 4.10 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Yang usando os diâmetros D50 e D70 (primeira mistura - dunas)

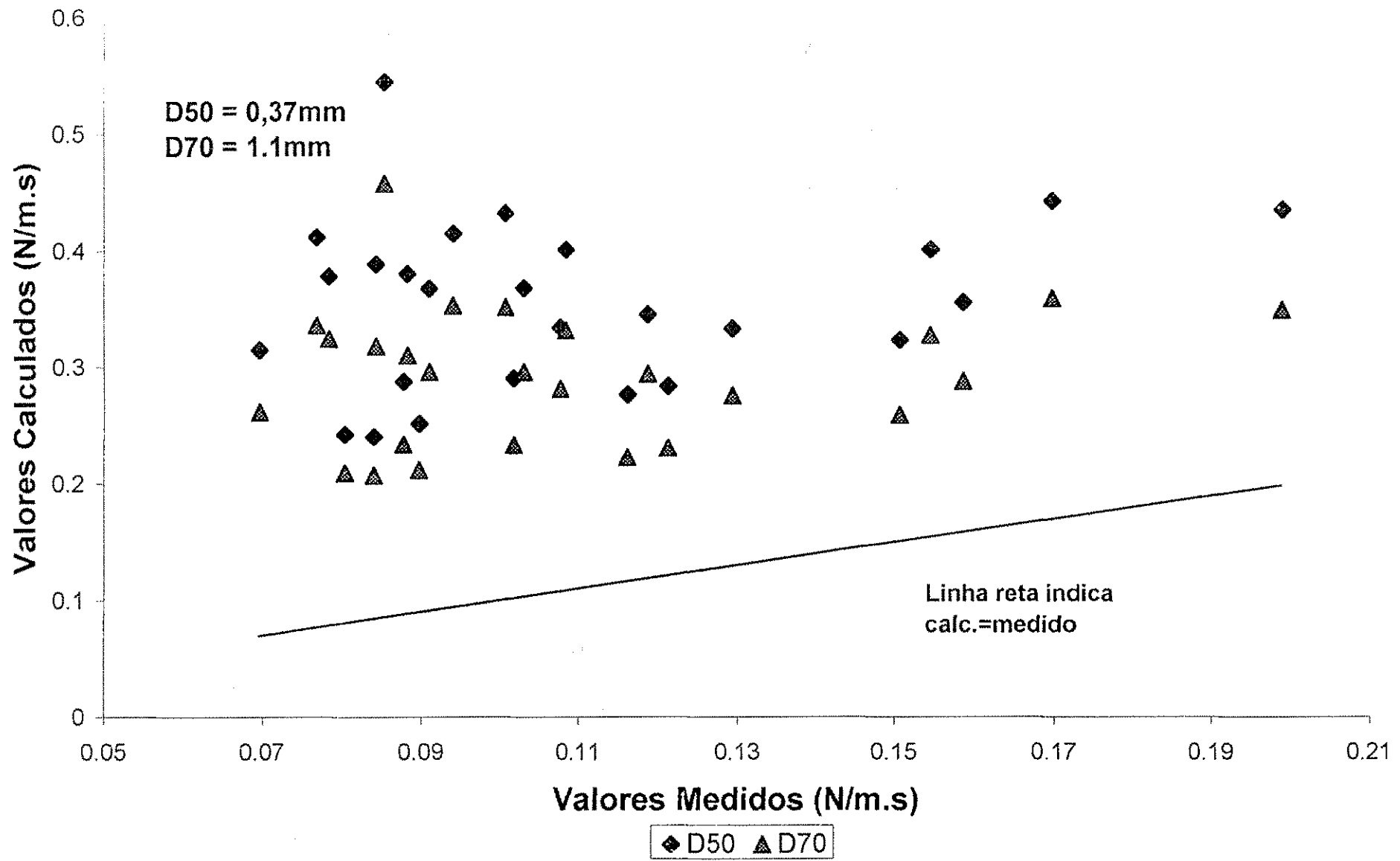


Figura 4.11 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Yang usando os diâmetros D50 e D70 (segunda mistura - dunas)

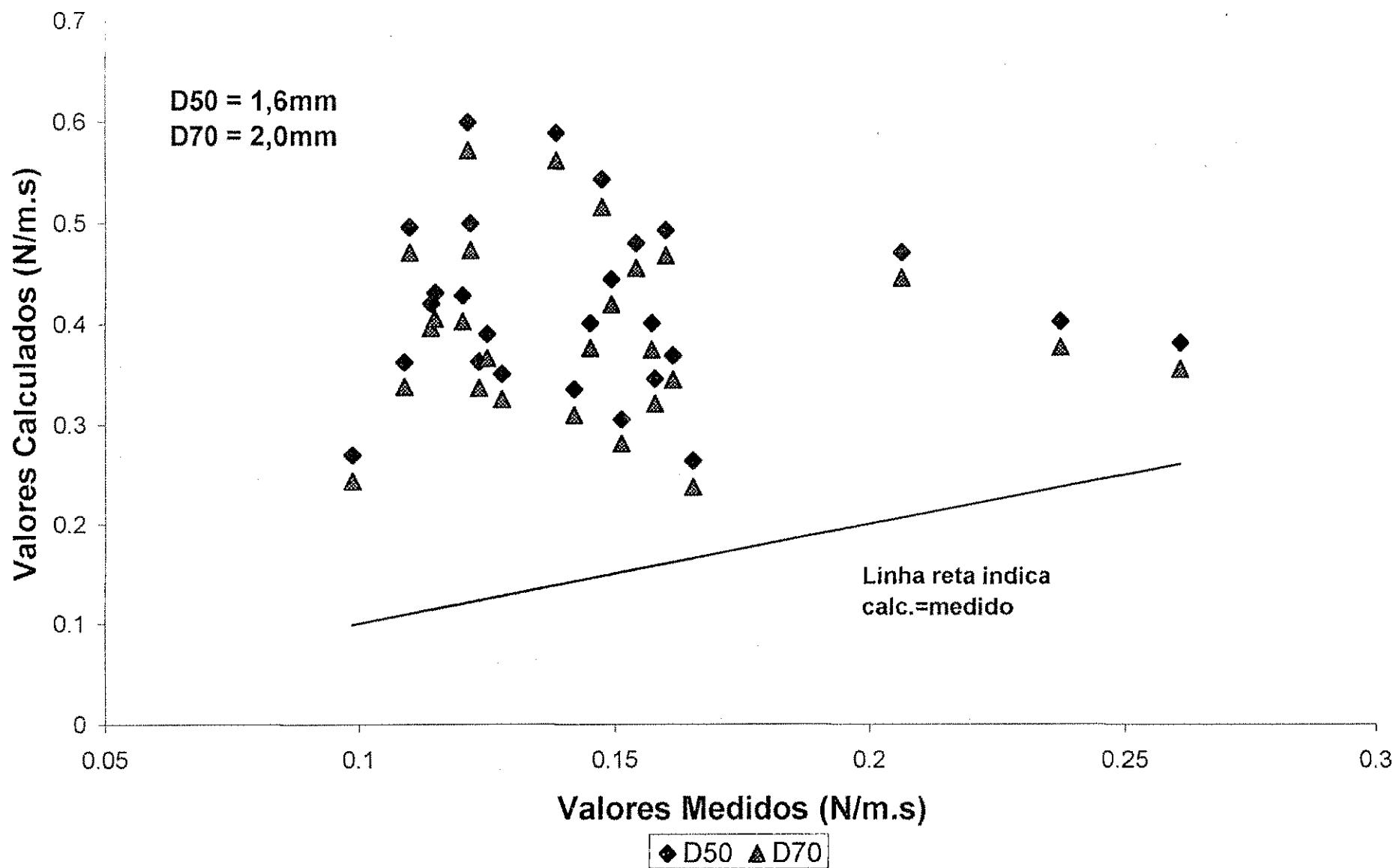


Figura 4.12 - Gráfico de dispersão comparativo dos valores de transporte calculados com a equação de Yang usando os diâmetros D50 e D70 (terceira mistura - dunas)

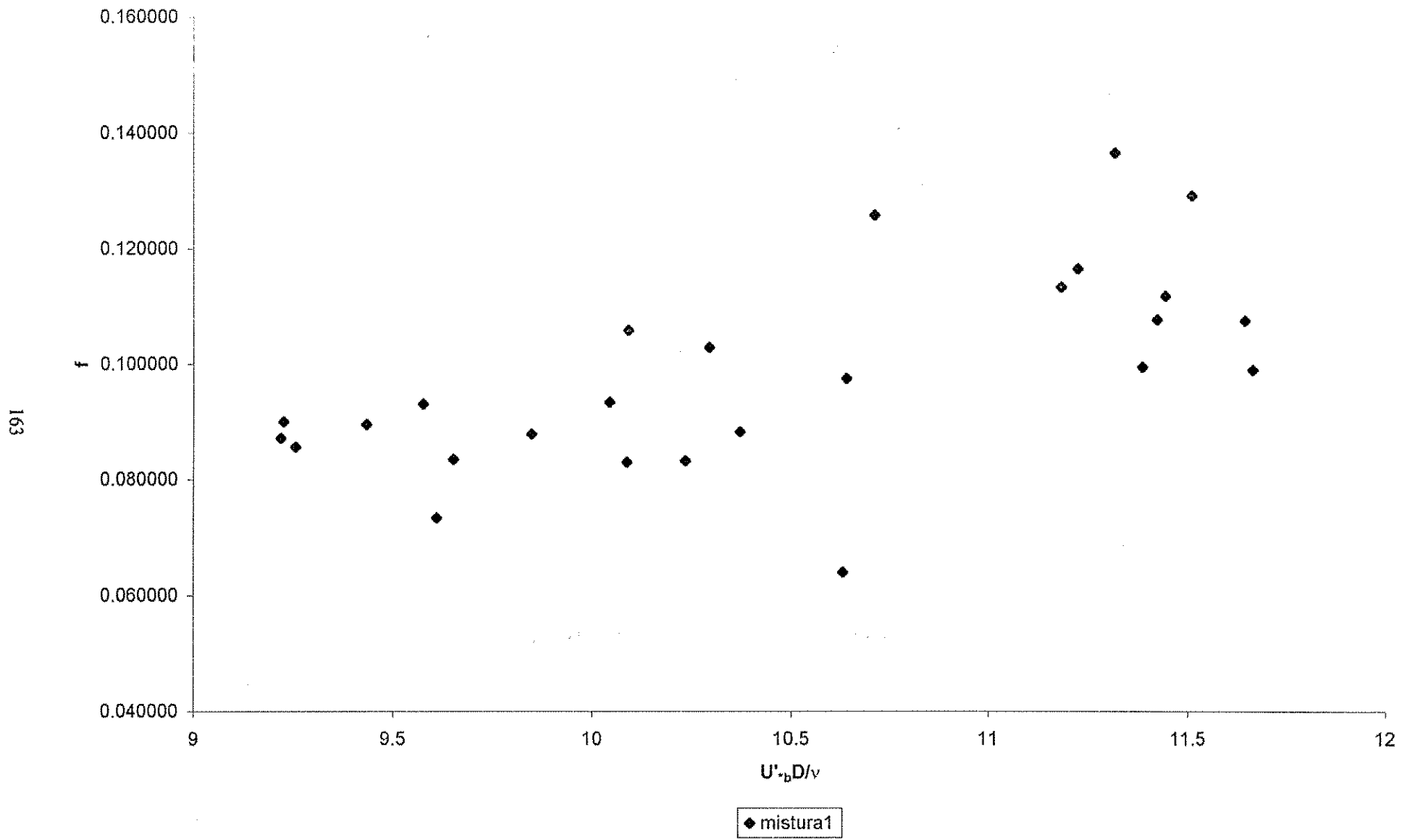


Fig. 4.13 - Relação entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento superficial (mistura 1 - dunas)

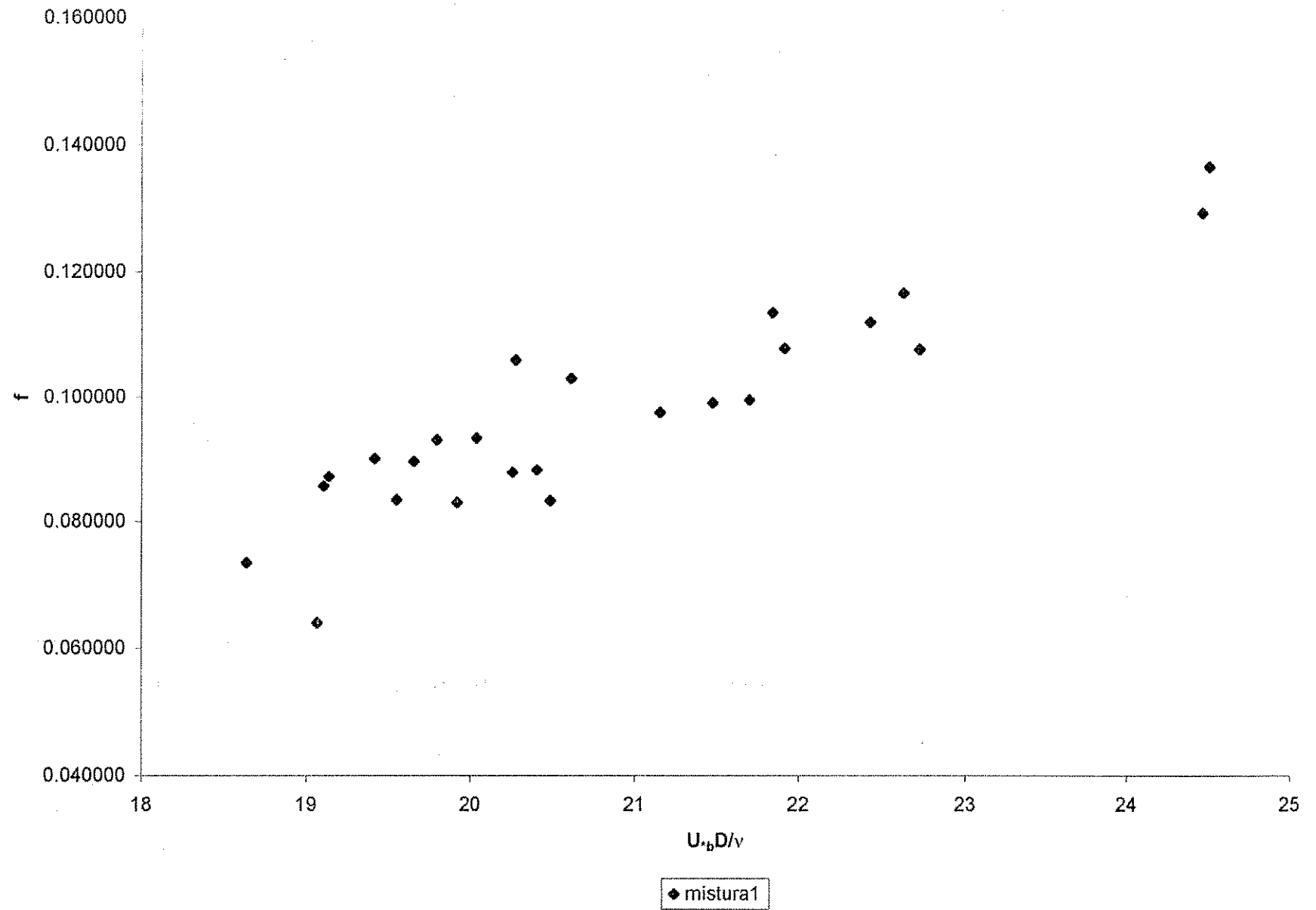


Fig. 4.14 - Relação entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento total (mistura 1 - dunas)

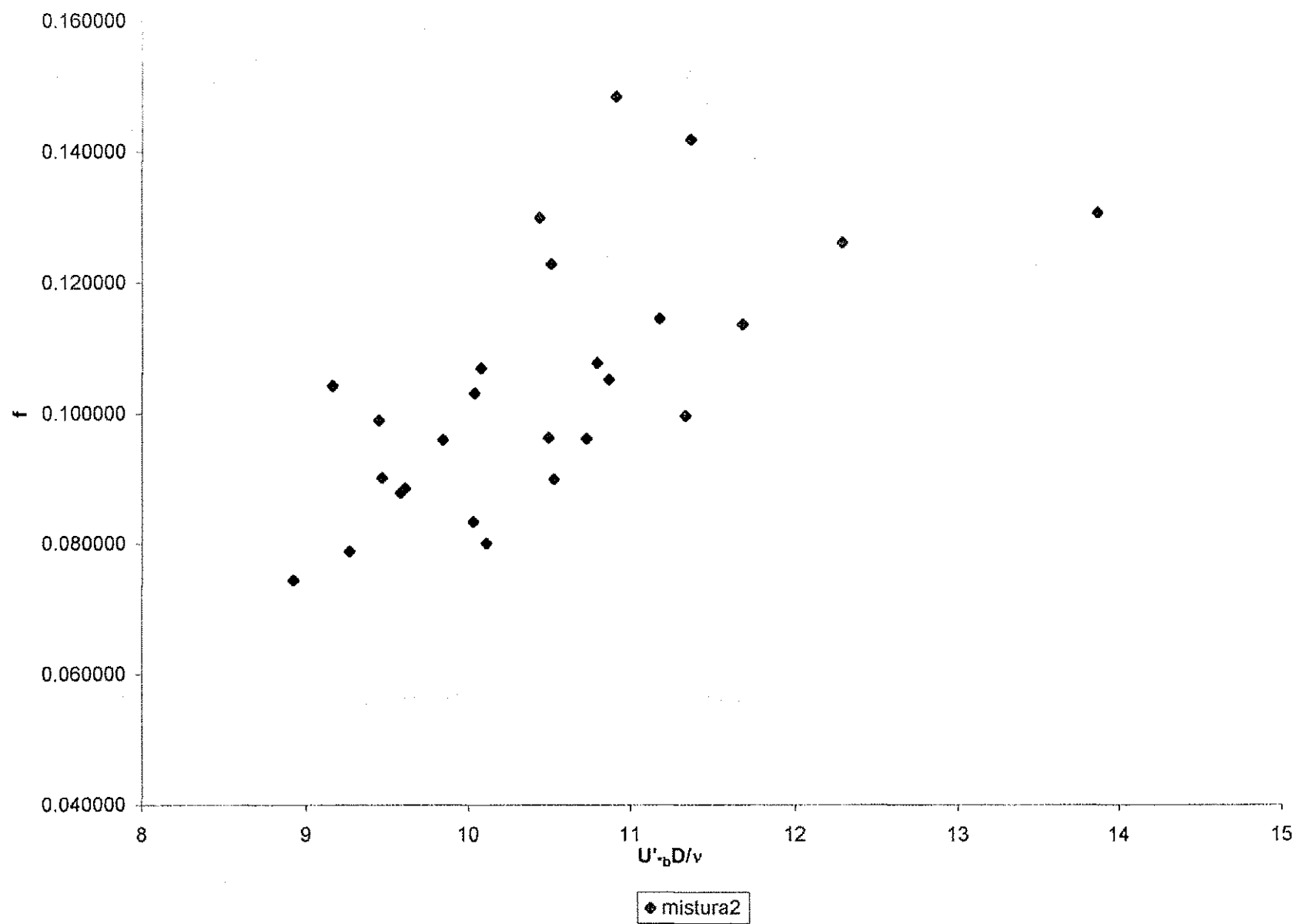


Fig. 4.15 - Relação entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento superficial (mistura 2 - dunas)

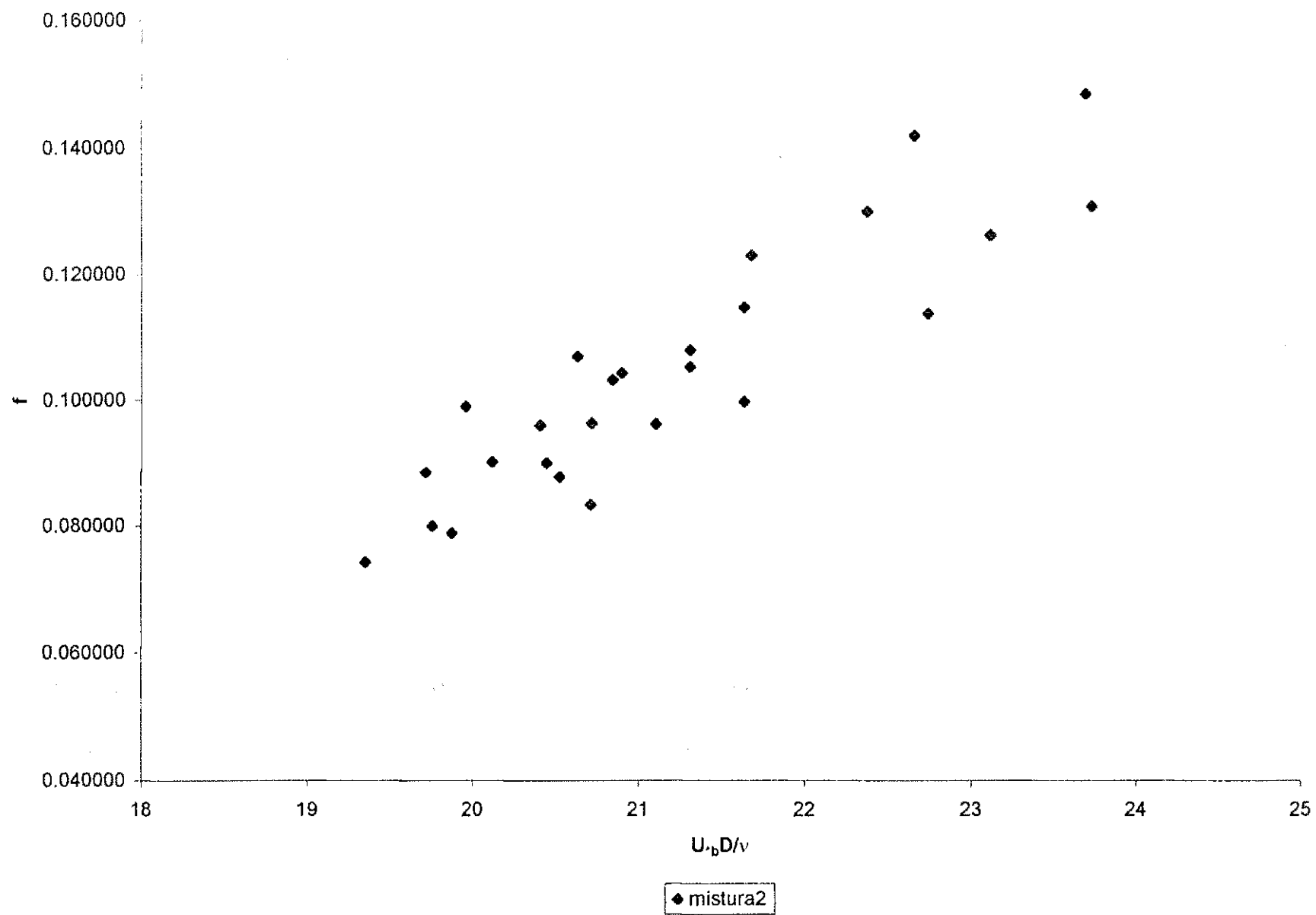


Fig. 4.16 - Relação entre o coeficiente de atrito e o número de Reynolds usando a velocidade de cisalhamento total (mistura 2 - dunas)

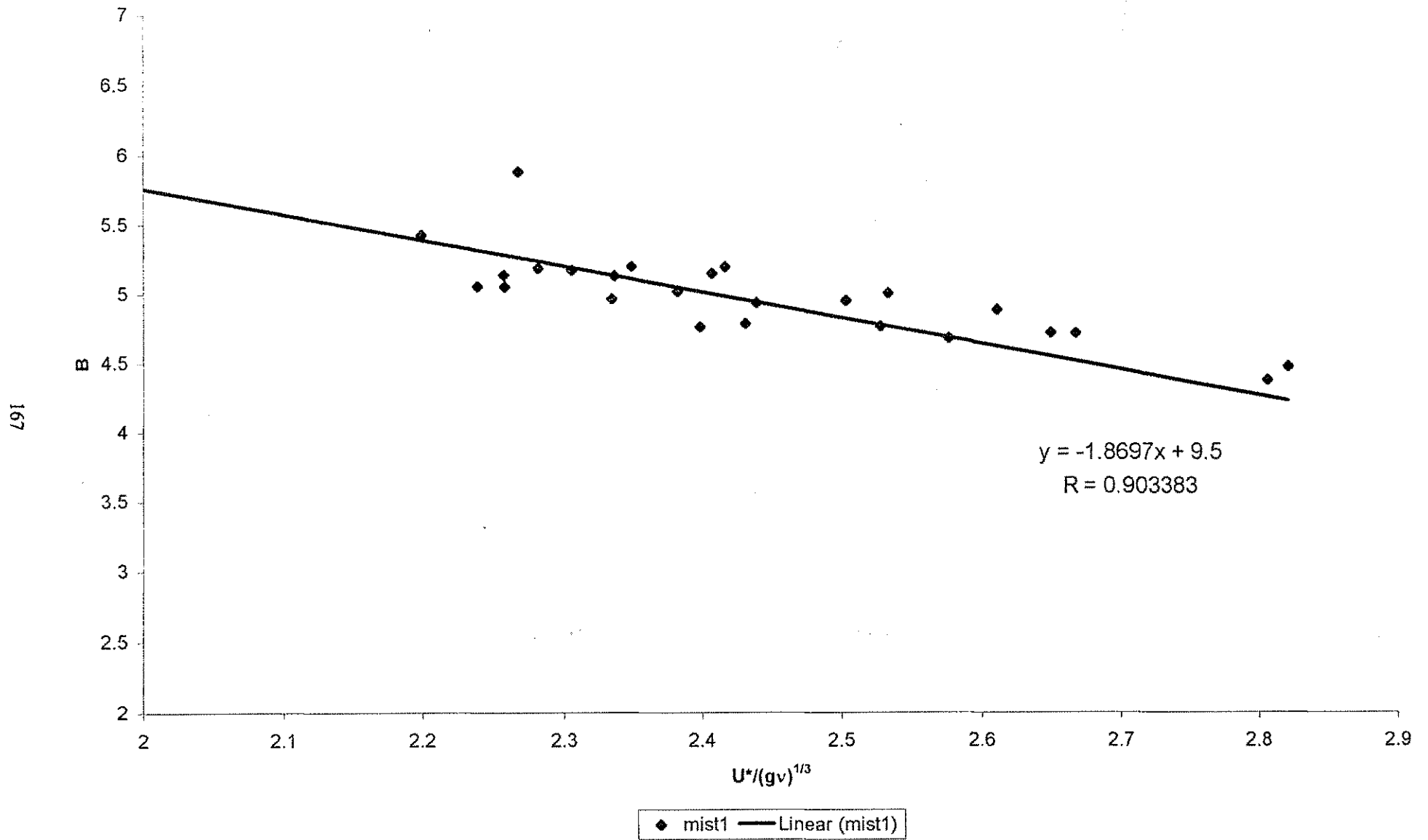


Fig.4.17 - Função de resistência para dunas em mistura bimodal (mistura 1)

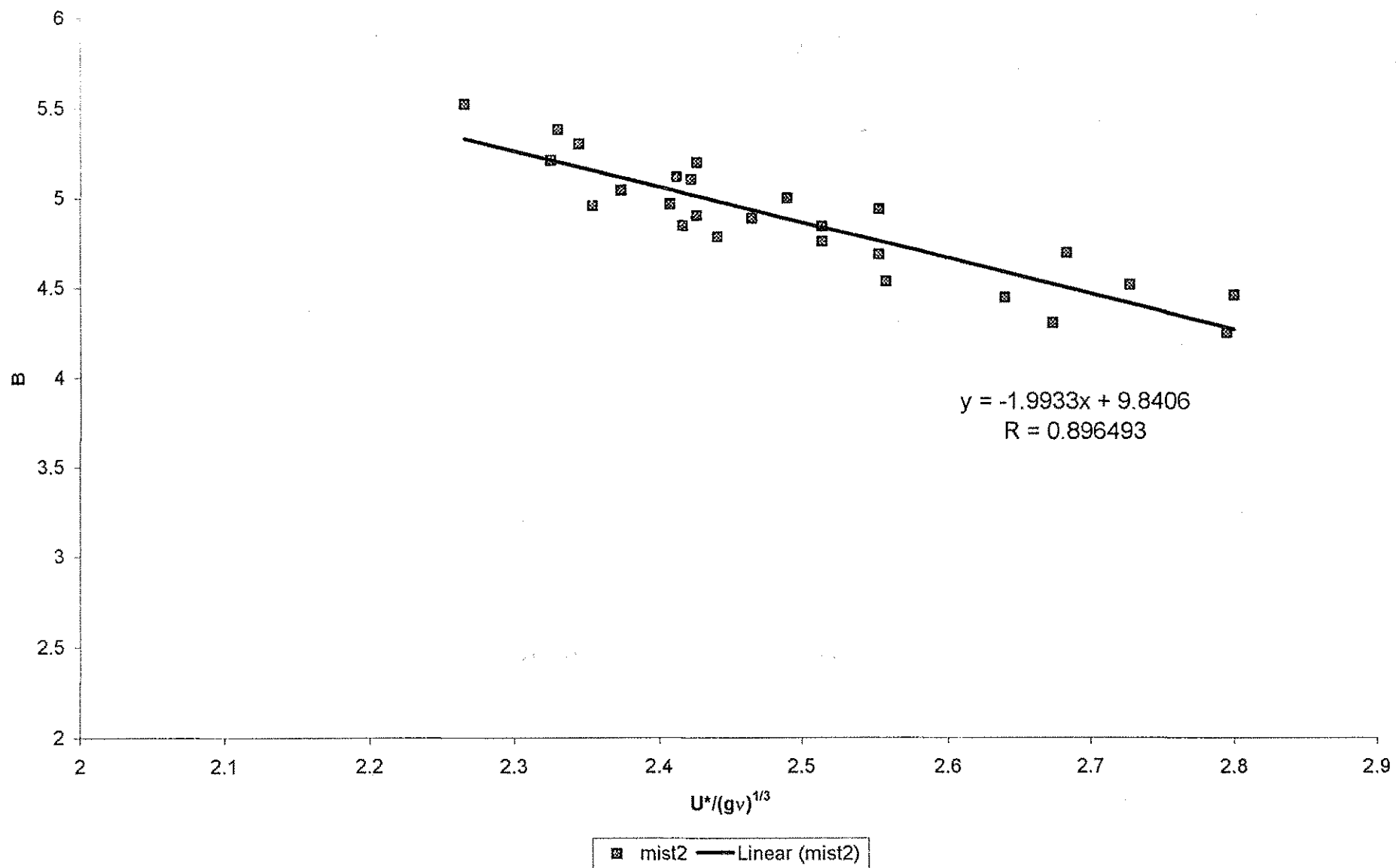


Fig. 4.18 - Função de resistência para dunas em mistura bimodal (mistura 2)

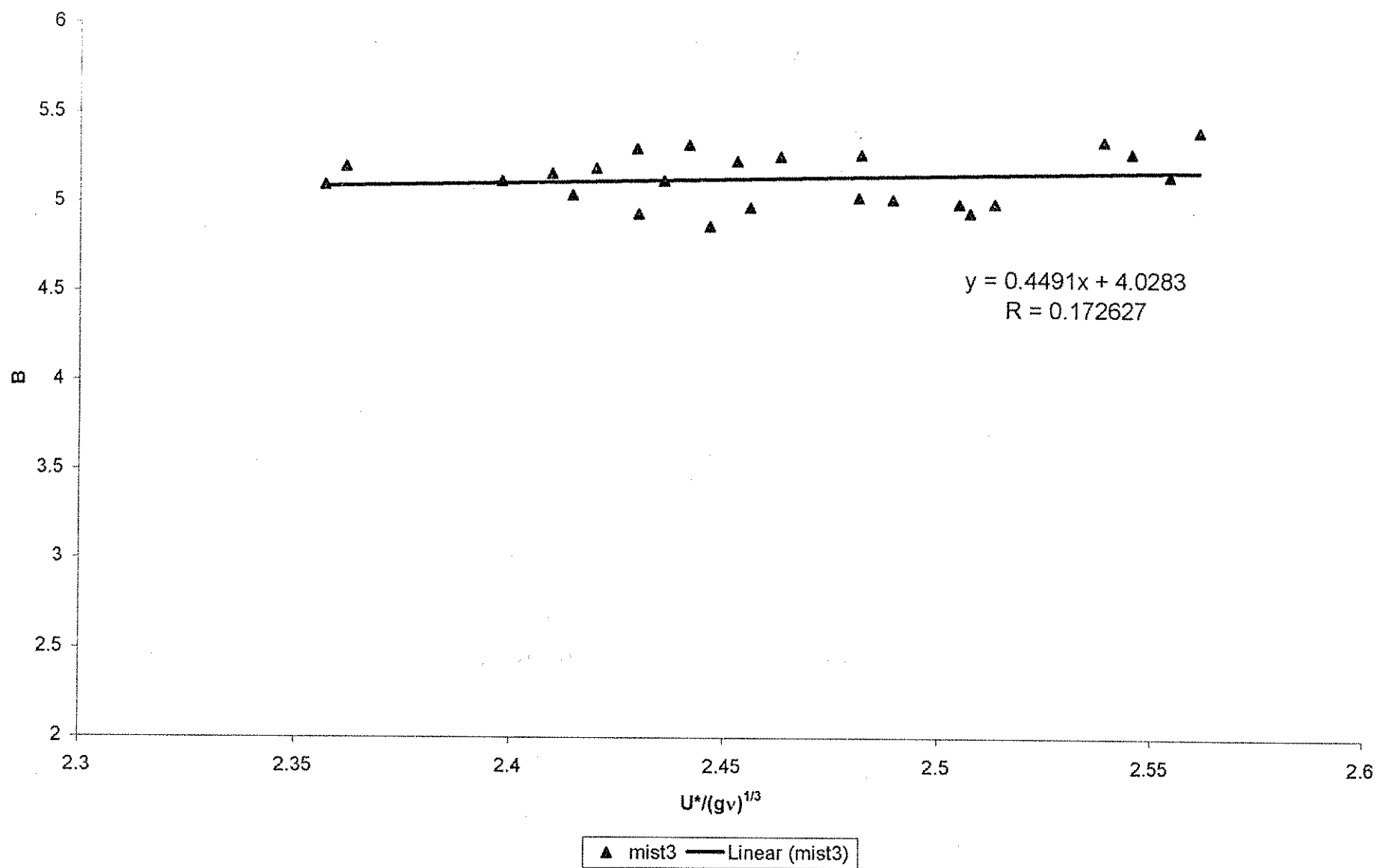


Fig. 4.19 - Função de Resistência para dunas em mistura bimodal (mistura 3)

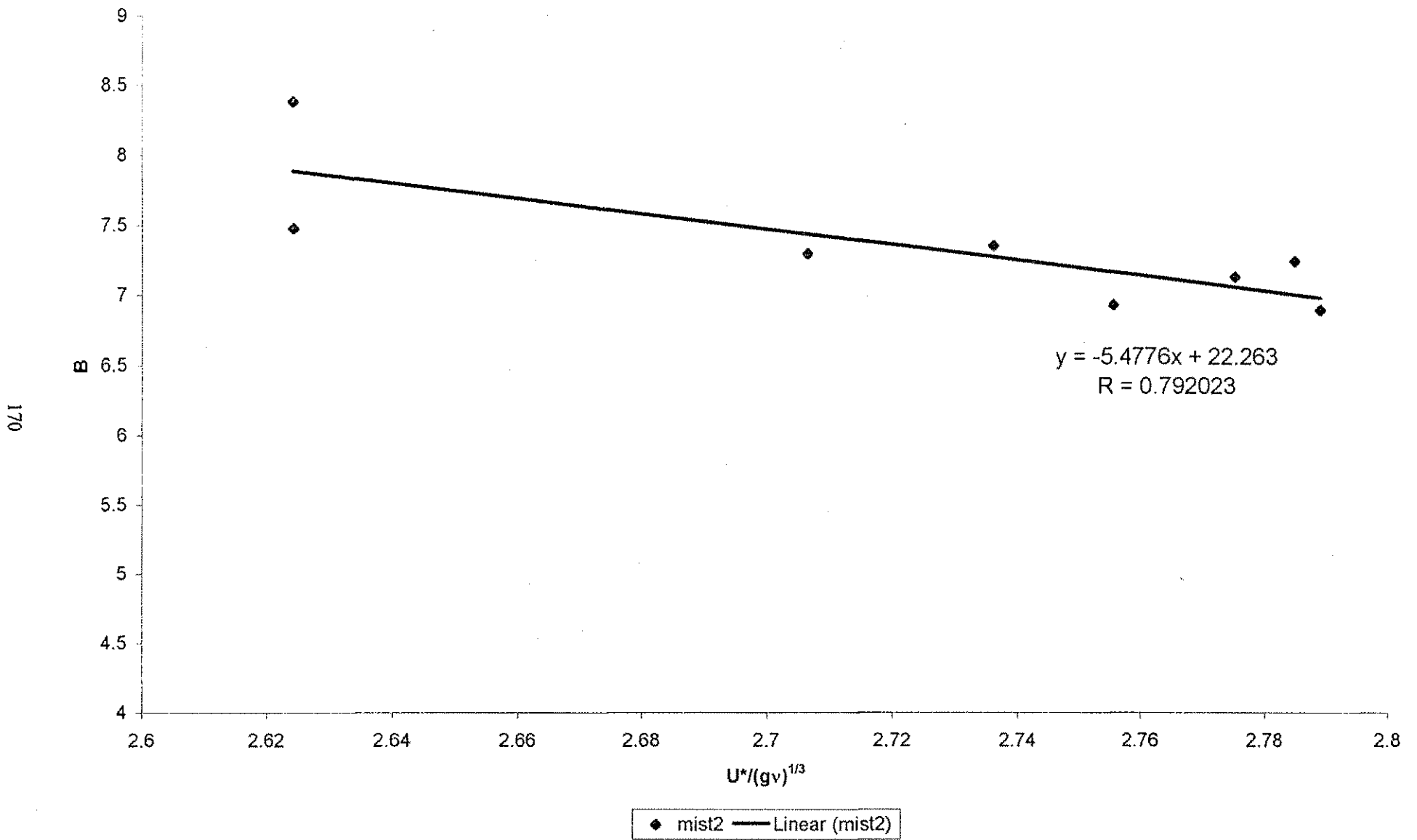


Fig. 4.20 - Função de Resistência para leito plano em mistura bimodal (mistura 2)

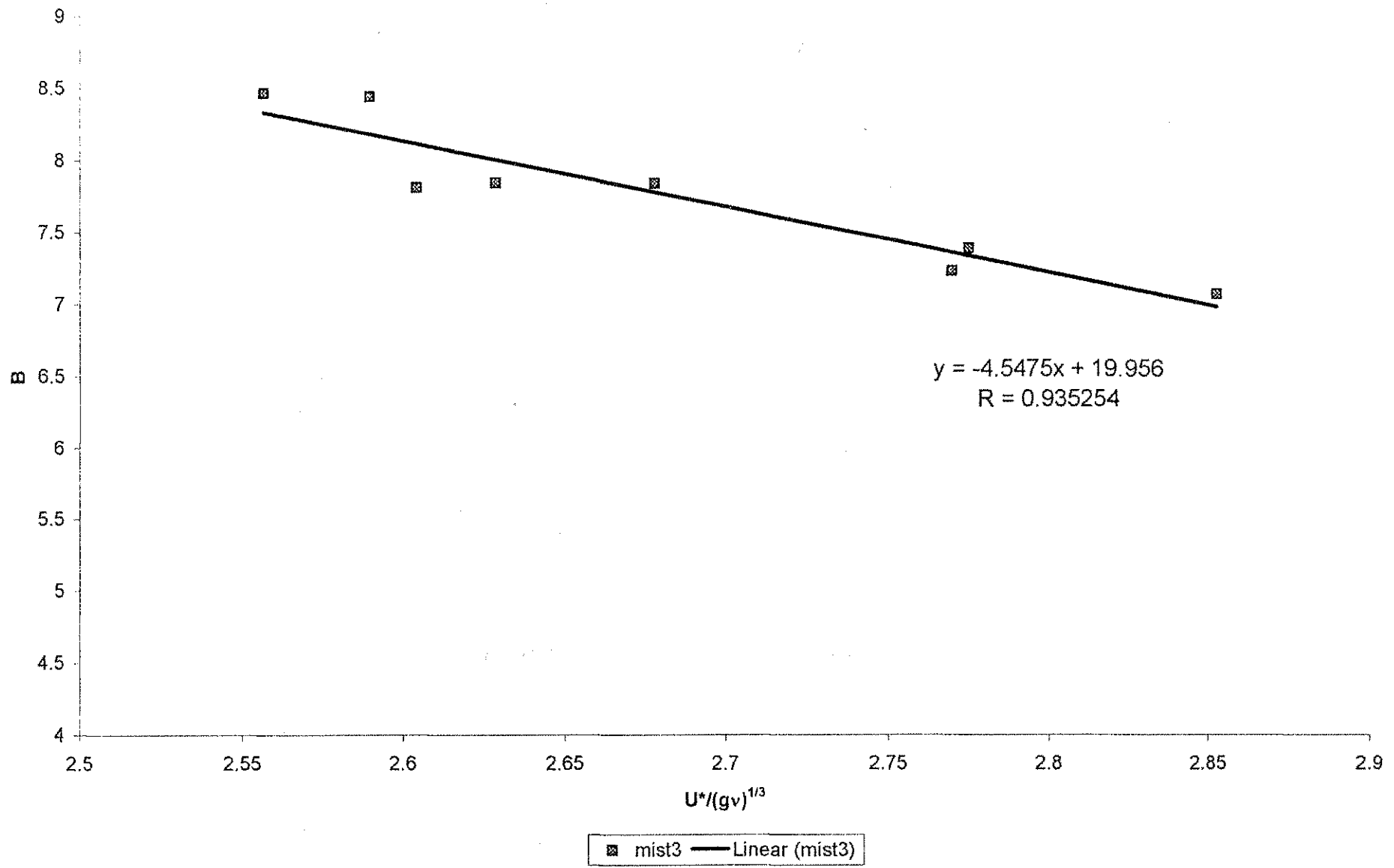


Fig. 4.21 - Função de Resistência para leito plano em mistura bimodal (mistura 3)

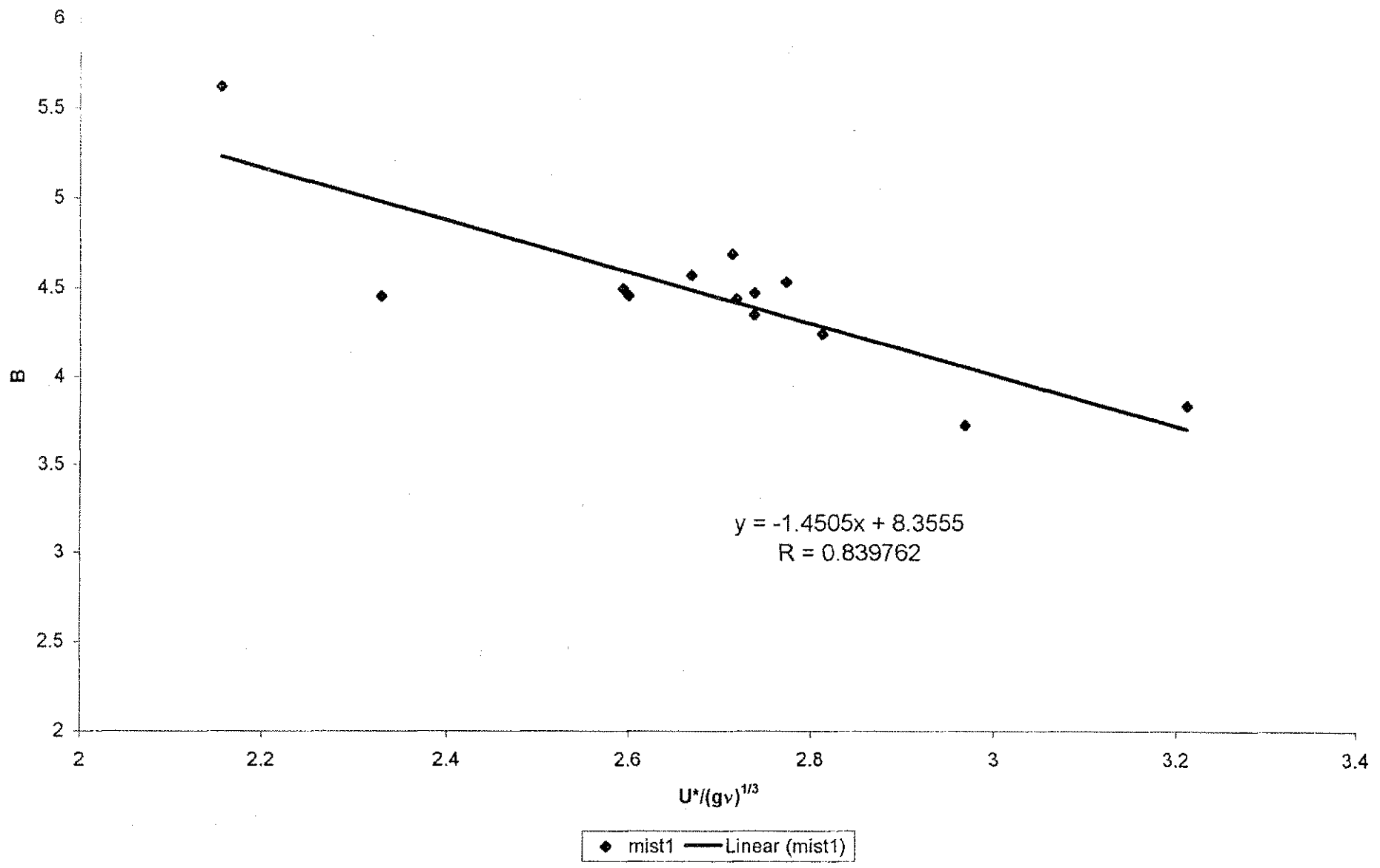


Fig.4.22 - Função de resistência para dunas em mistura unimodal (mistura 1)

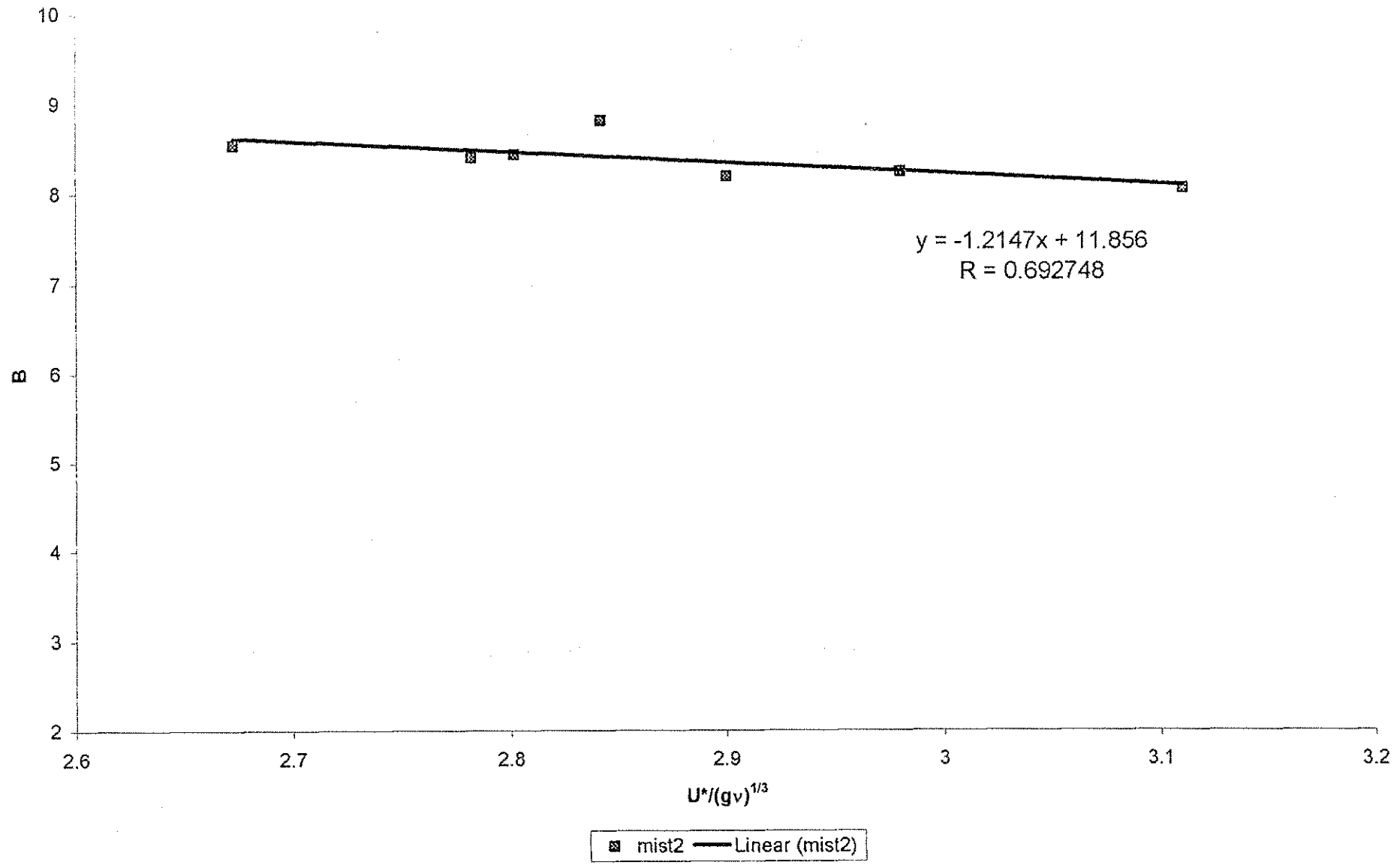


Fig. 4.23 - Função de resistência para dunas em mistura unimodal (mistura 2)

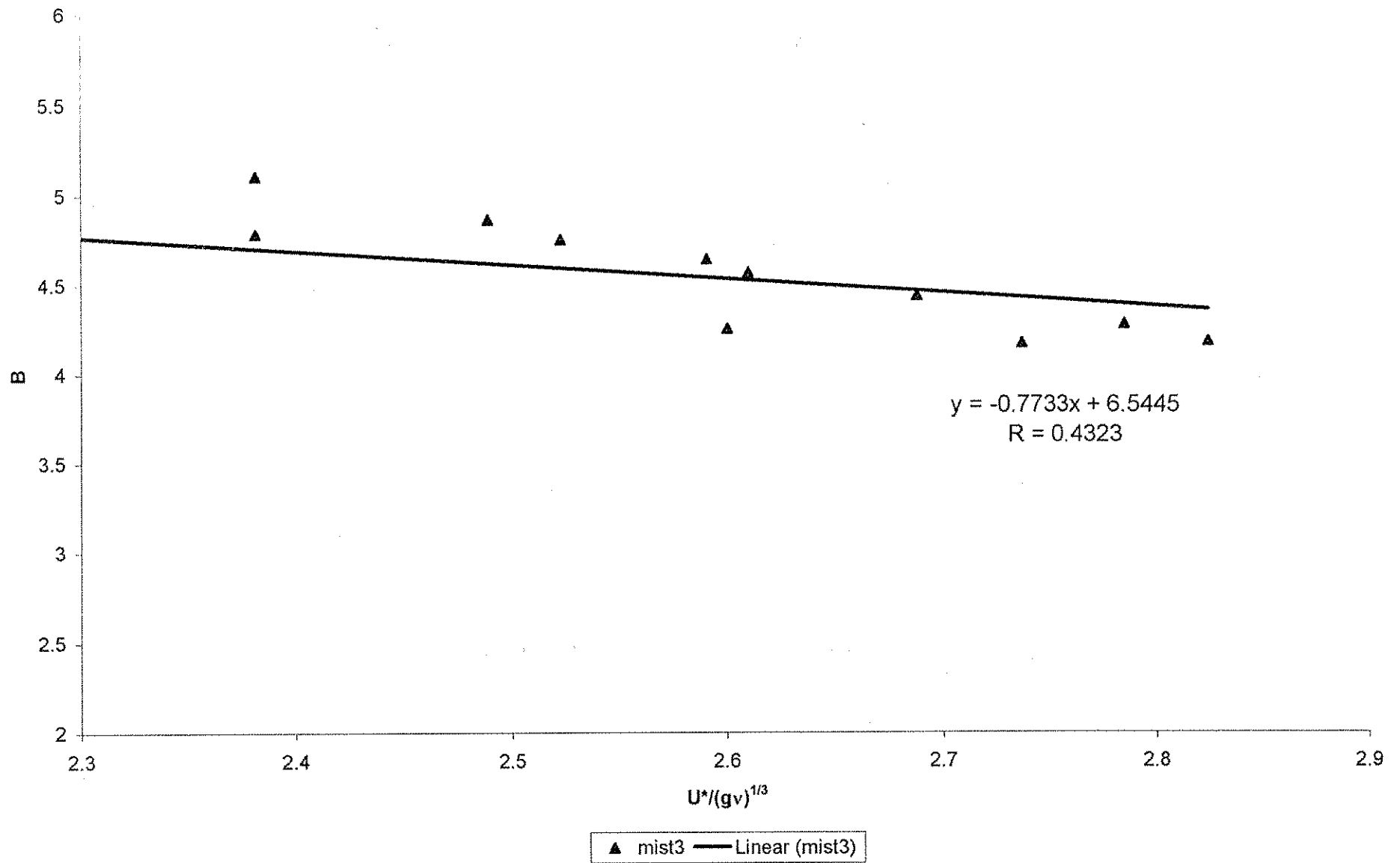


Fig. 4.24 - Função de Resistência para dunas em mistura unimodal (mistura 3)

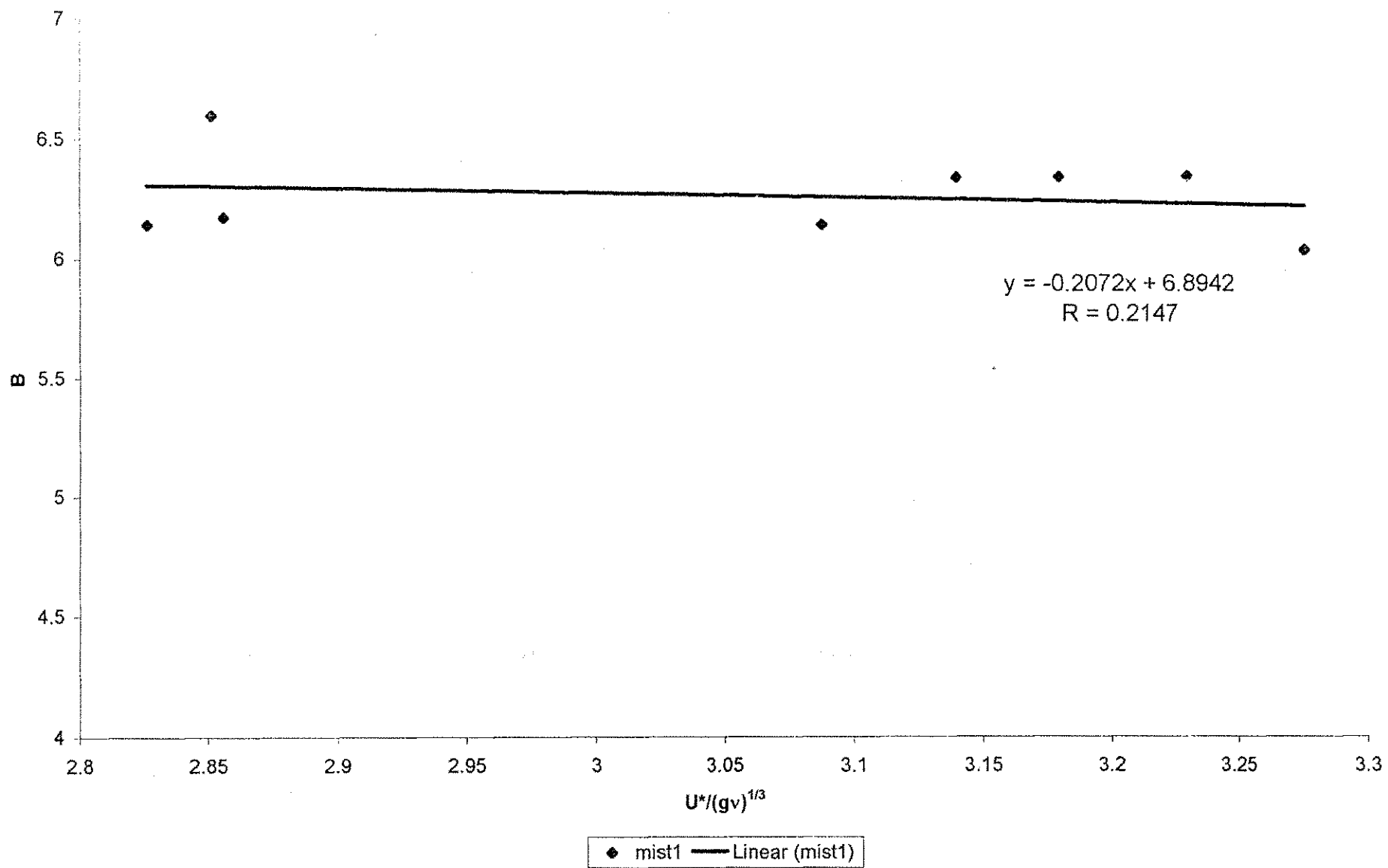


Fig. 4.25 - Função de Resistência para leito plano em mistura unimodal (mistura 1)

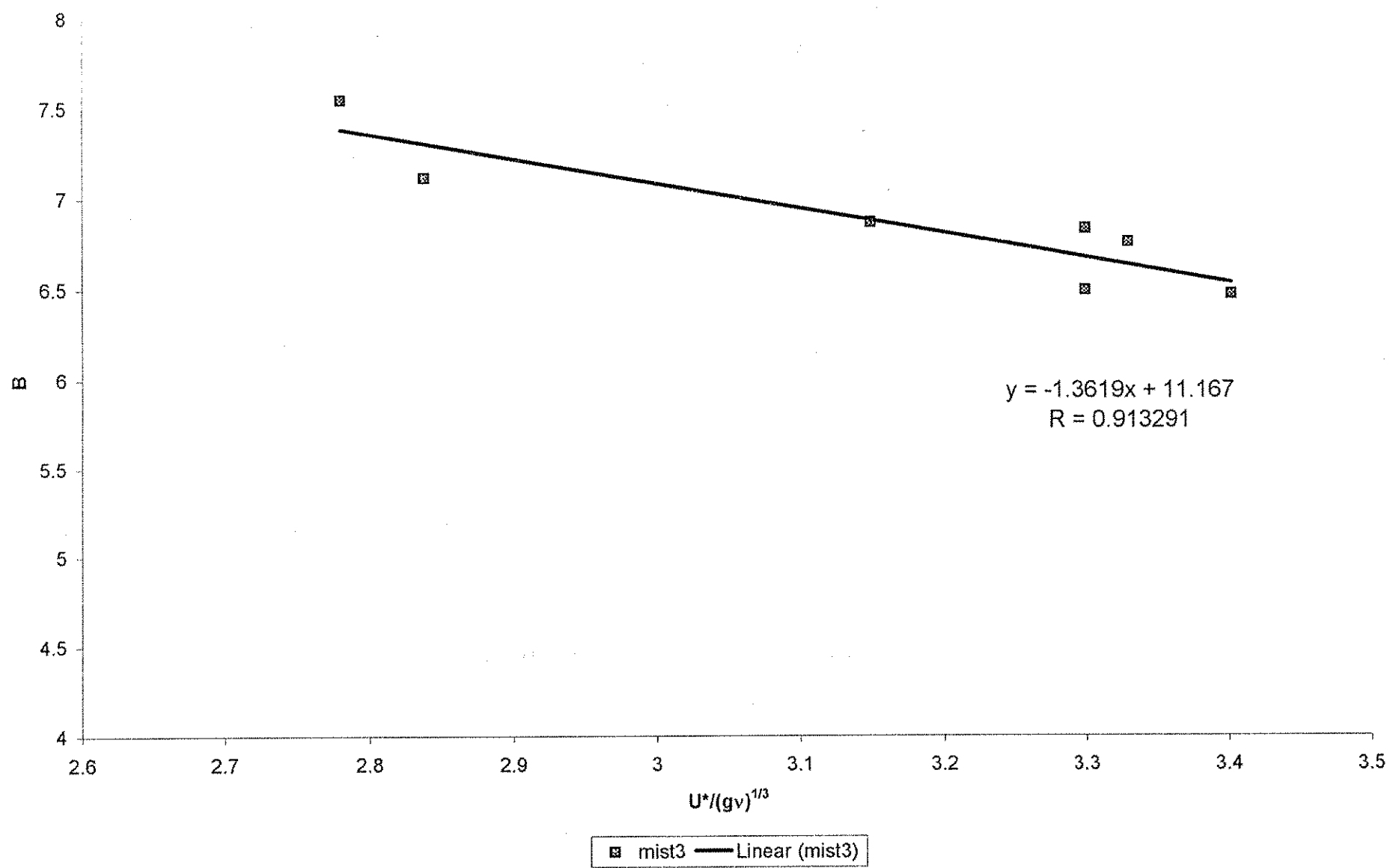


Fig. 4.26 - Função de Resistência para leito plano em mistura unimodal (mistura 3)

CAPÍTULO V

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 – Análise dos Resultados com as Equações de Transporte

Na avaliação dos resultados, a primeira consideração foi da representatividade do diâmetro D_{50} para calcular as taxas de transporte sólido. Uma investigação da influência da distribuição granulométrica dos sedimentos unimodais realizada por Siqueira (1997) mostrou que não havia fortes indícios que a escolha de um diâmetro diferente de D_{50} possa melhorar significativamente as previsões pelas equações escolhidas naquele estudo. Ele mostrou que as equações não eram muito sensíveis para variações no diâmetro de sedimento e portanto a condição da equação superestimar ou subestimar o transporte sólido se tornava praticamente a característica daquela equação na situação estudada. Com a presença do efeito de bimodalidade de sedimentos, os resultados poderão ser diferentes. Para verificar esta possibilidade, utilizou-se vários diâmetros diferentes de D_{50} nas equações com o intuito de encontrar um diâmetro mais representativo e que fizesse o transporte calculado aproximar o medido. Os resultados desta análise serão discutido no contexto de cada uma das equações de transporte.

Foi verificado também através dos ensaios de granulometria a ocorrência do transporte seletivo das partículas. No caso de ensaios com dunas, o efeito de proteção dos finos pelos sedimentos grossos não foi evidenciado neste estudo. A

explicação para esta situação seria a ausência dos tamanhos bastante grossos que permitiriam um grau de proteção que resultaria em transporte seletivo. No presente caso, os sedimentos eram essencialmente na faixa de areia e portanto apesar de notável bimodalidade, não houve o efeito do escondimento de finos entre os grossos. Com dunas, a tensão de cisalhamento efetivo no leito nem sempre superaria a tensão de cisalhamento crítico para tamanhos mais grossos, o que implica numa maior facilidade do transporte dos finos, ocorrendo assim um aumento do tamanho médio das partículas do leito. Todas as três misturas tiveram um aumento no seu diâmetro mediano D_{50} após os ensaios com dunas. Na primeira mistura, o D_{50} era de 0,62mm e ao final dos ensaios com dunas, o mesmo passou para 1,40mm. Na segunda mistura, o D_{50} era de 0,37mm e ao final dos ensaios com dunas, o D_{50} passou para 0,55mm. Na terceira mistura, o D_{50} era de 1,50mm e ao final dos ensaios com dunas, o D_{50} passou para 2,0mm.

No caso de ensaios com leito plano, devido ao fato que toda a tensão de cisalhamento efetivamente disponível era utilizada para o transporte, que superava a tensão de cisalhamento crítica de todos os tamanhos de sedimentos, houve o transporte de todas as frações, tanto de finos como de grossos, não se verificando portanto o fenômeno de encaroçamento do leito. Nesta situação, correspondente a igual mobilidade de todas as frações, este fato era de esperar. Entretanto, para misturas com grandes variações no tamanho de sedimentos incluindo pedras e pedregulhos, o resultado pode ser bem diferente. Serão discutidos a seguir os resultados obtidos com a utilização das diversas equações de transporte.

5.1.1 – Equação de Einstein (1950)

A equação de Einstein (1950) foi utilizada para estimar a quantidade de sedimentos transportadas nos ensaios com leito plano. Devido a um problema com a bomba de sedimentos, ensaios com leito plano não puderam ser realizados com a mistura 1. No caso das misturas 2 e 3, a superestimação pela equação de

Einstein foi grande. Considerando D_{35} como tamanho representativo do material do leito (conforme o método de Einstein), os valores calculados superestimaram a quantidade de sedimentos transportada em relação aos medidos de 3,79 a 6,26 para a segunda mistura e 5,67 a 10,35 para a terceira mistura.

Então, procedeu-se a utilização do diâmetro D_{65} para observar se este seria mais representativo. Neste caso ainda houve superestimação, muito embora para um grau menor. Os valores variaram de 2,44 a 4,75 para a segunda mistura e de 1,02 a 2,59 para a terceira mistura.

A utilização do D_{70} foi o que obteve uma melhor aproximação dos valores calculados com os medidos para ambas as misturas. Na segunda mistura os valores variaram de 1,36 a 3,35 e na terceira mistura a variação foi de 0,81 a 2,36.

5.1.2 – Equação de Bagnold (1956)

A equação de Bagnold (1956) também foi utilizada para estimar a quantidade de sedimentos transportada nos ensaios com leito plano. Considerando o D_{50} como tamanho representativo do material do leito, os valores calculados subestimaram a quantidade de sedimentos transportada.

Utilizando o D_{35} como tamanho representativo houve um aumento na taxa de transporte calculado. Com relação a segunda mistura, os valores calculados em relação aos medidos variaram de 0,33 a 0,60, enquanto que na terceira mistura os valores variaram de 0,36 a 0,59.

Posteriormente utilizou-se o D_{25} no cálculo do transporte sólido. Este diâmetro (D_{25}) não apresentou diferença significativa em relação ao D_{35} . A variação média em torno do D_{25} e D_{35} foi de 0,15% para a segunda mistura e 1,87% para a terceira mistura.

A utilização do D_{25} subestimou os valores de transporte calculados e estes valores variaram de 0,33 a 0,60 do observado para a segunda mistura e de 0,37 a 0,61 para a terceira mistura.

5.1.3 – Equação de Laursen (1958)

A equação de Laursen (1958) foi utilizada para estimar a quantidade de sedimentos transportada nos experimentos com dunas e leito plano. Para o caso de dunas, utilizando-se D_{50} como tamanho representativo da mistura, os valores de transporte foram subestimados e variaram de 0,08 a 0,84 do observado para a primeira mistura; de 0,43 a 1,30 para a segunda mistura e de 0,01 a 0,88 para a terceira mistura.

Refazendo-se os cálculos com a utilização do D_{35} como tamanho representativo do material do leito, observou-se uma melhoria na estimativa dos valores calculados em relação aos medidos em média de 0,31 para a primeira mistura; 0,02 para a segunda mistura e de 0,38 para a terceira mistura.

Para os ensaios com leito plano, verificou-se uma superestimação dos valores calculados em relação aos medidos utilizando D_{35} como tamanho representativo das misturas de 1,39 a 2,67 para a segunda mistura e de 1,45 a 2,58 para a terceira mistura.

Utilizando o D_{50} como tamanho representativo para a segunda mistura, os valores calculados em relação aos medidos variaram de 1,30 a 2,42 e para a terceira mistura a variação dos valores foi de 0,85 a 1,54. Houve uma redução média no transporte calculado de 18,80% para a segunda mistura e 78,69% para a terceira mistura.

A equação de Laursen (1958) mostrou-se mais sensível para pequenos ajustes na busca de um diâmetro representativo, pois apresentou diferenças significativas com pequenas variações no diâmetro de sedimento utilizado nos cálculos de transporte.

5.1.4 – Equação de Yang (1973)

A equação de Yang (1973) foi utilizada para estimar a quantidade de sedimentos transportada com a forma do leito de dunas. Utilizando-se o D_{50} como o tamanho representativo do material do leito, a relação entre os valores calculados e medidos variaram de 0,86 a 6,62 para a primeira mistura; de 2,15 a 6,38 para a segunda mistura e de 1,46 a 4,95 para a terceira mistura.

Utilizando-se o D_{35} como tamanho representativo das misturas, verificou-se uma variação de 0,91 a 7,11 para a primeira mistura; de 1,97 a 6,34 para a segunda mistura e de 1,39 a 4,04 para a terceira mistura.

Utilizando-se o D_{70} como tamanho representativo das misturas, verificou-se uma variação de 0,54 a 3,53 para a primeira mistura; de 1,72 a 5,37 para a segunda mistura e de 1,36 a 4,72 para a terceira mistura.

Verificou-se que as variações entre as três misturas ficaram próximas com os diâmetros D_{70} , D_{50} e D_{35} , o que nos indica pouca sensibilidade da equação com relação ao diâmetro característico da mistura, e conseqüentemente também com relação à bimodalidade. A importante diferença observada foi no caso de dunas em que o efeito do encaroçamento da superfície do leito pelo transporte seletivo de finos em vez de grosso foi muito mais significativo do que no caso de misturas unimodais estudadas por Siqueira (1997).

5.1.5 – Considerações Finais

Os métodos de cálculo de transporte utilizando as diversas equações, fornecem valores superestimados ou subestimados, não sendo viável portanto encontrar um diâmetro representativo para cada uma das equações de estimativas de transporte, porque a faixa de superestimação e subestimação é bastante grande.

5.2 – Relação entre o transporte sólido e tensão de cisalhamento devido aos grãos de superfície.

A separação da tensão de cisalhamento total sobre o leito em duas partes, uma devido ao atrito superficial dos grãos e outra das formas do leito, não produziu resultados satisfatórios em relação ao transporte sólido. A mesma situação foi notada por Siqueira (1997) com misturas unimodais. No presente caso, quando foi usada a tensão de cisalhamento total, pôde-se observar uma relação de transporte mais consistente. É difícil concluir que este efeito seja devido a bimodalidade da mistura, mas, certamente, reforça o conceito que cada forma do leito representa um regime de resistência e transporte distinto de outros.

As figuras 4.13 e 4.14 mostram a variação do fator de atrito f contra o número de Reynolds com velocidade de cisalhamento para a primeira mistura na forma de dunas. Constatou-se uma certa tendência considerando a velocidade de cisalhamento total, enquanto com a velocidade de cisalhamento dos grãos de superfície, os dados mostraram-se mais dispersos.

As figuras 4.15 e 4.16 mostram a variação do fator de atrito f contra o mesmo número de Reynolds para a segunda mistura com dunas. Verificou-se também uma certa tendência considerando-se a velocidade de cisalhamento total, e muita dispersão quando utilizado a velocidade de cisalhamento depois de separar o efeito das formas do leito.

5.3 – Análise da variação do fator aditivo B da equação de resistência.

As figuras 4.17 a 4.19 mostram a variação do fator B no regime de dunas para as misturas 1, 2 e 3 respectivamente. A tendência central indica uma variação linear nas misturas 1 e 2, onde o valor de B diminui com o parâmetro $\frac{U_*'}{(gV)^{1/3}}$. Estas duas misturas apresentaram uma excelente relação linear, com coeficientes de correlação (R) de 0,90338 para a mistura 1 e de 0,89649 para a

mistura 2. Na mistura 3 o valor de B apresentou um valor praticamente constante em torno de 5,0 com o valor médio de 5,1339, e um desvio padrão de 0,1726. Os baixos valores do coeficiente de correlação (0,1726), bem como o desvio padrão, reforçam a consideração do valor B como constante para esta mistura. As razões para a mudança nas declividades das retas de ajuste de acordo com o tipo bimodal de distribuição, merece avaliações mais profundas. A natureza da variação de B implica que a resistência adicional das dunas como obstáculos ao fluxo varia com as condições hidráulicas de escoamento.

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se uma diminuição na inclinação das retas lineares de ajustes para as misturas mais grossas com dunas como a forma do leito. A mistura mais fina foi o que apresentou uma maior inclinação e a mais grossa com a menor inclinação. Assim, há uma forte indicação que a bimodalidade afeta significativamente a natureza da variação da resistência do leito.

A boa relação funcional entre o fator B e o parâmetro $U_* / (g\nu)^{1/3}$ para as misturas 1 e 2, o que nos permite fazer uma previsão da resistência do canal. Por exemplo, para a mistura 1 no regime de dunas que apresentou uma profundidade média $d=0,16$; temperatura da água $T=24^\circ\text{C}$ e declividade $S=0,0018$, teremos $U_* / (g\nu)^{1/3}=2,3826$ e utilizando a equação de ajuste encontrada na fig. 4.17, o valor de B seria 5,05. Para a mistura 2 no regime de dunas com uma profundidade média $d=0,16$; temperatura da água $T=24,5^\circ\text{C}$ e declividade $S=0,0018$, temos $U_* / (g\nu)^{1/3}=2,4068$ e utilizando a equação encontrada para a mistura 2 na fig. 4.18, o valor de B seria de 5,44.

As figuras 4.20 e 4.21 mostram a variação de B no regime de leito plano para as misturas 2 e 3 respectivamente. Verificou-se também neste caso uma tendência linear com coeficientes de correlação (R) de 0,7920 para a mistura 2 e 0,93525 para a mistura 3. Fica evidente que maiores estudos são necessários neste regime, principalmente no que diz respeito à influência dos sedimentos em suspensão sobre a distribuição de velocidade. Entretanto, a tendência e a forma

da função obtida das relações gráficas podem ser considerado como um meio razoável para a previsão da resistência com leito plano. Como exemplo como para a mistura 2 no regime de leito plano, para uma profundidade média $d=0,0981$; temperatura da água $T=25^{\circ}\text{C}$ e declividade $S=0,0036$, temos $U_* / (gv)^{1/3} = 2,6243$ e utilizando a equação de ajuste obtida para a mistura 2 no regime de leito plano (fig. 4.20) obteremos o valor de B igual a 7,8881. Para a mistura 3 no regime de leito plano com uma profundidade média $d=0,0940$; temperatura da água $T=25,5^{\circ}\text{C}$ e declividade $S=0,0037$, temos $U_* / (gv)^{1/3} = 2,6040$ e entrando com este valor na equação obtida para a mistura 3 na fig. 4.21 teremos para B o valor de 8,1143. A partir de B, o valor de f e a vazão podem ser calculadas.

Pôde-se observar um acréscimo no valor do parâmetro B para o caso de leito plano em comparação com o regime de dunas. Isto é explicado pelo fato que nas misturas com dunas a profundidade de fluxo ser maior do que nos casos com leito plano, fazendo com que o parâmetro B seja reduzido, visto que de acordo com a relação obtida do fator aditivo B da equação de resistência, a profundidade é inversamente proporcional ao parâmetro B.

As relações gráficas obtidas entre o fator B e o parâmetro $(gv)^{1/3}/U_*$ nos permite fazer uma previsão de resistência nos canais aluviais quando sua forma do leito é conhecida, o qual pode ser expresso pelo valor de f.

5.4 – Previsão da resistência

As relações gráficas obtidas entre o fator B e o parâmetro $U_* / (g\nu)^{1/3}$ nos permite fazer uma previsão de resistência nos canais aluviais quando sua forma do leito é conhecida, o qual pode ser expresso pelo valor de f. Considerando como exemplo, o ensaio da mistura 2 no regime de dunas, cuja profundidade média foi de $d = 0,1589$; temperatura da água $T = 24,5^\circ\text{C}$ e declividade $S = 0,0018$; obteve-se $B = 5,44$. Utilizando este valor de B na equação 4.5, o valor de f será de 0,0687.

Vale ressaltar que, em virtude da complexidade envolvida nas misturas bimodais e da interdependência entre as propriedades do fluxo e propriedades das partículas em canais aluviais, não existe uma metodologia totalmente confiável e segura que nos permita a previsão das formas do leito para uma dada condição de escoamento, o que propicia também um alto grau de dificuldade para a previsão da resistência.

Além disto, soma-se o fato da não existência de relações universais para a distribuição da velocidade turbulenta em canais aluviais com transporte, tornando necessário o uso das distribuições de velocidade para canais rígidos com a utilização adequada da escala de rugosidade para cada forma do leito, o que vem provocando divergências nas opiniões no que tange a influência do sedimento em suspensão, o coeficiente de Von Karmam, a distribuição logaritmica da velocidade para o desenvolvimento de uma relação de resistência.

5.5 – Análise dos resultados de transporte e resistência em misturas unimodais e bimodais

Considerando que o transporte sólido e a resistência ao fluxo são fenômenos interrelacionados e dependem das mesmas variáveis de fluxo, foi feita análises através de gráficos supondo a resistência superficial devido ao atrito dos grãos de areia e a resistência total do leito.

No trabalho realizado por Siqueira (Siqueira, 1997), as misturas utilizadas tinham em comum o fato de serem unimodais e log-normais com um mesmo $D_{50} = 0,38\text{mm}$, porém apresentava distribuições granulométricas distintas. A primeira mistura foi composta por duas frações cujos D_{50} foram $0,26\text{mm}$ (60%) e $0,40\text{mm}$ (40%) que, por não serem muito diferentes, apresentava um aspecto quase uniforme. A segunda mistura teve frações com D_{50} iguais a $0,26\text{mm}$ (80%) e $0,68\text{mm}$ (20%), enquanto a terceira mistura teve em sua composição (90%) da fração de $0,26\text{mm}$ e o restante das frações de $0,68\text{mm}$ (5%) e $1,15\text{mm}$ (5%). Em seu estudo, pode-se notar que a maior dispersão foi evidenciada na terceira mistura. Provavelmente este comportamento esteja relacionado ao fato de ser esta mistura com a maior quantidade de finos em sua composição, junto com uma pequena quantidade de frações grossas. Se por um lado, em termos absolutos, a fração mais fina transmite grande mobilidade a mistura, a presença das partículas mais grossas tende a esconder as menores e por isso mesmo reduzir sua mobilidade. Os efeitos absolutos e relativos do tamanho de uma partícula sobre as outras tendem a serem mais pronunciados na zona de ripples e dunas devido ao fato que nem todas as partículas estariam em movimento, pois as tensões de cisalhamento não seriam tão elevadas.

A primeira mistura que foi composta com a distribuição quase uniforme, apresentou maiores taxas de transporte na região de ripples e dunas. Esta condição pode ser explicada pelo fato de todas as partículas, por terem tamanhos bem próximos, entrarem em movimento ao mesmo tempo, após ser superada a

tensão de cisalhamento crítica, não havendo efeitos de escondimento e proteção pela grande variação no tamanho dos grãos.

A segunda mistura teve a maior diversidade de tamanhos de grãos em sua composição, ocasionando num maior desvio padrão. Apesar de possuir mais finos do que a primeira mistura, suas menores taxas de transporte indicam o efeito de proteção dos sedimentos grossos sobre os finos, reduzindo a mobilidade da mistura como um todo.

Considerando que todas as frações se encontravam em movimento, a terceira mistura por conter a maior quantidade de finos apresentou as maiores taxas de transporte, enquanto a segunda e terceira mistura se comportavam de forma equivalente neste aspecto. Nesta região o efeito relativo do tamanho de um grão sobre outro tem pouca influência devido às elevadas tensões de cisalhamento. Estes resultados levam a crer que para taxas de transporte elevadas, efeitos relacionados a granulometria do material se tornam menos evidentes, uma vez que todas as frações estão em movimento.

No presente trabalho, as misturas tinham como características a bimodalidade, ou seja, apresentavam frações entre grossas e finas e distribuições granulométricas distintas. As misturas obtidas estão especificadas no item 3.4.5 – Granulometria dos sedimentos do capítulo 3.

A primeira mistura, que foi obtida utilizando-se frações finas e grossas nas mesmas proporções, apresentou um transporte seletivo de finos. As frações finas entraram em maior quantidade em movimento. Apesar de todas as frações obtidas nas misturas serem da faixa de areia, as frações mais grossas não foram arrastadas na mesma quantidade de finos, o que pode ser explicado pelo fato de a tensão de cisalhamento na mistura não superou a tensão de cisalhamento crítica.

A segunda mistura teve uma maior proporção de finos, o que em termos absolutos proporcionou uma grande mobilidade a mistura, mais seguiu a mesma tendência verificada na primeira mistura para os ensaios com dunas, ou seja a seletividade, mais finos entraram em movimento do que as frações grossas, ocasionando o fenômeno de encaroçamento do leito. Já para os ensaios com leito plano, devido as elevadas tensões de cisalhamento para a obtenção desta forma

do leito, todas as frações na mistura entraram em movimento, não se verificando o efeito de proteção dos finos pelos sedimentos grossos.

A terceira mistura teve uma proporção maior de sedimentos grossos, o que em termos absolutos proporcionou uma menor taxa de transporte de finos devido a uma maior quantidade de frações grossas que de certa forma impedia a movimentação de partículas mais finas, pois as mesmas ficavam escondidas entre as partículas mais grossas. Com relação aos ensaios com leito plano, foi observada a mesma situação ocorrida na terceira mistura, ou seja, todas as frações da mistura entraram em movimento, constatando a pouca influência do tamanho de um grão sobre o outro devido às elevadas tensões de cisalhamento.

5.6 – Comparação entre misturas unimodais e bimodais.

Afim de fazer uma comparação entre misturas unimodais e bimodais, foram utilizados os dados coletados por Siqueira, (1997); que utilizou três misturas de sedimentos unimodais com diferentes distribuições granulométricas.

Nas misturas unimodais, foram utilizadas três misturas diferentes, porém com o mesmo diâmetro representativo e todas na faixa de areia, onde foi constatado um certa linha de tendência, tanto para dunas quanto para leito plano, na busca de uma equação para a previsão da resistência em canais aluviais.

Nas misturas bimodais, os diâmetros representativos eram diferentes nas três misturas utilizadas, onde também foi verificado uma linha de tendência nos dados obtidos, considerando-se a tensão de cisalhamento total, propiciando a obtenção de uma equação de previsão de resistência na obtenção do parâmetro B, quando a forma do leito é conhecida.

As figuras 4.22 a 4.24 mostram a variação de B no regime de dunas para as misturas unimodais 1, 2 e 3, respectivamente. A melhor correlação foi verificada com a primeira mistura ($R=0,8397$). A mistura 1 também apresentou a maior inclinação da reta de ajuste para as misturas unimodais, sendo este uma mistura mais uniformemente distribuída. A mistura 2 apresentou um coeficiente

de correlação R de 0,6927 sendo uma mistura bem distribuída, e a mistura 3 que tinha uma distribuição granulométrica intermediária apresentou um coeficiente de correlação R de 0,4323.

Todas as três misturas apresentaram a mesma tendência verificada nos ensaios com misturas bimodais para dunas, porém com os valores de B e a inclinação da reta bem diferentes. Isto leva a crer que a bimodalidade da distribuição de sedimentos afeta a natureza da variação da resistência. Entretanto, um maior número de ensaios é necessário para se definir a natureza exata desta variação, principalmente no que diz respeito à busca de uma equação de ajuste para cada mistura com sua respectiva distribuição granulométrica, para fins de comparação estatística.

As figuras 4.25 a 4.26 mostram a variação de B no regime de leito plano para as misturas unimodais 1 e 3, respectivamente. Na mistura 1, a variação do parâmetro B foi muito pequena, com um valor mínimo de 6,030 e valor máximo de 6,595. A média foi de 6,2617 com o desvio padrão de 0,177. Na mistura 3, a variação do parâmetro B apresentou como valor mínimo 6,4714 e valor máximo 7,5445. A média foi de 6,8686 e o desvio padrão de 0,37179.

Esta situação nos indicou que, para o caso de leito plano a maior influência na resistência associada ao termo B, está no primeiro termo do segundo membro da equação 4.5, o qual relaciona o fator de atrito de Darcy Weisbach com os fatores que influenciam as formas do leito e a geometria do canal.

Foi observado que, no caso de leito plano, a inclinação da reta mostrou-se mais horizontal, fato este ocorrido em virtude da maior taxa de transporte nos leitos planos, e conseqüente aumento da resistência. Um valor constante de B significa que o fator de atrito f varia somente com a profundidade de fluxo.

Apesar de não se poder verificar o efeito da bimodalidade em sua totalidade neste trabalho, em virtude da faixa de sedimentos utilizadas ser apenas de areia (areia fina e areia grossa), visto que as bombas de recirculação de sedimentos não suportavam uma mistura mais grossa (areia com pedregulho), as

funções obtidas utilizando o parâmetro B, já nos mostrou um indicativo de como as misturas bimodais podem se comportar, conhecias as formas do leito.

A grande vantagem do método proposto para a previsão da resistência é que não há tentativa da repartição da tensão de cisalhamento total em tensão devida à resistência da superfície e a tensão devida às formas do leito, mais vale ressaltar que as funções obtidas para a previsão da resistência em misturas unimodais e bimodais, não são definitivas em virtude da não existência de uma distribuição universal de velocidade em canais aluviais e também da estimação do coeficiente de Von Karman no que tange aos sedimentos em suspensão.

CAPÍTULO VI

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 – Conclusões

De acordo com os resultados obtidos neste estudo, utilizando três misturas de sedimentos com distribuições bimodais, pode-se tirar as seguintes conclusões:

Através da utilização das equações estimativas de transportes de Einstein (1950), Bagnold (1956), Laursen (1958) e Yang (1973), a utilização do um diâmetro mediano D_{50} para representar uma mistura com características bimodais torna-se muito menos representativo do que para uma mistura unimodal, pois uma pequena variação neste diâmetro implica em uma mudança para frações finas ou grossas. Os resultados obtidos através destas equações mostraram-se bastante diferentes entre si, com diferenças grandes entre os valores medidos e calculados. Mesmo assim, para uma mesma equação de transporte o uso do D_{50} para misturas bimodais produz erros muito maiores do que observados com misturas unimodais.

Levando-se em consideração o aspecto do transporte de sedimentos, o efeito de proteção de sedimentos grossos sobre os finos não se observou para o caso de dunas, houve um transporte maior de partículas finas. Esta situação é devido ao fato de não se ter frações muito grossas como pedregulhos nas misturas, sendo todas na faixa de areia. Assim, as partículas finas foram mais transportadas do que as partículas grossas, proporcionando o fenômeno do encaroçamento do leito.

Com relação aos ensaios com leito plano, como a tensão de cisalhamento no leito foi maior do que a tensão crítica para frações mais grossas, o movimento de todas as frações ocorreram, ou seja, praticamente todas as partículas existentes na mistura entraram em movimento ao mesmo tempo, não se verificando o fenômeno de encaroçamento do leito.

Conclue-se que, o efeito de proteção e o escondimento de finos se observa com maiores tamanhos, como rochas e pedregulhos, pois mesmo com uma distribuição bimodal de sedimentos na faixa de areia grossa, o efeito de transporte seletivo foi mais favorável aos finos do que aos grossos.

Com relação as variações da resistência dos canais aluviais, os resultados experimentais mostraram que existe uma relação funcional expressa na forma da equação (4.5) e cada forma do leito representa um regime de resistência distinta.

A grande vantagem para a previsão da resistência é que não há nenhuma tentativa da repartição da tensão de cisalhamento total em tensão devida à resistência da superfície e a tensão devida às formas do leito. Apesar da validade comprovada deste conceito, os métodos disponíveis para a divisão não são satisfatórios e podem induzir grandes erros.

6.2 – Recomendações

Recomenda-se um estudo com maior número de ensaios utilizando misturas de sedimentos bimodais, para que se possa avaliar de forma mais precisa os efeitos de proteção e escondimento das partículas, principalmente utilizando frações de sedimentos com granulometrias finas e muito grossas, como por exemplo, areia e pedregulho.

Recomenda-se ainda um estudo mais cuidadoso das fórmulas de transporte de sedimentos em função da granulometria do material do leito; um estudo que

leve em conta vários tamanhos de frações a serem utilizadas nas misturas, para limitar ainda mais a faixa de aplicabilidade de determinada equação.

O fator aditivo B na equação (4.5) se torna uma função das condições do fluxo, principalmente da velocidade de cisalhamento e a viscosidade do fluido. A forma funcional do fator B depende muito da distribuição granulométrica dos sedimentos e a identificação desta função permite a previsão de resistência e vazão para cada regime da forma do leito e distribuição de sedimentos.

Referências

1. ACKERS, P. & WHITE, W. R., *Sediment Transport, New Approach and Analysis. Journal of Hydraulics Division, Proc ASCE, Vol. 99, No 11, Nov., 1973, pp. 2041-2060.*
2. ANDREWS, E. D., (1983). *Entrainment of gravel from naturally sorted riverbed material. Geol. Soc. Am. Bull., 94, 1225-1231.*
3. ANNANDALE, G. W. (1986) *Reservoir Sedimentation, Developments in Water Resources, vol. 29, Elsevier, Amsterdam, 215p.*
4. BAGNOLD, R. A (1956). *The Flow of Cohesionless Grains in Fluids. Philosophical Transation, Royal Society, London, Series A, Vol. 249, pp 235-297.*
5. CARLING, P. A. (1983). *Threshold of coarse sediment in broad and narrow natural streams. Earth Surf. Processes Landforms, 8, 1, 1-18.*
6. CHIEW, Y. M. (1991) *Bed Features in Non-Uniforms Sediments, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, vol. 117, No 1, pp116-120.*
7. CIOFFI & GALLERANO, F. (1991), *Velocity and Concentration Profiles of Solid Particles in a Channel with Movable and Erodible Bed. Journal of Hydraulic Research, Vol. 29, No 3, pp 387-399.*
8. COLEMAN, N. L. (1981) *Velocity Profiles with Suspended Sediment. Journal of Hydraulics Research, Vol. 19, No 3, pp 211-229.*

9. COLEMAN, N. L. (1986) *Effects of Suspended Sediment on the Open Channel Velocity Distribution*, Water Resources Research, Vol. 22, N.º 10, pp 1377-1384.
10. DA CUNHA, L. V. (1969). *Evolução e posição atual dos conceitos sobre transporte sólido em escoamentos com superfície livre*. Ministério das Obras Públicas, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.
11. DUBOYS, M. P. (1978), *Etudes du regime et l'Action Exercées par les Eaux sur un Llis à Fond de Graviers Indefiniment Affouable*, Annales de Ponts et Chaussées, Ser. 5, Vol. 18, pp. 141-195.
12. EGLAZAROFF, I. V.,(1965) *Calculation of Nonuniform Sediment Concentration*. Journal of the Hydraulic Division, ASCE, HY4, pp.225-247.
13. EINSTEIN, H. A (1950) *The Bed Load Function for Sediment Transportation in Open Channels*, Technical Bulletin 1026, USDA.
14. EINSTEIN, H. A. & BARBAROSA, N. L. (1952) *River Channel Roughness*, Transactions, ASCE, Vol. 117, pp 1121-1146.
15. GARDE, R. J. & RANGARAJU, K. G. (1966), *Resistance Relationships for Alluvial Channels*. Journal of the Hydraulic Division, Vol. 92, HY 4, pp 77-100.
16. GRAFF, W. H., (1971), *Hdraulics of Sediment Transport*. Mc Graw Hill Book Company, New York, 513p.
17. HAMMOND, F. D. C., A. D. HEATHERSHAW, & D. N. LANGHORNE (1984). *A comparison between Shields threshold criterion and the movement of loosely packed gravel in a tidal channel*. Sedimentology, 31, 51-62.

18. HAQUE, M. I., & MAHMOOD, K. I. (1986), *Analytical Study on Steepness of Ripples and Dunes*. Journal of Hydraulics Engineering, Vol. 112, HY 3, pp 220-236.
19. KEULEGAN, G. H., (1938), *Laws of Turbulence flow in open channels*, Journal, National Bureau of Standards, Washington, D. C., Research Paper 1151, Vol. 21, December, pp. 707-741.
20. KRAMER, H. (1965) *Sand Mixtures and Sand Movement in Fluvial Models, Transactions*, ASCE, vol. 100, PP. 798-878.
21. LAURSEN, E. M. (1958) *The Total Sediment Load in Streams*. Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 84, N_o HY 1, pp 1-36.
22. MOREIRA, L. F. F., (1996). *Estudio experimental de la influencia de la granulometria en el transporte solido para cauces con fondo movil*. Tese de Doutorado, Universidad Politecnica de Madrid.
23. NEILL, C. R. & M. S. YALIN, (1969), *Quantitative definition of begining of bed movement*. Journal of Hydraul. Eng. 95(HY1), 585-587.
24. OGIHARA, Y., & MIAZAWA, N. (1991), *Laws of Resistence of Pipe Flow of Solid Liquid Mixtures*, Journal of Htdraulic Research, Vol. 29, N_o 2, pp 189-205.
25. PARKER, G., DHAMOTHARAN, S., & STEFAN, H. (1982), *Model experiments on mobile, paved gravel bed streams*. Water Resources Res., 18, 5, 1395-1408.

26. RAUDKIVI, A. J. (1976). *Loose Boundary Hydraulics*. 2nd Ed. Pergamon Press International, New York, 348p.
27. RAUDKIVI, A. J., & WITTE, H. H. (1990), *Development of Bed Features*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 118, N^o 9, pp 1063-1079.
28. REGO J. C. & SRINIVASAN, V. S. (1981). *Variações de Resistência e Transporte nos Canais Aluviais*. Anais, IV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Fortaleza - CE; vol. 1, pp. 201-243.
29. RÊGO, J. C., (1981), *Relações de resistência e de transporte para canais aluviais*. Tese de mestrado, Campina Grande, Universidade Federal da Paraíba, Campus II.
30. RUBEY, W. W. (1933), *Settling Velocities of Gravel Sand and Silt*, A J. of Science, Vol. 25, pp. 325-338.
31. SCHULZ, E. F. WILDE, R. H., & ALBERTSON, M. L., (1954), *Influence of Shape on the fall velocity of Sedimentary Particles*. MRD Sediment Series N^o 5.
32. SCHOKLITSCH, A., (1930), *Handbuch des Wasserbaues*, Spinger Vienna, (2nd ed.1950), English Translation (1937) by S. Shulits.
33. SHEN, H. W. (1979), *Introduction, Flow Resistance, Sediment Transport in Modeling Rivers*. (ED. H. W. SHEN) John Wiley, Chapter I pp 1-35.
34. SHIELDS, A. (1936) *Anwendung der Aehnlichkeitsmechanik und Turbulenz Forschung auf die Geschiebewegung*, Mitteilung Preussischen Versuchanstalt Wasser, ERD, Schiffbau, Berlim, N^o 26 (in German).

35. SIMONS, D. B. & RICHARDSON, E. V. (1961), *Forms of Bed Roughness in Alluvial Channels*. Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol. 87, No. HY 3, pp 87-103.
36. SIMONS, D. B. & RICHARDSON, E. V. (1962), *Depth Discharge Relation in Alluvial Channels*, Journal of Hydraulic Division, ASCE, Vol. 88, No. HY 5, pp 57-72.
37. SIMONS, D. B. & SENTURK, F. (1977). *Sediment Transport Technology*. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 807p.
38. SIQUEIRA, M. T. (1997). *Estudo da Influência da Distribuição Granulométrica sobre o Transporte e Resistência em Canais Erodíveis*. Tese de Mestrado em Engenharia Civil, UFPB, Campina Grande – PB.
39. SRINIVASAN, V. S. & CAVALCANTE R. G. (1983). *Um Estudo Comparativo das Equações de Transporte de Sedimentos para as Dunas*. Anais, X Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Gramado R. S.; vol. 5, pp. 238-247.
40. SRINIVASAN, V. S. & CURI R. C. (1987). *A Avaliação do Transporte Sólido em Canais Aluviais na Condição de Leito Plano*. Anais, VII Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Salvador - BA; vol. 3, pp. 338-348.
41. SRINIVASAN, V. S. & HILL, M. H., (1985), *A roughness instability function for analysis of flow in alluvial channels*. Anais do VI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Vol. 1, pp 243-257.

42. SRINIVASAN, V. S. & SAWAI, K. (1991). *Um Sistema de Recirculação Computadorizado para Pesquisa em Transporte de Sedimentos*. Anais, IX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos; vol. 3, pp.417-426, 11/91.
43. SRINIVASAN, V. S. (1969). *The Mechanics of Flet Bed Flow and Ocurrence of Bed Forms in Alluvial Channels*. Ph.D. thesis, Waterloo, University of Waterloo.
44. SRINIVASAN, V. S. (1992). *Uma Metodologia para a Previsão e Análise da Resistência nos Canais Aluviais*. Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus. II, para o Concurso Público de Professor Titular na Área de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil, Campina Grande
45. UMEYAMA, M., & GERRITSEN, F. (1992), *Velocity Distribution in Uniform Sediment Laden Flow*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 118, N^o 2, pp 229-245.
46. VAN RINJ, L. C., (1984c), *Sediment Transport, Part III – Bed Forms and Aluvial Roughness*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, C, pp 1733-1754.
47. VANONI, V. A. (1977). *Sedimentation Engineering*. ASCE - Manual and Reports on Engineering Pratices nr 54, 745p
48. VANONI, V. A. (1984). *Fifty Years of Sedimentation*. Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, N^o 8, pp 1021-1057.

49. VANONI, V. A. & BROOKS, N. H. (1957), *Laboratory studies of the roughness and suspended load of alluvial streams*, Report E-68, California Inst. Of Technology, Pasadena, California, 121p.
50. WADELL, H. (1932), *Volume, Shape, and Roundness of Rock Particles*, Journal of Geology, vol. 40, pp. 443-451.
51. WANG, S. Y. (1981) *Variation of Karman Constant in Sediment Laden Flow*. Journal of Hydraulic Division, Vol.107, N^o 3, pp 407-418.
52. WEISBERG, P. L. & SMITH, J. D. (1991) *Velocity Distribution and Bed Roughness in High Gradient Streams*. Water Resources Research, Vol. 27, N^o 5, pp 825-838.
53. WILCOCK, P. R. & SOUTHARD, J. B. (1989). *Experimental Study of Incipient Motion in Mixed-Size Sediments*. Water Resources Research., vol. 24, N^o 7, pp 1137-1151.
54. WILCOCK, P. R., (1988), *Methods for estimating the critical shear stress of individual fractions in mixed-size sediment*. Water Resources Res., 24(7), 1127-1135.
55. YALIN, M. S., & KARAHAN, E. (1979), *Stepness of Sedimentary Dunes* Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 105, N^o HY4, pp 381-392.
56. YALIN, M. S., (1977), *Mechanics of Sediment Transport*, Pergamon, Elmsford, New York.
57. YANG, C. T. (1973) *Incipient Motion and Sediment Transport*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, vol. 99, No HY10, pp 1679-1701.

58. YANG, C. T. (1991) *Comparisons of Selected Bed Materials Load Formulas*, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, vol. 117, No. 8, pp 973-989.

ANEXOS

Anexo 1

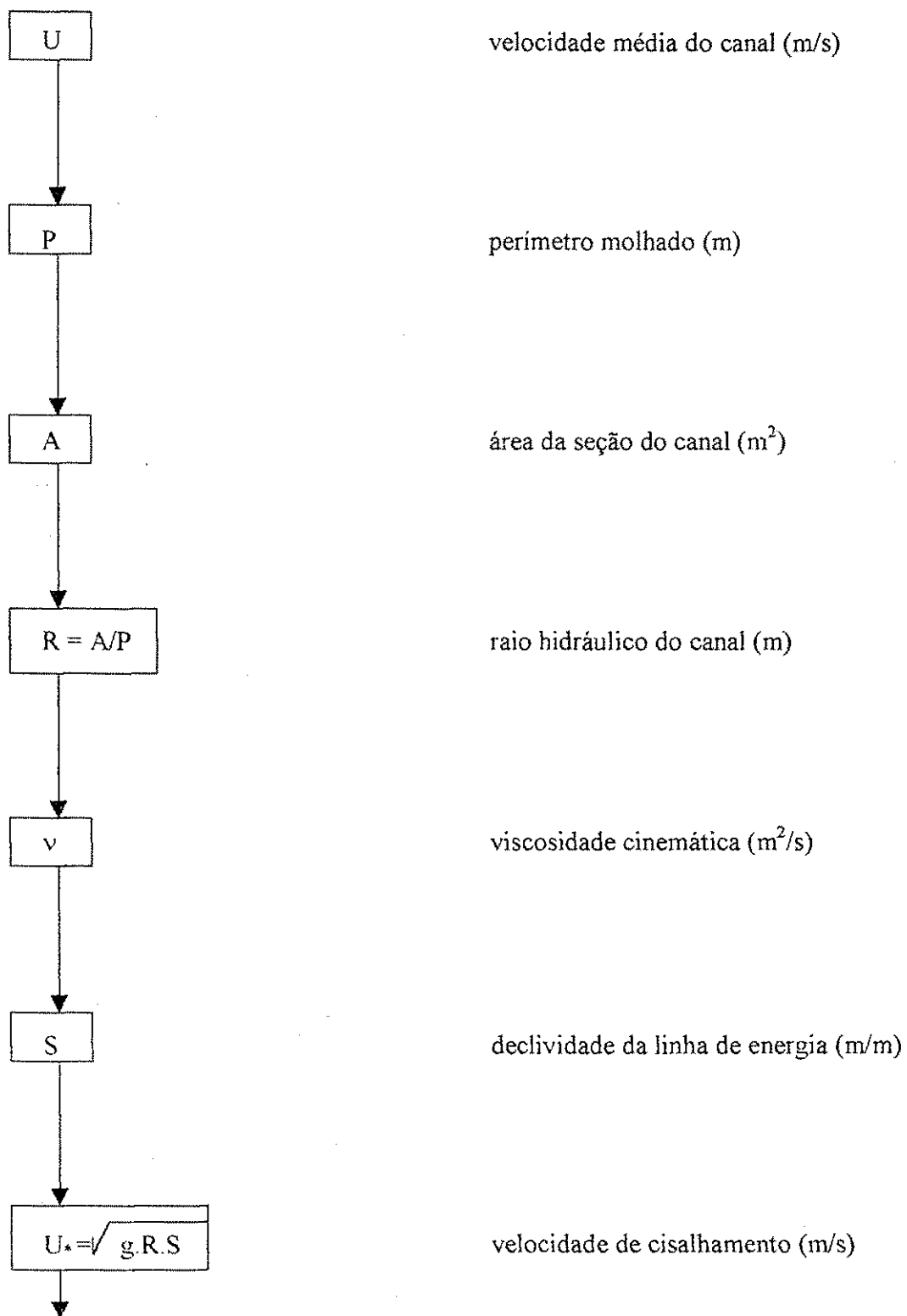
Método de Vanoni e Brooks (1957)

Procedimento de cálculo para a correção do efeito das paredes laterais do canal.

Geralmente o leito de canais de laboratório é mais rugoso que as paredes, que normalmente são de vidro. Em canais naturais o leito pode ser mais ou menos rugoso que as laterais. O método de Vanoni e Brooks (1957) é um procedimento de cálculo que permite a determinação de uma força cisalhante exercida sobre o leito como se o canal fosse largo, sem a influência das paredes laterais. Usando esta metodologia, os dados de laboratório podem ser aplicados e verificados no campo. Para o desenvolvimento do método foram feitas as seguintes hipóteses:

- 1) a seção transversal pode ser dividida em duas seções, uma produzindo cisalhamento no leito e outra nas paredes;
- 2) a velocidade em cada seção é igual a velocidade no canal;
- 3) o raio hidráulico R , a velocidade de cisalhamento U_* , o coeficiente de atrito f e o número de Reynolds Re podem ser calculados para cada seção, como se cada uma fosse de um canal;
- 4) as rugosidades das superfícies são homogêneas, embora diferentes.

Procedimento de Cálculo



$$f = 8 \cdot U_*^2 / U^2$$

coeficiente de atrito do canal

$$R_e = 4 \cdot R \cdot U / \nu$$

Número de Reynolds do canal

$$R_{ew} / f_w = R_e / f$$

A relação entre o número de Reynolds e o coeficiente de atrito são iguais para as paredes, para o leito e para o canal como um todo.

$$f_w$$

coeficiente de atrito da parede

$$d, b$$

profundidade e largura do canal (m)

$$f_b = f + 2 \cdot d \cdot (f - f_w) / b$$

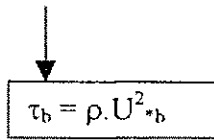
coeficiente de atrito relativo ao leito

$$R_b = f_b \cdot U^2 / (8 \cdot g \cdot S)$$

raio hidráulico relativo ao leito (m)

$$U_{*b} = \sqrt{g \cdot R_b \cdot S}$$

veloc de cisalhamento relativo ao leito (m/s)



$$\tau_b = \rho \cdot U^2_{*b}$$

tensão de cisalhamento relativo ao leito (N/m^2)

Foi assumido que a relação de Darcy – Weisback pode ser aplicada para cada parte da seção crítica bem como para a seção como um todo, ou seja:

$$\frac{U^2}{S} = \frac{8 \cdot g \cdot A}{f \cdot P} = \frac{8 \cdot g \cdot A_b}{f_b \cdot P_b} = \frac{8 \cdot g \cdot A_w}{f_w \cdot P_w}$$

$$A = A_b + A_w$$

(área do leito e das paredes)

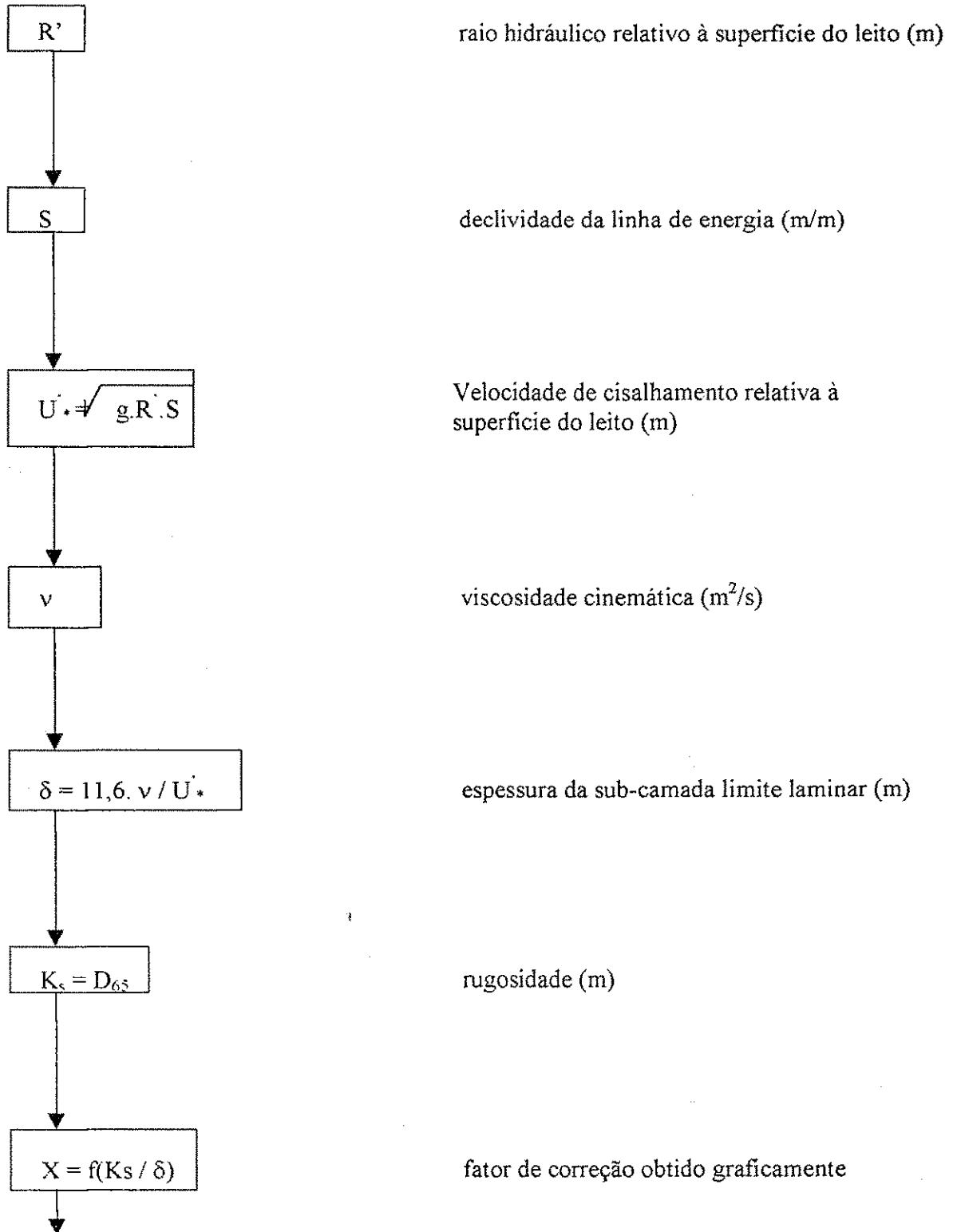
Anexo 2

Método de Einstein e Barbarosa (1952)

Procedimento para a consideração da influência das formas do leito.

Geralmente há necessidade de se eliminar a resistência ao fluxo provocada pelas formas do leito. Um método para se determinar esta resistência foi desenvolvido por Einstein e Barbarosa, (1952) através da velocidade de cisalhamento (U_*). Os autores do método definiram um parâmetro de transporte e o correlacionaram com a relação U/U_* ; onde a partir da velocidade de cisalhamento referente às formas do leito e por tentativas, obter-se o raio hidráulico da superfície do leito.

Procedimento de Cálculo



Anexo 2

Método de Einstein e Barbarosa (1952)

Procedimento para a consideração da influência das formas do leito.

Geralmente há necessidade de se eliminar a resistência ao fluxo provocada pelas formas do leito. Um método para se determinar esta resistência foi desenvolvido por Einstein e Barbarosa, (1952) através da velocidade de cisalhamento (U''_*). Os autores do método definiram um parâmetro de transporte e o correlacionaram com a relação U/U''_* ; onde a partir da velocidade de cisalhamento referente às formas do leito e por tentativas, obter-se o raio hidráulico da superfície do leito.

Procedimento de Cálculo

