

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA COM TURBIDEZ BAIXA E COR
MODERADA UTILIZANDO SEMENTES DE *MORINGA OLEIFERA***

RENATA OTTINA RAMOS

CAMPINAS

2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**CLARIFICAÇÃO DE ÁGUA COM TURBIDEZ BAIXA E COR
MODERADA UTILIZANDO SEMENTES DE *MORINGA OLEIFERA***

Tese de doutorado submetida à
banca examinadora para obtenção do
título de Doutor em Engenharia
Agrícola, na área de concentração Água
e Solo.

Autora: RENATA OTTINA RAMOS

Orientador: Prof. Dr. José Euclides Stipp Paterniani

Co-Orientadora: Prof^a Dr.^a Regina Maura Bueno Franco

CAMPINAS

2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

R147c Ramos, Renata Ottina
Clarificação de água com turbidez baixa e cor moderada
utilizando sementes de *Moringa oleifera* / Renata Ottina Ramos.--
Campinas, SP: [s.n.], 2005.

Orientador: José Euclides Stipp Paterniani.
Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Água - Purificação. 2. Água - Purificação - Coagulação. 3.
Moringaceae. I. Paterniani, José Euclides Stipp. II. Universidade
Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. III.
Título.

Titulo em Inglês: Clarification of water with low turbidity and moderate color using *Moringa oleifera* seeds

Palavras-chave em Inglês: Water treatment, Coagulation, Natural Coagulants, Moringaceae

Área de concentração: Água e Solo

Titulação: Doutora em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Adalberto Farache Filho, Denis Miguel Roston, Adelmo Resende da
Silva e Marco Roberto Pires

Data da defesa: 28/11/2005

*Boa tese nem é a que, com ares de fácil,
se entrega sem nenhum obstáculo ao leitor;
nem tampouco é a que, misteriosa em demasia,
se fecha à produção de sua compreensão.
Boa tese é a que, desafiando o leitor,
provoca nele a alegria de lê-la. (PAULO FREIRE)*

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha família, mas sobretudo, à uma pessoa que sempre se mostrou interessada, orando ou aconselhando, foi todo o tempo um ombro acolhedor presente nos momentos cruciais e de dificuldades... mais do que uma presença constante, foi o princípio de toda a minha trajetória, um legado de exemplo edificante: dedico este trabalho à Marise, minha mãe.

Agradecimentos

Meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, em especial:

Ao professor José Euclides Stipp Paterniani e aos membros da banca examinadora pelas correções e sugestões que contribuíram para a versão final deste trabalho.

Às professoras Regina Maura B. Franco (Instituto de Biologia/UNICAMP), Cristina C. S. Brandão (docente da Faculdade de Tecnologia/UnB) e também ao professor José Roberto Guimarães Faculdade de Engenharia Civil/ UNICAMP) pelo apoio e incentivo que sempre recebi.

Ao professor Carlos Gomes da Nave Mendes, docente da Faculdade de Engenharia Civil/UNICAMP por tantos ensinamentos.

Aos professores da Faculdade de Engenharia Agrícola: Prof. Dr. Denis Miguel Roston e Prof. Dr. Edson Eiji Matsura.

À Maria Salete Alves Rangel, pesquisadora da EMBRAPA e à Nikolaus Von Behr, proprietário do viveiro PauBrasília pelas sementes que foram doadas.

Aos funcionários, técnicos e laboratoristas da Faculdade de Engenharia Agrícola: Ana, Angélica, Célia, Freire, Júnior, Gelson, Lucarelli, Marta, Rô, Silvinha, Socorro, Suzy e Túlio.

Aos colegas da Faculdade de Agronomia/UnB e também da Faculdade de Engenharia Agrícola e Faculdade de Engenharia Civil /UNICAMP pelo companheirismo demonstrado.

Às pessoas que sempre estiveram presentes: Caroline Andreuccetti, Christiane Coletti, Douglas Salgado, Eder Gomes, Eduin Aranda, Elias Nicolas, Fernando Coelho, Gilbert Santos, Jeferson Cassiano, Josenilson Campos, Luciana Londe, Marcelo Moreira, Roger Mestas, Rogério Airoidi e Silvestre Rodrigues.

Àquelas que são especiais por conseguirem transformar, com sua dedicação e amizade, as horas de trabalho árduo em momentos memoráveis: Ana Elisa S. Melo e Gabriela M. Mota.

Aos amigos Cezar Freitas, Márcio Roque, Marcos Sanches e Robson Tavares, que conquistaram meu respeito e minha admiração.

Agradeço também à uma pessoa que tem um sobrenome que mais parece "uma sopa de letrinhas" (*Zurmely*) mas que atende prontamente, algumas vezes sorrindo até, por um simples HENRI: obrigada, pelos gráficos de superfícies, pelos sanduíches, por seu apoio, seu carinho...

Sumário

	Página
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	xx
Lista de Símbolos e Abreviaturas	xxii
Resumo	xxiv
Abstract	xxv
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	5
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO DE ÁGUA	10
3.2 OPERAÇÕES UNITÁRIAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA	16
3.2a Coagulação e Flocculação	16
3.2b Sedimentação e Filtração	20
3.3 COAGULANTES NATURAIS	22
3.3a <i>Moringa oleifera</i>	23
4.METODOLOGIA	39
4.1 OBTENÇÃO DO COAGULANTE	42
4.2 ENSAIOS DE CLARIFICAÇÃO	45

5.RESULTADOS E DISCUSSÕES	47
5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES	48
5.2 ENSAIOS PRELIMINARES	50
5.3 ENSAIOS DA FASE 1	55
5.4 ENSAIOS DA FASE 2	59
5.4a Resultados da série VII	63
5.4b Resultados da série VIII	64
5.4c Resultados da série IX	66
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
6.CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	81
ANEXOS	83
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	237
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	243

LISTA DE FIGURAS

	Página
FIGURA 1.1 <i>Moringa oleifera</i> : árvore plantada em 2003 no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP	3
FIGURA 3.1 Esquema da relação entre o uso, grau de tratamento e qualidade da água	8
FIGURA 3.2 Distribuição de tamanho de algumas partículas na água	9
FIGURA 3.3 Representação esquemática da água adsorvida ao redor de uma partícula de argila	12
FIGURA 3.4 Configuração esquemática da Dupla Camada Elétrica	12
FIGURA 3.5 Modelos estruturais básicos: representação esquemática da orientação de partículas	14
FIGURA 3.6 Interação entre duas partículas coloidais semelhantes	15
FIGURA 3.7 Etapas do processo de coagulação e floculação	17
FIGURA 3.8 Reações esquemáticas dos mecanismos de coagulação para remoção de turbidez: a) mecanismo de neutralização de carga e b) mecanismo de coagulação por varredura	18
FIGURA 3.9 Representação esquemática de uma semente: corte longitudinal	23
FIGURA 3.10 Atividade coagulante das sementes de <i>Moringa oleifera</i>	26
FIGURA 3.11 Coagulação da suspensão de caulinita com coagulante extraído das sementes de <i>Moringa oleifera</i> por água destilada (MOC-DW) e NaCl (MOC-SC)	26
FIGURA 3.12 Atividade coagulante para diferentes concentrações da solução de NaCl utilizada para extração do coagulante das sementes de <i>M. oleifera</i> (MOC-SC)	27
FIGURA 3.13 Curvas de turbidez remanescente de água sintética coagulada com sementes de <i>M. oleifera</i> e diferentes solventes: solução de NaCl (MOC-SC), solução de KNO ₃ (MOC-PN), solução de KCl (MOC-PC), solução de NaNO ₃ (MOC-SN) - concentração 1 Mol/L para todos os solventes ..	27

FIGURA 3.14	Turbidez residual e Potencial Zeta da água em função da dosagem de coagulante de <i>M. oleifera</i> extraído de sementes sem a casca	28
FIGURA 3.15	Curvas de turbidez residual (após 2 horas de sedimentação) em função da turbidez da água sintética preparada com suspensão de caulinita	30
FIGURA 3.16	Turbidez residual e COD com água sintética tratada com solução coagulante (extração com sal: MOC-SC) e solução coagulante purificada (MOC_SP-pc)	31
FIGURA 3.17	Modelo de estrutura do componente coagulante ativo no MOC-SC-pc ..	32
FIGURA 3.18	Esquema da instalação piloto empregando filtração direta	34
FIGURA 3.19	Curvas de turbidez e evolução da perda de carga em função da taxa aplicada: filtração direta	35
FIGURA 3.20	Curvas de remoção de turbidez e evolução da perda de carga em função do tempo de filtração: a. sulfato de alumínio e b. sulfato de alumínio como coagulante primário e <i>M. oleifera</i> como auxiliar	35
FIGURA 3.21	Instalação de bancada para filtração direta	36
FIGURA 3.22	Representação esquemática de uma instalação piloto para tratamento de água: fluxo contínuo	37
FIGURA 3.23	Valores de turbidez da água bruta e turbidez residual para experimentos conduzidos em instalação piloto com fluxo contínuo	38
FIGURA 4.1	Equipamento de JarTest: Mod. 218 LDB	39
FIGURA 4.2	Curva característica do equipamento de JarTest utilizado: gradiente de velocidade em função da rotação do agitador (sem estatores)	40
FIGURA 4.3	Obtenção da suspensão coagulante (a, b e c) e preparativos para a realização de um ensaio de clarificação (d)	44
FIGURA 5.1a	Histograma: peso dos cotilédones do primeiro lote de sementes (Média = 130,2 mg e Desvio padrão = 0,04468)	49
FIGURA 5.1b	Histograma: peso dos cotilédones do primeiro lote de sementes (Média = 107,1 mg e Desvio padrão = 0,06239)	49
FIGURA 5.2	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (C = 3,0%): $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$ e $T_{ml} = 20 \text{ min}$	51
FIGURA 5.3	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (C = 5,0%): $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$ e $T_{ml} = 5 \text{ min}$	51
FIGURA 5.4	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação. (Coagulação: 100 s^{-1} por 60s e floculação: 40 s^{-1} por 15 min)	52

FIGURA 5.5a	Curvas de remoção cor aparente em função do tempo de sedimentação para diferentes concentração do coagulante e os respectivos Tml para cada ensaio: Tmr = 60s e D = 75 mg/L	53
FIGURA 5.5b	Curvas de remoção de turbidez em função do tempo de sedimentação para diferentes concentração do coagulante e os respectivos Tml para cada ensaio: Tmr = 60s e D = 75 mg/L	54
FIGURA 5.6a	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (C = 2,5%): Gmr = 100 s ⁻¹ , Tmr = 30s, Gml = 20 s ⁻¹ e Tml = 10min)	55
FIGURA 5.6b	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (C = 2,5%): Gmr = 200 s ⁻¹ , Tmr = 30s, Gml = 40 s ⁻¹ e Tml = 15 min)	56
FIGURA 5.7a	Eficiência da remoção de turbidez e cor aparente por filtração direta em papel de filtro após coagulação e floculação (C = 2,5%; Gmr = 100s ⁻¹ e Tmr = 30s)	57
FIGURA 5.7b	Eficiência da remoção de turbidez e cor aparente por filtração direta em papel de filtro após coagulação e floculação (C = 2,5%; Gmr = 200s ⁻¹ e Tmr = 30s)	58
FIGURA 5.8a	Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, Gmr = 100 s ⁻¹ e Tmr = 15s)	60
FIGURA 5.8b	Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, Gmr = 200 s ⁻¹ e Tmr = 15s)	60
FIGURA 5.9a	Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, Gmr = 100 s ⁻¹ e Tmr = 30s)	61
FIGURA 5.9b	Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, Gmr = 200 s ⁻¹ e Tmr = 30s)	61
FIGURA 5.10a	Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, Gmr = 100 s ⁻¹ e Tmr = 60s)	62
FIGURA 5.10b	Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, Gmr = 200 s ⁻¹ e Tmr = 60s)	62
FIGURA 5.11a	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C= 2,5%): Gmr = 100 s ⁻¹ , Tmr = 15s e Tml = 20 s ⁻¹	63
FIGURA 5.11b	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C= 2,5%): Gmr = 100 s ⁻¹ , Tmr = 15s e Gml =80 s ⁻¹	63
FIGURA 5.12	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C= 2,5%): Gmr = 200 s ⁻¹ , Tmr = 15s, Gml = 40 s ⁻¹	64

FIGURA 5.13a	Turbidez e cor remanescente em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C= 2,5%): Gmr = 100 s ⁻¹ , Tmr = 30s e Gml = 20 s ⁻¹	64
FIGURA 5.13b	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C= 2,5%): Gmr = 100 s ⁻¹ , Tmr = 30s e Gml = 40 s ⁻¹	65
FIGURA 5.14a	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C=2,5%): Gmr = 200 s ⁻¹ , Tmr = 30s, Gml = 40 s ⁻¹	65
FIGURA 5.14b	Turbidez e cor remanescente em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C=2,5%): Gmr = 200 s ⁻¹ , Tmr=30s e Gml = 80 s ⁻¹	65
FIGURA 5.15a	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C=2,5%): Gmr = 100 s ⁻¹ , Tmr = 60s e Gml = 20 s ⁻¹	66
FIGURA 5.15b	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C=2,5%): Gmr = 100 s ⁻¹ , Tmr = 60s e Gml = 40 s ⁻¹	66
FIGURA 5.16	Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D = 37,5 mg/L e C=2,5%): Gmr = 200 s ⁻¹ , Tmr = 60s e Gml = 40 s ⁻¹	67
FIGURA 5.17a	Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação (D = 37,5mg/L e C=2,5%; Gmr = 100s⁻¹ e Tmr = 15s; Gml = 20 s⁻¹) Turdidez da água bruta = 11,0 NTU e cor aparente = 129 mg PtCo/L ..	71
FIGURA 5.17b	Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação (D = 37,5mg/L e C=2,5%; Gmr = 100s⁻¹ e Tmr = 30s; Gml = 20 s⁻¹) Turdidez da água bruta = 12,7 NTU e cor aparente = 125 mg PtCo/L ..	71
FIGURA 5.17c	Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação (D = 37,5mg/L e C=2,5%; Gmr = 100s⁻¹ e Tmr = 30s; Gml = 20 s⁻¹) Turdidez da água bruta = 8,67 NTU e cor aparente = 67 mg PtCo/L	71
FIGURA 5.18a	Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação (D = 37,5mg/L e C=2,5%; Gmr = 100s⁻¹ e Tmr = 15s; Gml = 40 s⁻¹) Turdidez da água bruta = 14,5 NTU e cor aparente = 160 mg PtCo/L ..	72
FIGURA 5.18b	Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação (D = 37,5mg/L e C=2,5%; Gmr = 100s⁻¹ e Tmr = 30s; Gml = 40 s⁻¹) Turdidez da água bruta = 10,0 NTU e cor aparente = 104 mg PtCo/L ..	72
FIGURA 5.18c	- Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação (D = 37,5mg/L e C=2,5%; Gmr = 100s⁻¹ e Tmr = 30s; Gml = 40 s⁻¹) Turdidez da água bruta = 8,04 NTU e cor aparente = 86 mg PtCo/L	72

- FIGURA 5.19a Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 9,84 NTU e cor aparente = 115 mg PtCo/L 73
- FIGURA 5.19b Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 9,89 NTU e cor aparente = 95 mg PtCo/L 73
- FIGURA 5.19c Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 8,17 NTU e cor aparente = 80 mg PtCo/L 73
- FIGURA 5.20a Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 6,82 NTU e cor aparente = 86 mg PtCo/L ... 74
- FIGURA 5.20b Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 11,0 NTU e cor aparente = 105 mg PtCo/L .. 74
- FIGURA 5.20c Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 6,36 NTU e cor aparente = 65 mg PtCo/L 74
- FIGURA 5.21a Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 4,55 NTU e cor aparente = 67 mg PtCo/L 75
- FIGURA 5.21b Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 9,11 NTU e cor aparente = 95 mg PtCo/L ... 75
- FIGURA 5.21c Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 6,12 NTU e cor aparente = 59 mg PtCo/L ... 75
- FIGURA 5.22a Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$). Turbidez da água bruta = 11,4 NTU e cor aparente = 156 mg PtCo/L ... 76

FIGURA 5.22b	Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$) Turbidez da água bruta = 9,52 NTU e cor aparente = 101 mg PtCo/L ..	76
FIGURA 5.22c	Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$) Turbidez da água bruta = 7,23 NTU e cor aparente = 68 mg PtCo/L ..	76
FIGURA A1.a	- Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{mr} : $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$ e Tml = 10min	89
FIGURA A1.b	- Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{mr} : $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$ e Tml = 10min	90
FIGURA A2.a	- Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{mr} : $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60\text{s}$ $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$ e Tml = 10min	91
FIGURA A2.b	- Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{mr} : $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$ e Tml = 10min	92
FIGURA A3.a	- Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{mr} : $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 80\text{s}^{-1}$ e Tml = 10min	93
FIGURA A3.b	- Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{mr} : $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 80\text{s}^{-1}$ e Tml = 10min	94
FIGURA A4.a	- Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{ml} : $C = 1.5\%$, $G_{ml} = 400\text{s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$, e Tml = 10min	95
FIGURA A4.b	- Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{ml} : $C = 1.5\%$, $G_{ml} = 400\text{s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$, e Tml = 10min	96
FIGURA A5.a	- Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{ml} : $C = 1.5\%$, $G_{ml} = 200\text{s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$, e Tml = 10min	97
FIGURA A5.b	- Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do G_{ml} : $C = 1.5\%$, $G_{ml} = 200\text{s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$, e Tml = 10min	98

FIGURA A6.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 1.5%, Gml = 100s⁻¹ , Tmr = 60s, e Tml = 10min	99
FIGURA A6.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 1.5%, Gml = 100s⁻¹ , Tmr = 60s, e Tml = 10min	100
FIGURA B1.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3.0%, Tmr = 60s , Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 20min	106
FIGURA B1.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3.0%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 20min	107
FIGURA B2.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3.0%, Tmr = 60s, Gml = 40s ⁻¹ e Tml = 20min	108
FIGURA B2.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3.0%, Tmr = 60s, Gml = 40s ⁻¹ e Tml = 20min	109
FIGURA B3.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3.0%, Tmr = 60s, Gml = 80s ⁻¹ e Tml = 20min	110
FIGURA B3.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3.0%, Tmr = 60s, Gml = 80s ⁻¹ e Tml = 20min	111
FIGURA B4.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3.0%, Gmr = 400s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 20min	112
FIGURA B4.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3.0%, Gmr = 400s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 20min	113
FIGURA B5.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3.0%, Gmr = 200s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 20min	114
FIGURA B5.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3.0%, Gmr = 200s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 20min	115

FIGURA B6.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3.0%, Gmr = 100s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 20min	116
FIGURA B6.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3.0%, Gmr = 100s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 20min	117
FIGURA C1.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C= 5%, Tmr= 60s Gml= 20s ⁻¹ e Tml= 5min ...	123
FIGURA C1.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C= 5%, Tmr= 60s, Gml= 20s ⁻¹ e Tm = 5min ..	124
FIGURA C2.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: = 5%, Tmr= 60s, Gml= 40s ⁻¹ e Tml= 5min	125
FIGURA C2.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C= 5%, Tmr= 60s, Gml= 40s ⁻¹ e Tml= 5min ..	126
FIGURA C3.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C= 5%, Tmr= 60s, Gml= 80s ⁻¹ e Tml= 5min ..	127
FIGURA C3.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C= 5%, Tmr= 60s, Gml= 80s ⁻¹ e Tml= 5min ..	128
FIGURA C4.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 400s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 5min	129
FIGURA C4.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 400s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 5min	130
FIGURA C5.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 200s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 5min	131
FIGURA C5.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 200s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 5min	132
FIGURA C6.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 100s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 5min	133

FIGURA C6.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 100s⁻¹ , Tmr = 60s e Tml = 5min	134
FIGURA D1.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	140
FIGURA D1.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	141
FIGURA D2.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	142
FIGURA D2.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s,, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	143
FIGURA D3.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	144
FIGURA D3.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	145
FIGURA D4.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	146
FIGURA D4.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	147
FIGURA D5.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	148
FIGURA D5.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	149
FIGURA D6.a - Curvas de remoção de <i>cor</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s ⁻¹ e Tml = 15min	150

FIGURA D6.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 7.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 20s^{-1}$ e Tml = 15min	151
FIGURA E1.a - Curvas de remoção de cor (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 5min$	159
FIGURA E1.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 5min$	160
FIGURA E2.a - Curvas de remoção de cor (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 10min$	161
FIGURA E2.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 10min$	162
FIGURA E3.a - Curvas de remoção de cor (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 15min$	163
FIGURA E3.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 15min$	164
FIGURA E4.a - Curvas de remoção de cor (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 20min$	165
FIGURA E4.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $T_{ml} = 20min$	166
FIGURA E5.a - Curvas de remoção de cor (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $G_{ml} = 20s^{-1}$	167
FIGURA E5.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $G_{ml} = 20s^{-1}$	168
FIGURA E6.a - Curvas de remoção de cor (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $G_{ml} = 40s^{-1}$	169
FIGURA E6.b - Curvas de remoção de <i>turbidez</i> (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $G_{ml} = 40s^{-1}$	170
FIGURA E7.a - Curvas de remoção de cor (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $G_{mr} = 100 s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $G_{ml} = 80s^{-1}$	171

FIGURA E7.b - Curvas de remoção de turbidez (Série V) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 100\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Gml = 80\text{s}^{-1}$	172
FIGURA F1.a - Curvas de remoção de cor (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 5\text{min}$	180
FIGURA F1.b - Curvas de remoção de turbidez (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 5\text{min}$	181
FIGURA F2.a - Curvas de remoção de cor (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 10\text{min}$	182
FIGURA F2.b - Curvas de remoção de turbidez (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 10\text{min}$	183
FIGURA F3.a - Curvas de remoção de cor (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 15\text{min}$	184
FIGURA F3.b - Curvas de remoção de turbidez (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 15\text{min}$	185
FIGURA F4.a - Curvas de remoção de cor (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 20\text{min}$	186
FIGURA F4.b - Curvas de remoção de turbidez (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Tml = 20\text{min}$	187
FIGURA F5.a - Curvas de remoção de cor (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Gml = 20\text{s}^{-1}$	188
FIGURA F5.a - Curvas de remoção de turbidez (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Gml = 20\text{s}^{-1}$	189
FIGURA F6.a - Curvas de remoção de cor (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Gml = 40\text{s}^{-1}$	190
FIGURA F6.a - Curvas de remoção de turbidez (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Gml = 40\text{s}^{-1}$	191
FIGURA F7.a - Curvas de remoção de cor (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 2.5\%$, $Gmr = 200\text{ s}^{-1}$, $Tmr = 30\text{s}$ e $Gml = 80\text{s}^{-1}$	192

FIGURA F7.a - Curvas de remoção de turbidez (Série VI) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 2.5%, Gmr = 200 s ⁻¹ , Tmr = 30s e Gml = 80s ⁻¹	193
FIGURA G.1a - Curvas de remoção de cor (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Gmr = 100 s ⁻¹ e Tmr = 15s	198
FIGURA G.1b- Curvas de remoção de turbidez (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Gmr = 100 s ⁻¹ e Tmr = 15s	199
FIGURA G.2a - Curvas de remoção de cor (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Gmr = 200 s ⁻¹ e Tmr = 15s	200
FIGURA G.2b- Curvas de remoção de turbidez (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Gmr = 200 s ⁻¹ e Tmr = 15s	201
FIGURA G.3a - Curvas de remoção de cor (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 15s e Gml = 20s ⁻¹	202
FIGURA G.3b- Curvas de remoção de turbidez (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 15s e Gml = 20s ⁻¹	203
FIGURA G.4a - Curvas de remoção de cor (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 15s e Gml = 40s ⁻¹	204
FIGURA G.4b- Curvas de remoção de turbidez (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 15s e Gml = 40s ⁻¹	205
FIGURA G.5a - Curvas de remoção de cor (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 15s e Gml = 80s ⁻¹	206
FIGURA G.5b- Curvas de remoção de turbidez (Série VII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 15s e Gml = 80s ⁻¹	207
FIGURA H.1a - Curvas de remoção de cor (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Gmr = 100 s ⁻¹ e Tmr = 30s	212

FIGURA H.1b- Curvas de remoção de turbidez (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Gmr = 100 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 30s$	213
FIGURA H.2a - Curvas de remoção de cor (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Gmr = 200 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 30s$	214
FIGURA H.2b- Curvas de remoção de turbidez (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Gmr = 200 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 30s$	215
FIGURA H.3a - Curvas de remoção de cor (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Tmr = 30s$ e $Gml = 20s^{-1}$	216
FIGURA H.3b- Curvas de remoção de turbidez (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Tmr = 30s$ e $Gml = 20s^{-1}$	217
FIGURA H.4a - Curvas de remoção de cor (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Tmr = 30s$ e $Gml = 40s^{-1}$	218
FIGURA H.4b- Curvas de remoção de turbidez (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Tmr = 30s$ e $Gml = 40s^{-1}$	219
FIGURA H.5a - Curvas de remoção de cor (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Tmr = 30s$ e $Gml = 80s^{-1}$	220
FIGURA H.5b- Curvas de remoção de turbidez (Série VIII) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Tmr = 30s$ e $Gml = 80s^{-1}$	221
FIGURA I.1a - Curvas de remoção de cor (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Gmr = 100 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 60s$	226
FIGURA I.1b- Curvas de remoção de turbidez (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Gmr = 100 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 60s$	227
FIGURA I.2a - Curvas de remoção de cor (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Gmr = 200 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 60s$	228
FIGURA I.2b- Curvas de remoção de turbidez (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $D = 37,5 \text{ mg/L}$; $C = 2.5\%$; $Gmr = 200 \text{ s}^{-1}$ e $Tmr = 60s$	229

FIGURA I.3a - Curvas de remoção de cor (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 60s e Gml = 20s ⁻¹	230
FIGURA I.3b- Curvas de remoção de turbidez (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 60s e Gml = 20s ⁻¹	231
FIGURA I.4a - Curvas de remoção de cor (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 60s e Gml = 40s ⁻¹	232
FIGURA I.4b- Curvas de remoção de turbidez (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 60s e Gml = 40s ⁻¹	233
FIGURA I.5a - Curvas de remoção de cor (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 60s e Gml = 80s ⁻¹	234
FIGURA I.5b- Curvas de remoção de turbidez (Série IX) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: D = 37,5 mg/L; C = 2.5%; Tmr = 60s e Gml = 80s ⁻¹	235

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 3.1 Características das dispersões aquosas	10
TABELA 3.2 Principais características necessárias para alguns processos de remoção dos flocos	20
TABELA 3.3 Atividade coagulante de diferentes partes da <i>M. oleifera</i>	25
TABELA 3.4 Dados referentes à outros estudos de coagulação em reatores estáticos	33
TABELA 4.3 Dados relativos à concentração da solução coagulante e dosagens utilizadas por alguns autores	33
TABELA 4.1 Parâmetros de coagulação e floculação	42
TABELA 4.2 Dados relativos à concentração da solução coagulante e dosagens utilizadas	45
TABELA 4.3 Rotina de realização dos ensaios	46
TABELA 5.1a Caracterização das sementes do primeiro lote: dados relativo ao peso com e sem casca	48
TABELA 5.1b Caracterização das sementes do segundo lote: dados relativo ao peso com e sem casca	49
TABELA 5.2a Porcentagem de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: D= 75 mg/L, C _{III} = 5%, C _V = 5%, C _{V1} = 2.5% e T _{ml} = 5min ..	68
TABELA 5.2b Porcentagem de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: D= 75 mg/L, C _{III} = 5%, C _V = 5%, C _{V1} = 2.5% e T _{ml} = 5min..... ..	68
TABELA 5.3a Porcentagem de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: D= 75 mg/L, C _I = 5%, C _V = 5%, C _{V1} = 2.5% e T _{ml} = 10min..	69
TABELA 5.3b Porcentagem de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: D= 75 mg/L, C _I = 5%, C _V = 5%, C _{V1} = 2.5% e T _{ml} = 10min..... ..	69

TABELA 5.4a	Porcentagens de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: $D= 75 \text{ mg/L}$, $C_{IV} = 5\%$, $C_V = 5\%$, $C_{VI} = 2.5\%$ e $T_{ml} = 15\text{min}$	69
TABELA 5.4b	Porcentagens de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: $D= 75 \text{ mg/L}$, $C_{IV} = 5\%$, $C_V = 5\%$, $C_{VI} = 2.5\%$ e $T_{ml} = 15\text{min}$	81
TABELA 5.5a	Porcentagem de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: $D= 75 \text{ mg/L}$, $C_{II} = 5\%$, $C_V = 5\%$, $C_{VI} = 2.5\%$ e $T_{ml} = 20\text{min}$	82
TABELA 5.5b	Porcentagem de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: $D= 75 \text{ mg/L}$, $C_{II} = 5\%$, $C_V = 5\%$, $C_{VI} = 2.5\%$ e $T_{ml} = 20\text{min}$	82
TABELA 5.6	Porcentagem de remoção da turbidez em função da cor aparente da água bruta em função das condições de Mistura Rápida e Mistura Lenta: melhores resultados	83
TABELA 5.7	Sistematização dos parâmetros de controle: água bruta	78

LISTA DE SÍMBOLOS e ABREVIATURAS

C

- C : cor aparente da água bruta (uC)
Cab : Concentração da solução ("mãe") aquosa de coagulante
COD : Carbono Orgânico Dissolvido
COM : Coagulante de Moringa oleifera (*Moringa oleifera* coagulant = MOC)
cm : centímetro

D

- D : dosagem

E

- ETA : Estação de Tratamento de Água

F

- FEAgri : Faculdade de Engenharia Agrícola
FEC : Faculdade de Engenharia Civil

G

- G : gradiente médio de velocidade
Gml : Gradiente médio de velocidade da mistura lenta
Gmr : Gradiente médio de velocidade da mistura rápida

H

- h : hora

L

- L : litro

M

m	: metro
min	: minuto
mm	: milímetro
MOC	: <i>Moringa oleifera</i> coagulant (Coagulante de <i>Moringa oleifera</i>)

P

PZ	: potencial Zeta
pH	: potencial hidrogeniônico, $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$
PtCo	: platina-cobalto

S

s	: segundo
---	-----------

T

Tab	: turbidez da água bruta (NTU)
Tml	: tempo de mistura lenta (período de floculação)
Tmr	: tempo de mistura rápida
T _s	: tempo de sedimentação
T ₀	: coleta do sobrenadante após o período de floculação (filtração direta)
T _{s1}	: coleta do sobrenadante após 15 minutos de sedimentação
T _{s2}	: coleta do sobrenadante após 30 minutos de sedimentação
T _{s3}	: coleta do sobrenadante após 60 minutos de sedimentação
T _{s4}	: coleta do sobrenadante após 90 minutos de sedimentação
T _{s5}	: coleta do sobrenadante após 120 minutos de sedimentação

U

Un	: unidade
uC	: unidade de Cor Aparente
uT	: unidade de Turbidez

V

V _s	velocidade de sedimentação
----------------	----------------------------

Resumo

Ramos, Renata Ottina. *Estudo da clarificação de água natural com turbidez baixa e cor moderada utilizando a solução aquosa obtida com as sementes de Moringa oleifera como coagulante*. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2005. Tese.

A espécie *Moringa oleifera*, destaca-se como uma fonte de coagulante natural, alternativo aos sais de alumínio e ferro, com o objetivo de eliminar as partículas presentes na água por processos de clarificação. O presente projeto propôs a realização de um estudo comparativo das condições de mistura rápida e de floculação (gradiente de velocidade médio e tempo de agitação), quanto à remoção de cor e turbidez, por meio de filtração direta e sedimentação após 15, 30, 60, 90 e 120 minutos: as águas de estudo foram coletadas durante a realização dos experimentos e apresentaram turbidez baixa e cor moderada. Foram realizados ensaios com reatores estáticos com capacidade para 2 litros e os parâmetros analisados foram: pH, condutividade elétrica, cor aparente e turbidez remanescente. Os resultados do trabalho experimental realizado indicam que o emprego do coagulante extraído do pó das sementes de *M. oleifera* para promover a clarificação de água por filtração direta apresenta grande potencial para o tratamento domiciliar.

Palavras-chave: Água-Purificação; Coagulação; Coagulantes Naturais; *Moringa oleifera*.

Abstract

The specie *Moringa oleifera* stands out as one of the most promising sources of natural coagulants and it is an alternative coagulant to use instead of aluminum salts and iron salts objectivizing to eliminate particles in suspension on water. The present project set out to comparative study of the fast mixture conditions and flocculation conditions (mean average speed gradient and agitation time), concerning color removal and turbidity removal by direct filtration and sedimentation after 15, 30, 60, 90 or 120 minutes. The sampling waters were collected in the summer months and they presented low turbidity and moderate color. static reactors of 2 liters capacity were used in essays that analyzed these following parameters: pH, electric conductivity, aparent color and remaining turbity. Basing on results of experimental work made, it's proposed o use the *M. oleifera* seeds powder extracted coagulant to promote water clarification by filtration.

Keywords: Water treatment, coagulant, *Moringa oleifera*.

1 INTRODUÇÃO

Muitos dos mananciais localizados em zonas rurais estão contaminados com esgotos e não apresentam os níveis aceitáveis para muitos de seus usos previstos: falta monitoramento da qualidade da água e informação para as populações que se utilizam destas fontes; outro agravante é que nesses locais não há sistemas de distribuição e tampouco informações que visem preservar ou modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde.

Para se adequar ao consumo a água necessita de tratamento e, para tanto, os métodos vão desde a simples fervura até sistemas completos que contemplem a coagulação, floculação, sedimentação, filtração e cloração. Normalmente a melhor solução é a coletiva, ou seja, sistemas públicos, solução esta que não se aplica às comunidades rurais muito afastadas, cuja distribuição espacial dá-se de forma extremamente difusa.

As tecnologias disponíveis para o tratamento de água – ainda que algumas possuam certas restrições - são numerosas, porém na zona rural em virtude dos custos ou dificuldades para aquisição de produtos químicos, ressalta-se a importância da existência de técnicas alternativas de clarificação (como por exemplo, a utilização de coagulantes naturais) que melhorem a qualidade da água. Tal possibilidade é um instrumento de inquestionável importância, uma vez que, poderão também nortear as ações e propostas voltadas para eficiente utilização dos recursos hídricos e melhoria nas formas de utilização da água em todos os seus aspectos, tanto sob os aspectos da quantidade como também da qualidade.

A utilização das sementes de uma árvore que pode ser encontrada no nordeste brasileiro, a *Moringa oleifera* (FIGURA 1.1), é uma alternativa reconhecida, incentivada e já testada com sucesso em outros países para melhorar a qualidade da água captada em

mananciais nas áreas rurais onde não há nenhum sistema de tratamento: alternativa esta praticamente desconhecida no Brasil. O estudo e pesquisa do tratamento de água com *M. oleifera* receberam um grande impulso no final do século XX com os trabalhos de JAHN (1988); de lá para cá, podem-se destacar os trabalhos de McCONNACHIE *et al* (1999), MUYIBI *et al* (2001), NARASIAH *et al* (2002), FOLKARD & SUTHERLAND (2002), MUYIBI *et al* (2003), RAGHUWANSHI *et al* (2002), SHEAHATA *et al* (2002), ALI *et al* (2004) entre outros.

Dos diversos trabalhos já publicados a respeito da *M. oleifera* muitos se referem às suas propriedades medicinais e características botânicas^{1,2,3,4,5,6,7}, e alguns trabalhos referem-se ao tratamento de água: remoção de turbidez, produção de carvão com a casca das sementes e vagens, associação da utilização das sementes no processo de clarificação da água com a redução da mortalidade infantil e redução de ocorrências de doenças diarréicas em crianças, etc, sem, contudo abordar a questão da interação que ocorre durante o processo de tratamento entre os parâmetros nele envolvidos como dosagem, intensidade e tempo de agitação. O maior interesse dos pesquisadores que estudam a cogulação e a *M. oleifera* parece girar em torno de variações do pH, utilização de diferentes partes da planta, diferentes métodos e solventes para a obtenção da solução coagulante.

Sem a pretensão de esgotar o tema abordado, espera-se que este trabalho seja complementado por pesquisas futuras com vistas à otimização que contribuam para o aperfeiçoamento de uma alternativa de baixo custo, que contemple o emprego da filtração direta e ofereça vantagens para as pequenas comunidades diante da possibilidade de tratar a água no próprio domicílio.

¹ CÁCERES, A. *et al*. Pharmacological properties of *Moringa oleifera*. 1: Preliminary screening for antimicrobial activity. Journal of Ethnopharmacology, vol. 33, pp. 213-213, 1991

² EILERT, U. ; WOLTERS, B. & NASRSTEDT, A. The antibiotic principle of seeds of *Moringa oleifera* and *Moringa stenopetala*. Planta Medica, vol. 42, pp. 55-61, 1981.

³ FOLKARD, G. & SUTHERLAND, J. *Moringa oleifera*, a multipurpose tree. Footsteps, n° 20, pp. 14-15, 1986.

⁴ GUEVARA, A.P. *et al*. An antitumor 72 promoter from *Moringa oleifera* Lam. Mutation Research, vol. 440, pp. 181-188, 1999

⁵ GUPTA, M.; MAZUMDER, U.K. & CHAKRABARTI, S. CNS activities of methanolic extract of *Moringa oleifera* root in mice. Fitoterapia, vol. 70, pp. 244-250, 1999

⁶ NJOKU, O.U. & ADKWU, M.U. Investigation of some physico-chemical antioxidant and toxicological properties of *Moringa oleifera* seed oil. Acta Pharmaceutica, vol. 47, n°4, pp.287-290, 1997

⁷ SHUKLA, S.; MATHUR, R. & PRAKASH, A. O. Antifertility profile of the aqueous extract of *Moringa oleifera* roots. Journal of Ethnopharmacology, vol. 22, pp. 51-62, 1988

Tendo como objetivo a auto-sustentabilidade e entendendo que é desejável o desenvolvimento e a implementação de projetos de cunho científico/tecnológico que tragam benefícios diretos para a comunidade de forma a interagir com a cultura local, o caminho a ser percorrido até a possibilidade de implantação de tal proposta para a melhoria da qualidade de água em escala doméstica deverá contemplar também outros aspectos, como por exemplo, o armazenamento sem o prejuízo de sua qualidade.



FIGURA 1.1 - *Moringa oleifera*: árvore plantada em 2003 no campo experimental da Faculdade de Engenharia Agrícola-UNICAMP

2 OBJETIVOS

Neste trabalho, propos-se a investigação do processo de clarificação utilizando a solução aquosa obtida com o pó das sementes de *Moringa oleifera*. Foram realizadas várias séries de ensaios, os quais foram conduzidos em reatores estáticos (Jar-Test), visando a clarificação de um tipo de água natural e tendo como objetivo:

2.1 Verificar a viabilidade de utilização da metodologia proposta e adaptada da extração aquosa para a obtenção de uma suspensão não filtrada do coagulante natural de sementes de *Moringa oleifera* para diferentes concentrações;

2.2 Investigar a relação dos parâmetros envolvidos no processo de clarificação da água de estudo: dosagem de coagulante, gradientes de velocidade de agitação, tempos agitação e tempos de sedimentação; e,

2.3 Avaliação da eficiência do processo de clarificação em termos de remoção de cor e turbidez por sedimentação ou filtração da água.

Dentre todas as substâncias necessárias aos organismos animais e vegetais, só mesmo o oxigênio atmosférico pode ser tão essencial à vida quanto a água: nas zonas rurais, poços podem ser escavados, perfurados ou ainda a água da chuva que se precipita nos telhados pode ser captada e armazenada em cisternas (HARDENBERG, 1988), porém, a qualidade destas águas dependerá de sua origem e seu histórico uma vez que, em geral, as águas naturais revelam qualidades conforme as oportunidades de receber substâncias solúveis, ou de transportá-las em suspensão. As condições climáticas, geográficas e geológicas também desempenham importante papel na determinação da qualidade da água e sendo assim, infelizmente muitas fontes de captação - sejam poços, nascentes ou mananciais de superfície - ficam contaminados (HARDENBERG, 1988).

Ao longo do tempo o homem não apenas aprimorou as formas para extrair a água da natureza, mas também aprendeu a melhorar a sua qualidade tornando-a compatível com suas necessidades. Alguns povos, como os egípcios e japoneses, procuravam clarificá-la utilizando filtros domésticos de louça, de barro ou arenito: procuravam clarear a água barrenta sifonando-a de um vaso para outro pela ação da capilaridade de um material poroso. Mas foram os romanos que possuíram, dentre todos os povos antigos, o sistema de abastecimento mais completo, pois após utilizarem a água do rio Tibre, foram obrigados a ampliar seu sistema de abastecimento à medida em que aumentava a poluição do rio construindo aquedutos dotados de pequenos tanques de sedimentação (LEME, 1984).

Por ser um excelente solvente, e também devido à sua capacidade de transportar partículas, a água possui vários tipos de impurezas que alteram sua qualidade e vão definir suas características *físicas, químicas e biológicas*, ou seja: a água quimicamente pura, simplesmente caracterizada pela fórmula molecular H_2O inexistente na natureza (VON SPERLING, 1996).

Em contraposição à qualidade da água presente em um manancial tem-se a qualidade desejável para esta água em função dos usos previstos para ela (doméstico, comercial, público, industrial, rural...), sendo que alguns deles são restritos a uma estreita faixa de qualidade (FIGURA 3.1). As características da água podem ser determinantes na escolha da tecnologia mais adequada para o tratamento mas, sobretudo, são especialmente importantes porque interfiram ou até mesmo inviabilizem o uso de determinadas tecnologias, não devendo portanto, serem consideradas separadamente (DI BERNARDO, 1993).

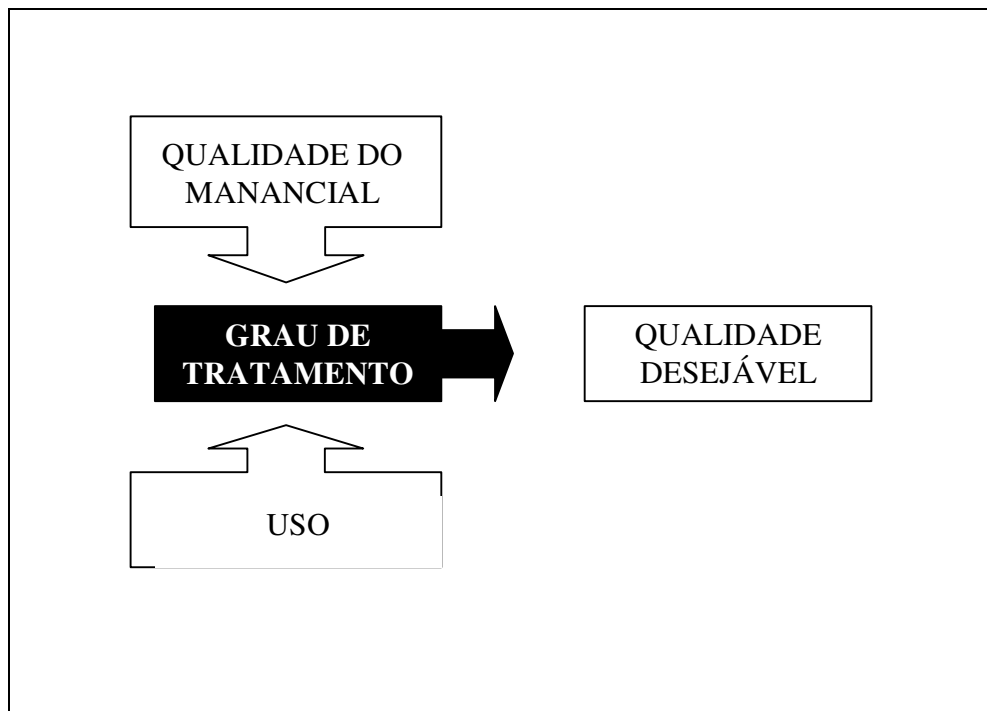


FIGURA 3.1 - Esquema da relação entre o uso, grau de tratamento e qualidade da água

São várias as impurezas que se manifestam nas águas naturais (FIGURA 3.2) e dentre elas, algumas são inócuas, outras poucas desejáveis, outras ainda, são nocivas como é o caso da presença de vírus, bactérias, protozoários, etc. (VON SPERLING, 1996).

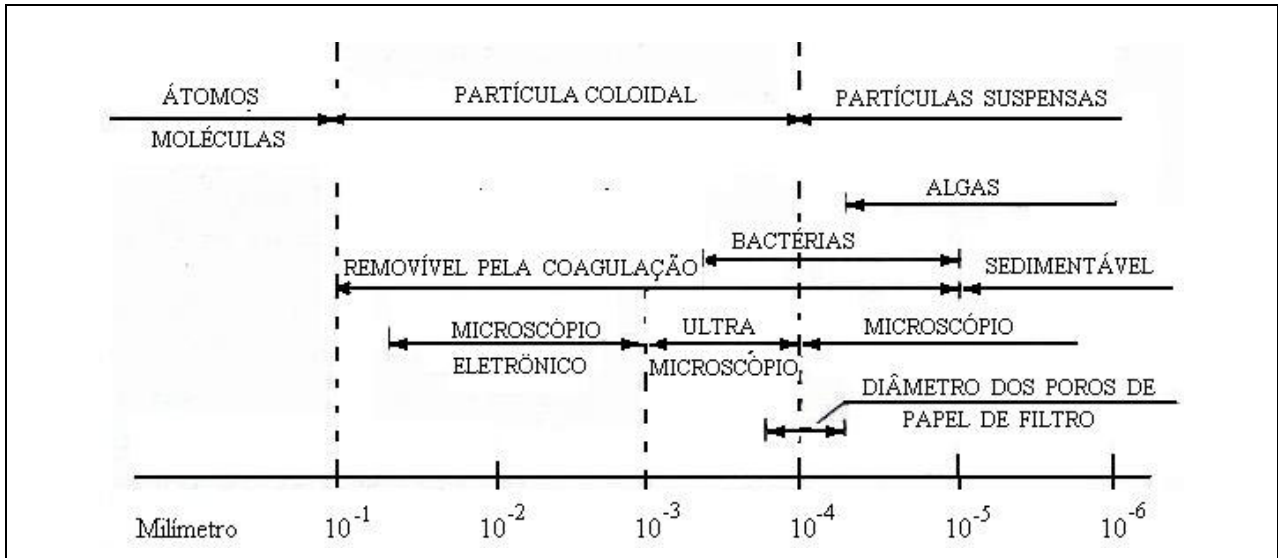


FIGURA 3.2 Distribuição de tamanho de algumas partículas na água
 FONTE: adaptado de DI BERNARDO (1993) e VON SPERLING (1996)

Os serviços de abastecimento devem fornecer nos diversos pontos de consumo água em quantidade suficiente e qualidade satisfatória: esse fornecimento de água pode ser classificado como individual ou coletivo. Os sistemas de abastecimento de água surgem e crescem com a comunidade e quando a densidade demográfica aumenta, é certo que a solução coletiva passa a ser mais econômica, mas, enquanto se aguarda a implantação de soluções coletivas para o abastecimento de água em determinadas áreas de uma cidade, as soluções individuais também não devem ser desprezadas, embora sejam uma solução precária para os centros urbanos são muitas vezes os mais indicados para áreas rurais (como o caso dos assentamentos de baixa densidade) ainda que as técnicas simplificadas para o tratamento de água apresentem algumas limitações.

A clarificação da água por sedimentação utilizando coagulantes naturais, alternativos aos sais metálicos, destaca-se por ser um processo que não requer uso de outros produtos químicos, além de ser um dos processos de tratamento de águas de abastecimento simples e que não requer mão de obra especializada, com custos acessíveis a pequenas comunidades e, principalmente, na zona rural (JAHN, 1988). Contudo, é a qualidade da água bruta que deverá sempre ser o determinante da tecnologia de tratamento mais adequada (DI BERNARDO *et al*, 2003).

3.1 PRINCÍPIOS DO TRATAMENTO DE ÁGUA

Independentemente se são incorporadas ao longo do ciclo hidrológico ou devidas à contribuição de atividades humanas, as impurezas podem ser classificadas de acordo com seu tamanho médio e quanto à forma de apresentação em dissolvidas, em suspensão ou estado coloidal (TABELA 3.1). As dispersões aquosas são sistemas em que uma ou mais substâncias estão disseminadas, sob forma de pequenas partículas em outra substância, no caso, a água. São formadas por: dispersos (soluto) e dispersante (solvente) e desta forma pode-se definir um sistema coloidal como sendo um sistema no qual as partículas se encontram em estado finamente dividido e dispersas em um meio contínuo.

TABELA 3.1 - Características das dispersões aquosas
 Fonte: adaptado de MENDES (1989) e DI BERNARDO (1993)

Classificação	Característica
SOLUÇÃO (Ex.: NaCl em água)	<ul style="list-style-type: none"> tamanho médio das partículas em solução: são menores que $1 \text{ m}\mu$ (10^{-6} mm); visibilidade: sistema homogêneo; filtração: as partículas em solução não são retidas por filtros (papéis de filtro usados em análises laboratoriais).
DISPERSÃO COLOIDAL (Ex.: gelatina em água)	<ul style="list-style-type: none"> tamanho médio das partículas dispersas entre 1 e $10^3 \text{ m}\mu$; visibilidade: são visíveis com auxílio de ultra microscópio (sistema heterogêneo); sedimentação: as partículas dispersas sedimentam com o auxílio de centrifugação; filtração: as partículas dispersas são retidas por alguns filtros.
SUSPENSÃO (Ex.: leite de magnésia)	<ul style="list-style-type: none"> tamanho médio das partículas dispersas: maiores que $1 \text{ }\mu\text{m}$; visibilidade: visíveis com auxílio de microscópio comum ou a olho nú (sistema heterogêneo); sedimentação: as partículas dispersas sedimentam espontaneamente; filtração: são retidas por filtros porosos.

Um sistema coloidal cineticamente instável é um sistema reversível, no qual a coagulação é significativa (DI BERNARDO, 1993), sendo que nestes sistemas as propriedades das superfícies das partículas são muito importantes.

As partículas coloidais se caracterizam por ter uma grande superfície específica, ou seja, uma grande relação entre sua área superficial e sua massa (MENDES, 1989) e por isso tem seu comportamento determinado por forças de superfície (NOGUEIRA, 1988). Tais partículas não são limitadas a um grupo particular de substâncias, mas são definidas por seu tamanho cuja faixa

de variação encontra-se entre 10^{-6} e 10^{-3} mm, tornando-se de difícil distinção quanto às soluções e suspensões em seus limites inferior e superior, respectivamente (MENDES, 1989).

Os sistemas coloidais podem ser classificados por sua afinidade com a fase dispersante em liofílicos ou liofóbicos e quando a fase dispersante é a água, denominam-se *hidrofílicos* que possuem uma película “lubrificante” que dificulta a formação de flocos ou *hidrofóbicos* que se apresentam carregados eletronegativamente: estes constituem a grande maioria das substâncias comumente presentes nas águas dos mananciais (MENDES, 1989).

As moléculas de água e a "atmosfera" iônica que se forma ao redor das partículas estarão sujeitas às forças eletrostáticas de atração e repulsão (que decaem com a distância da superfície da partícula) e em virtude dessas forças, as camadas de água ao redor das partículas manifestam mobilidade decrescente conforme se aproxima da superfície das partículas. Dessa forma, as primeiras camadas de água, praticamente tornam-se imóveis em relação à partícula, caminhando junto com a mesma e definindo o chamado "plano de cisalhamento", onde pode ser medido o Potencial Zeta da partícula (DI BERNADO, 1993 e MENDES, 1989).

A FIGURA 3.3 ilustra que as forças atrativas entre a água e a partícula são devidas ao fato de que as moléculas de água funcionam como dipolos elétricos os quais prendem-se diretamente às cargas negativas da argila, ou através de cátions adsorvidos e a espessura dessa camada de água varia com a natureza desses cátions e, portanto, com a salinidade da água (VARGAS, 1977).

Em resumo, partículas coloidais são envolvidas por cargas positivas⁸ (íons dissolvidos no meio) que vão formar uma camada que se costuma chamar *Camada Compacta* e à medida que se afasta da partícula, a densidade dessas cargas positivas vai diminuindo até que se iguale à das cargas negativas: essa outra camada que envolve a partícula coloidal recebe o nome de *Camada Difusa* (FIGURA 3.4). Tem-se, portanto, uma concentração elevada de íons positivos próximos à superfície do colóide, também denominada *Camada de Stern*, a partir da qual se forma a *Camada Difusa*, na qual a concentração de íons é menor.

⁸ Isso gera potenciais de atração e de repulsão que de acordo com BUENO & VILAR (1984), tendem a variar com a distância, com a concentração de íons e com a temperatura.

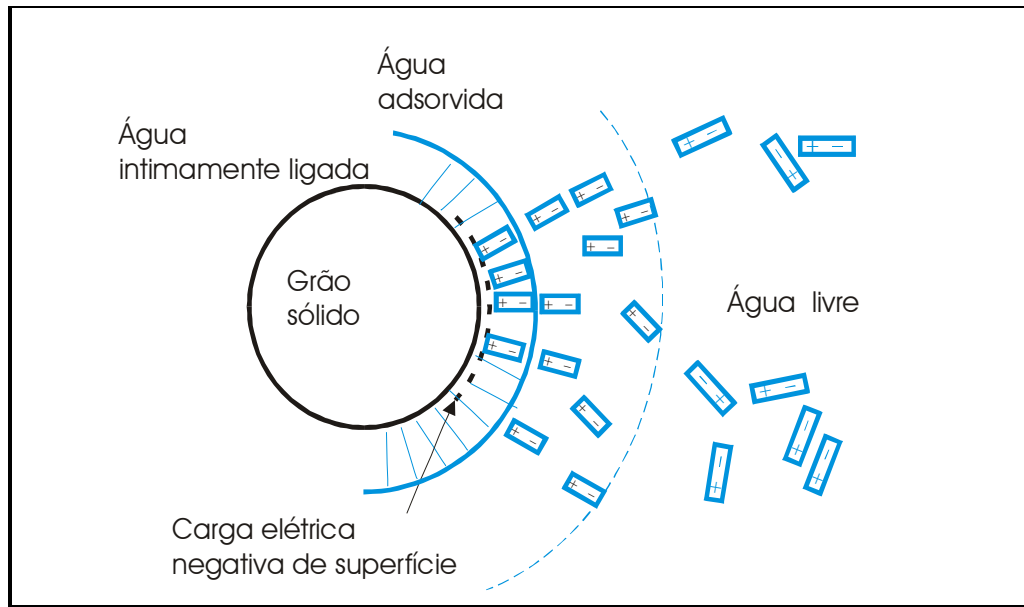


FIGURA 3.3 - Representação esquemática da água adsorvida ao redor de uma partícula de argila
Fonte: adaptado de VARGAS, 1977

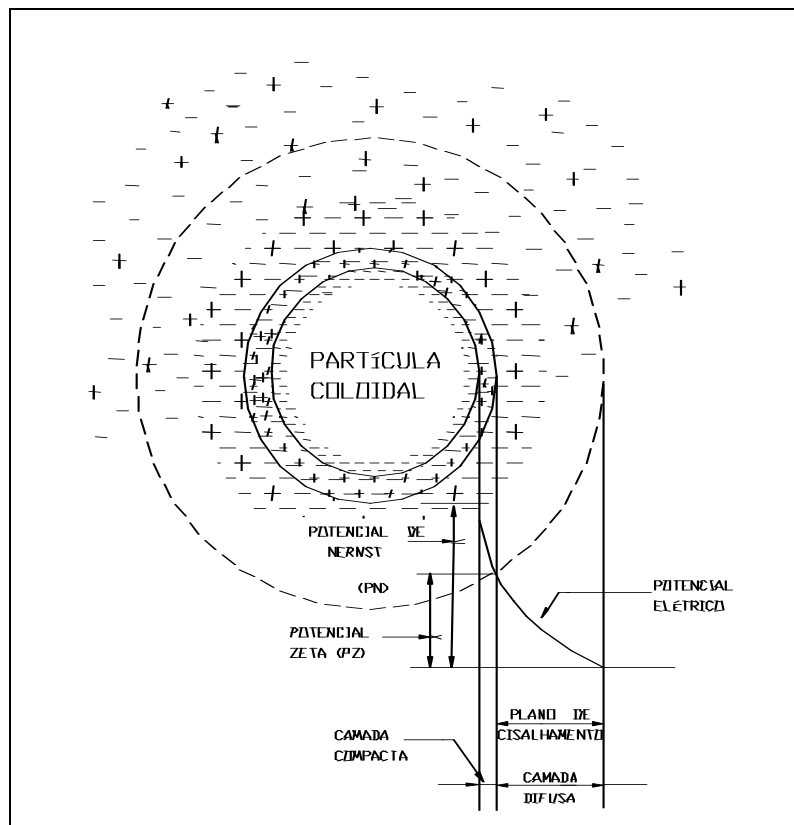


FIGURA 3.4 - Configuração esquemática da Dupla Camada Elétrica
Fonte: adaptado de DI BERNARDO, 1993

O potencial elétrico criado pela presença do colóide na água diminui com a distância, a partir da superfície do mesmo (onde é máximo), denominado *Potencial de Nernst*. Desde que, cargas semelhantes se repelem, as partículas possuidoras de cargas similares vão manter-se afastadas uma das outras, não sendo possível sua agregação em partículas maiores: esta propriedade é a principal responsável pela estabilidade dos colóides (DI BERNADO, 1993 e MENDES, 1989).

Se uma dispersão contendo partículas coloidais for submetida a um campo elétrico, estas se moverão em direção a um dos eletrodos: este fenômeno, chamado de eletroforese, indica a existência de cargas elétricas nas partículas coloidais. O sinal desta carga e sua magnitude são, dentre outros fatores, função da natureza do material coloidal (VARGAS, 1977 e DI BERNARDO, 1993).

O conceito desse potencial, *Potencial Zeta*⁹, está associado à aplicação da diferença de potencial em uma amostra de água contendo colóides negativos de tal forma que uma certa porção do meio, em torno da partícula, caminha junto com esta ao eletrodo positivo, caracterizando o *Plano de Cisalhamento*: a diferença de potencial entre o Plano de Cisalhamento e o meio envolvente é denominada Potencial Zeta (P.Z.) e para se conseguir uma boa formação de flocos, é necessário efetuar sua diminuição, ainda que não se consiga anulá-lo, e também promover os encontros das partículas entre si (DI BERNARDO, 1993).

Assim, as principais metas para se obter a coagulação/floculação consistem em:

- reduzir o potencial Zeta a valores bastante baixos para que a repulsão entre as partículas não represente oposição ao encontro das mesmas (quando $PZ = 0$, diz-se que se atingiu o “ponto isoelétrico”);
- fornecer energia ao meio para que a agitação acarrete maior número de choques por unidade de tempo e de volume, sem contudo, provocar ruptura dos flocos previamente formados; e,
- produzir no meio, compostos floculentos, aglomerados de partículas (FIGURA 3.5).

⁹ O “zetâmetro” é um equipamento que permite medir a velocidade de migração de partículas coloidais (velocidade de eletroforese), quando sujeitas a uma diferença de potencial.

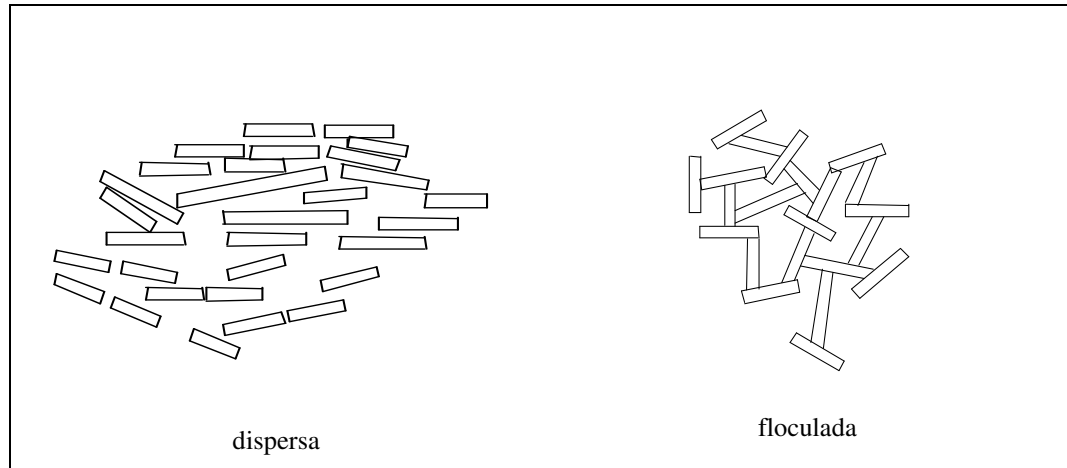


FIGURA 3.5 - Modelos estruturais básicos: representação esquemática da orientação de partículas
 Fonte: adaptado de LEONARDS, 1962

As cargas primárias presentes na superfície das partículas coloidais devem ser contrabalanceadas por íons de carga contrária existentes na fase dispersante (cátions fornecidos pela água) e atraídos eletrostaticamente: estes íons, ânions e cátions, envolvidos nesta eletroneutralidade são os chamados íons permutáveis e estão arranjados em torno das partículas coloidais, constituindo a região chamada *Camada Dupla Elétrica* (DI BERNADO, 1993 e MENDES, 1989).

Entretanto, ao mesmo tempo, estes íons possuem a tendência de se difundirem para a fase dispersante (água), onde sua concentração é menor. Esta situação é análoga a da atmosfera terrestre, onde a concentração dos íons de carga contrária próxima à superfície da partícula é elevada, e é decrescente com o aumento da distância da superfície da partícula; esta “atmosfera” de íons de carga contrária é chamada de *Camada Difusa* (MENDES, 1989).

A magnitude do potencial Zeta pode ser interpretada como uma estimativa da estabilidade da partícula coloidal: valores elevados indicam sistemas coloidais de grande estabilidade e vice-versa.

As suspensões coloidais estão sujeitas a serem estabilizadas ou desestabilizadas. Entre os fatores de estabilização (repulsão) destacam-se a carga elétrica das partículas e a hidratação das mesmas.

A "lubrificação" consiste na propriedade de algumas partículas atraírem um grande número de moléculas de água (solvente) para sua superfície e manifesta-se com maior importância nos colóides hidrofílicos como dito anteriormente, dificultando a ação de possíveis agentes desestabilizadores ou coagulantes. Quanto menor o tamanho da partícula, maior será a área superficial específica e também maior será a tendência de aumentar o volume de água e cátions adsorvidos na sua superfície, causando maior vulnerabilidade quando em presença de água (SERAPHIM, 1995).

Quando duas partículas coloidais similares se aproximam, haverá uma superposição de suas "atmosfera" de íons de carga contrária (camada difusa) e suas superfícies iniciam uma interação repulsiva devida à força eletrostática entre as mesmas, resultando no afastamento das partículas, descreve MENDES (1989).

A quantidade de trabalho necessário para a aproximação de duas partículas coloidais, partindo-se de uma distância infinita é chamada de potencial de repulsão, e é tanto maior quanto mais próximas estiverem as partículas. Por outro lado, a ação das forças atrativas de *Van der Waals* combinada com o potencial de repulsão fornece a energia de interação resultante sobre as partículas coloidais, como mostra a FIGURA 3.6.

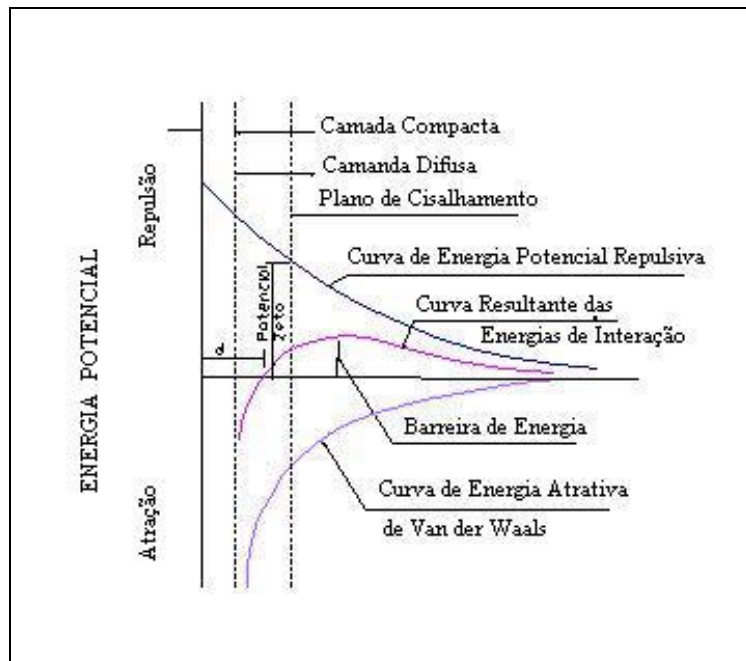


FIGURA 3.6 - Interação entre duas partículas coloidais semelhantes

Fonte: adaptado de DI BERNARDO, 1993

Os fatores de atração (desestabilização) são proporcionados pelo *movimento Browniano* (provocado pelos choques das partículas coloidais com as moléculas de água e cuja energia cinética é proporcional à temperatura do fluido) e pelas *forças de Van der Waals*. DI BERNARDO (1993) relata que tais forças são atribuídas às flutuações de cargas nos átomos e resultam de interações entre dipolos permanentemente induzidos nos átomos interagentes dos colóides e da água.

A interação entre as forças de repulsão pela camada dupla (de origem elétrica) e de atração de Van der Waals entre partículas coloidais difundidas na água que se movem continuamente (devido ao Movimento Browniano) contribui para a estabilidade do sistema: desta forma, o trabalho necessário para a aproximação de duas partículas coloidais semelhantes, partindo-se de uma distância infinita conhecida como *Energia Potencial de Repulsão* é tanto maior, quanto menor a distância entre as mesmas. Por outro lado há ainda a ação das forças atrativas de Van der Waals, também mostradas na FIGURA 3.6, assim como a resultante das duas energias (DI BERNARDO, 1993).

3.2 OPERAÇÕES UNITÁRIAS DO TRATAMENTO DE ÁGUA

As principais operações unitárias do tratamento de água são: coagulação, floculação, sedimentação/flotação e filtração.

3.2a Coagulação e Floculação

Como dito anteriormente, no item 3.1, as partículas coloidais presentes em um meio aquoso em geral desenvolvem cargas elétricas na interface com a água e dessa forma, forças elétricas repulsivas atuam sobre os colóides produzindo uma barreira que previne a agregação, barreira esta que deve ser eliminada para permitir que as partículas se aglomerem.

No tratamento de água, a força iônica do meio, devida a presença da carga negativa presente em partículas coloidais, substâncias húmicas e microrganismos em geral, é alterada por reagentes químicos para possibilitar a aproximação. Considera-se a coagulação como o resultado da ação de quatro mecanismos distintos segundo DI BERNARDO, 2002:

- compressão da camada difusa: os principais aspectos relacionados ao fenômeno da compressão da dupla camada;
- adsorção-neutralização de cargas;
- varredura; e,
- adsorção e formação de pontes.

A seguir, na FIGURA 3.7 são apresentadas as quatro etapas do processo de coagulação e floculação, de acordo com DI BERNARDO *et al* (1995):

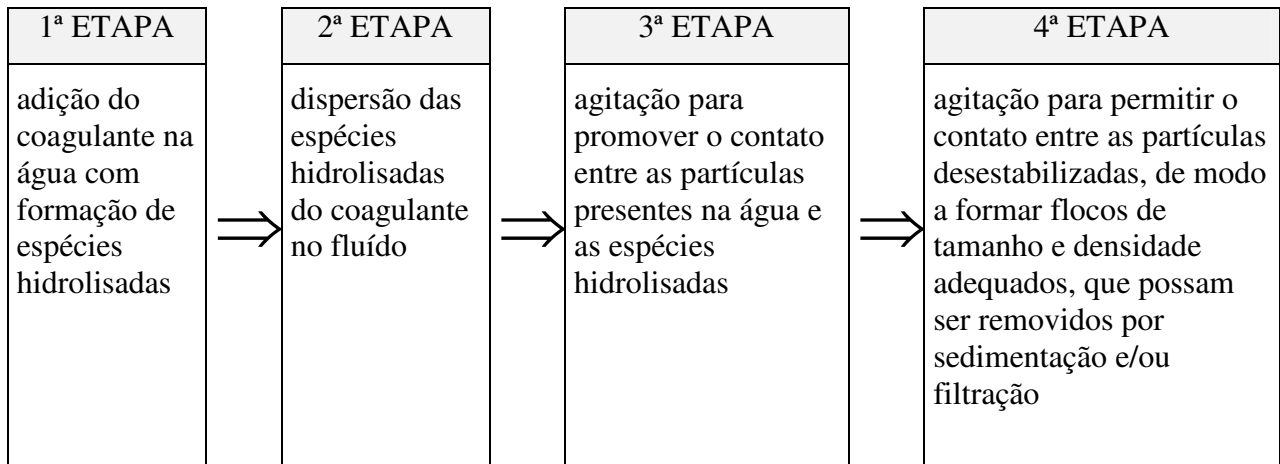


FIGURA 3.7 - Etapas do processo de coagulação e floculação
 Fonte: adaptado de DI BERNARDO *et al*, 1995

Comumente são considerados os mecanismos de coagulação por adsorção e neutralização de cargas e o de varredura, que estão representados esquematicamente na Figura 3.8: a coagulação - e conseqüentemente a floculação também - apresenta características distintas quando se verifica a ocorrência de um ou outro mecanismo.

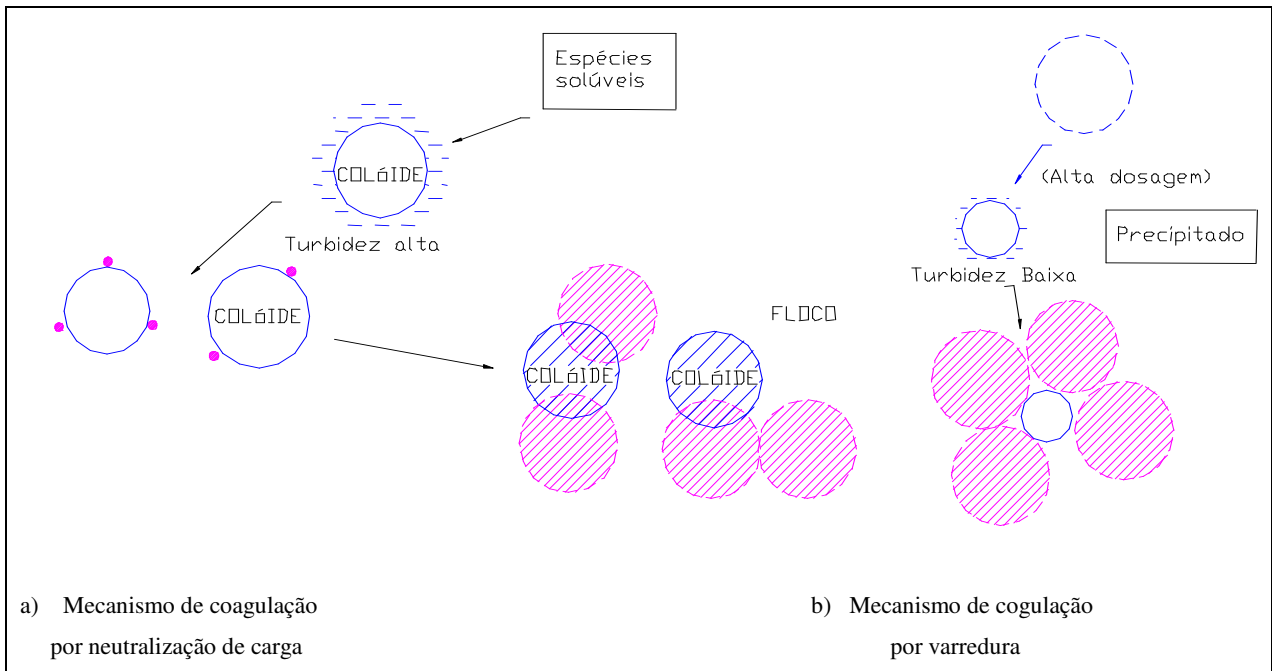


FIGURA 3.8 - Reações esquemáticas dos mecanismos de coagulação para remoção de turbidez:

a) mecanismo de neutralização de carga e b) mecanismo de coagulação por varredura

Fonte: adaptado de AMIRTHARAJAH & MILLS, 1982 e DENNETT, 1996

Após a coagulação, é necessária a agitação relativamente lenta, com o intuito de propiciar encontros entre as partículas menores para formar agregados maiores - os flocos - e apesar da interação química entre o coagulante adicionado à água e a superfície dos sólidos coloidais suspensos geralmente ocorrer em poucos segundos; a etapa de agregação das partículas desestabilizadas para formar os flocos pode demorar horas (ARGAMAN, 1971).

A floculação é um conjunto de fenômenos físicos, resultado do processo de agitação contínua e suave, durante o qual, partículas suspensas na água se agregam de forma que elas possam ser removidas da água em processos subsequentes do tratamento, particularmente por sedimentação ou, nas estações de filtração direta, nos próprios interstícios do meio filtrante. Segundo DI BERNARDO (1993), os mecanismos de transporte de partículas no sistema aquoso são essencialmente físicos (movimento Browniano, movimento do fluido e sedimentação diferenciada), e com o aumento do tamanho dos flocos, as forças de cisalhamento podem causar sua ruptura; também, a cada choque, ocorre o desaparecimento de duas partículas primárias; assim, a agregação e a ruptura ocorrem simultaneamente, conduzindo a uma única condição de distribuição de tamanho dos flocos.

De acordo com as características dos flocos formados (por exemplo, tamanho e resistência ao cisalhamento), existe uma intensidade de agitação crítica, acima da qual observa-se a ruptura dos mesmos. MENDES (1989) estudou em reatores estáticos a floculação de vários tipos de água (naturais e sintéticas) e constatou que, para cada tempo de floculação, havia um único gradiente de velocidade com o qual se obtinha a maior remoção de cor ou turbidez da água bruta por sedimentação; observou também que o gradiente ótimo diminuía à medida que aumentava o tempo de floculação, de forma que o desempenho da unidade de floculação depende do balanço de dois fenômenos que se opõem: a agregação e a ruptura dos flocos.

Em resumo: a floculação é, essencialmente, um fenômeno físico que sucede a mistura rápida e coagulação, podendo ser realizada em unidades mecânicas ou hidráulicas e que além de depender da temperatura da água, é função das condições de intensidade e período de agitação impostos à água em tratamento (DI BERNARDO, 1993). Apesar das diferenças entre o comportamento de partículas discretas, esféricas e partículas floculentas pode-se admitir que, aumentando o diâmetro ou a massa específica dos flocos, é possível removê-los mais facilmente por sedimentação e o mecanismo de transporte predominante no processo, segundo LIBÂNIO *et al* (1996), será função das dimensões das partículas desestabilizadas (coágulos) e do estágio de desenvolvimento e crescimento dos flocos; como mencionado anteriormente, o transporte pode ocorrer devido ao movimento Browniano (*floculação pericinética*), às diferenças de velocidade das linhas de corrente do fluido em escoamento (*floculação ortocinética*) e às distintas velocidades de sedimentação dos flocos (*sedimentação diferenciada*).

O gradiente de velocidade e o tempo de detenção, aliados aos intervenientes no processo de coagulação constituem-se nos principais fatores da eficiência da floculação, uma vez que tais parâmetros governam a densidade e o tamanho dos flocos formados.

A TABELA 3.2 resume as propriedades dos flocos necessárias para alguns processos de remoção. De acordo com JANSSENS & BUEKENS (1993), as condições prévias de floculação para filtração direta são comparáveis às necessárias para flotação por ar dissolvido.

TABELA 3.2 - Principais características necessárias para alguns processos de remoção dos flocos
 Fonte: adaptado de JANSSENS & BUEKENS, 1993

CARACTERÍSTICAS DOS FLOCOS	SEDIMENTAÇÃO	FLOTAÇÃO	FILTRAÇÃO
Diâmetro médio	000	0	0
Distribuição de diâmetros	00	00	0
Massa específica	00	0	00
Compacidade	000	00	000
Resistência ao cisalhamento	00	000	000
Forma (esférica)	00	0000	0
Propriedades superficiais	0	0000	0000
Sedimentabilidade	0000	0	0
Filtrabilidade	0	0000	0000

LEGENDA:

0000 imprescindível
 000 importante
 00 significativa
 0 irrelevante

Grande parte das suspensões contém partículas muito grandes para manifestarem a difusão Browniana (Hannah *et al.*, 1967¹⁰ *apud* PÁDUA, 1994), e por isto, o residual da força repulsiva entre partículas na água depois da coagulação pode ser vencido pela aplicação de agitação na massa líquida para incentivar a colisão de partículas (formação de coágulos): este processo pode ser induzido por qualquer agitador mecânico ou pela energia dissipada em curvas e atrito com as paredes das câmaras de floculação, manifestada pela perda de carga hidráulica (McCONNACHIE, 1993).

3.2b Sedimentação e Filtração

A sedimentação corresponde à fase em que os flocos, com seu tamanho consideravelmente aumentado tendem pela ação da gravidade a sedimentar: a ocorrência da sedimentação das partículas suspensas proporciona a clarificação da água pela separação das fases sólida e líquida (DI BERNARDO, 1993) e quanto maior a velocidade de sedimentação, menor será o tempo de residência necessário para a clarificação da água. Muitas vezes, a utilização exclusiva de coagulantes (orgânico ou inorgânicos) não permite a formação de flocos suficientemente densos, determinantes para a obtenção de uma taxa de sedimentação satisfatória e nestes casos, a utilização de auxiliares de floculação conhecidos como polieletrólitos mostra-se necessária.

¹⁰ HANNAH, S.A. *et al.* Measurement of floc strength by particle counting. Journal AWWA, v59, n 7, p843-858, 1967.

A filtração consiste na passagem da água por um meio poroso (filtrante, por exemplo, pedregulho, areia e antracito, entre outros) que deve ser capaz de reter os flocos (ou pedaços daqueles que se quebram) que não sedimentaram, e eventualmente também alguns microrganismos: esta corresponde a uma operação de polimento para a qualidade da água. Desta forma, verifica-se a alteração das características da água tanto pela simples ação mecânica de retenção caso o meio filtrante seja um papel de filtro, como também sedimentação de partículas sobre o meio poroso como, por exemplo, os grãos de areia que desta forma também aumenta a possibilidade de agregação das partículas remanescentes na massa líquida.

Em geral, a retenção de impurezas é considerada como sendo o resultado de dois mecanismos distintos, porém complementares: transporte e aderência: a princípio, as partículas devem se aproximar das superfícies dos grãos e, posteriormente, permanecer aderida de modo a resistir às forças de cisalhamento resultantes das características hidrodinâmicas do escoamento. A importância da filtração no tratamento de água consiste no fato de que esta é a última etapa de clarificação que garante a qualidade adequada da água (DI BERNARDO, 1993).

Em linhas gerais, as tecnologias de tratamento podem ser divididas em dois grupos: as que se baseiam na filtração rápida e as que se baseiam na filtração lenta. O primeiro grupo tem a coagulação e a filtração rápida como etapas fundamentais para a clarificação de grandes volumes de água: os filtros rápidos normalmente são usados para a filtração de grandes volumes de água previamente sedimentada; já no segundo grupo, a etapa básica é a filtração lenta e o uso de coagulantes é dispensável (DI BERNARDO *et al*, 2003).

A filtração lenta é um processo de tratamento que através da passagem da água por meio granular, geralmente areia, possibilita a melhoria de suas características químicas, físicas e bacteriológicas. Esse processo de tratamento de águas apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias uma vez que não é necessária a utilização de produtos químicos, não há exigência de equipamentos sofisticados, nem operadores altamente qualificados, além da simplicidade em sua construção (FERRAZ, 2001); é, portanto um sistema de tratamento de água bastante viável para as condições brasileiras, principalmente em regiões rurais afastadas dos grandes centros urbanos, por ser um sistema de concepção e operação simples e que exige pouco investimento para sua implantação (CONCEIÇÃO, 2002).

A filtração direta além de eliminar as unidades de floculação e sedimentação, apresenta, em relação ao tratamento completo, a vantagem de empregar menor quantidade de coagulante por unidade de volume de água tratada, em função da não necessidade da etapa isolada da floculação e da busca do ponto isoelétrico na dosagem mínima, além de resultar na menor produção de lodo (DI BERNARDO *et al*, 2003).

Também a Filtração em Múltiplas Etapas, comumente denominada FiME, tem sido testado com freqüência no tratamento de águas com alta turbidez e tem se mostrado eficiente ampliando, dessa forma, a aplicação da filtração lenta às águas com qualidade inferior: este sistema consiste numa seqüência de tratamento que envolve pré-filtração em pedregulho e filtração lenta (DI BERNARDO *et al*, 2003).

3.3 COAGULANTES NATURAIS

É desejável que coagulantes alternativos, ambientalmente mais aceitáveis e com custo mais acessível, sejam utilizados para complementar - ainda que não substituir - os sais de alumínio, ferro e polímeros sintéticos. Neste contexto, os coagulantes vegetais representam uma alternativa viável (KAWAMURA, 1991) que tem ressurgido para o tratamento de água em países em desenvolvimento (JAHN, 1988).

Outro aspecto significativo para países em desenvolvimento é a questão da obtenção de recursos para aquisição dos produtos químicos para o tratamento de água (JAHN, 1988; SCHULTZ & OKUN, 1983) e, desta forma, como um coagulante, a *M. oleifera* pode ser um substituto em potencial para, por exemplo, os sais de alumínio (JAHN, 1988; NDABIGENGESERE *et al.*, 1995).

BHOLE (1987) estudou as substâncias coagulantes de três plantas nativas na Índia: *Myrobalan* (*Terminilia chebula*), *Beleric myrobalan* e *Emplica myrobalan* (*Morinda citrifolia*) as quais quando usadas como coagulante primário e mostram-se eficientes para uma ampla faixa de turbidez (25 a 1600 NTU).

3.3a *Moringa oleifera*

A *Moringa oleifera* (FIGURA 1.3) é uma árvore tropical cujas sementes (cotilédones - FIGURA 3.9) contém uma substância solúvel em água e com propriedades coagulantes (JAHN, 1988; MUYIBI & EVISON, 1995; NDABIGENGESERE *et al.*, 1995). No Brasil, em algumas regiões esta já é uma espécie divulgada e utilizada como solução alternativa para clarificar água do abastecimento de casas isoladas da zona rural, inclusive no Estado da Paraíba (BORBA, 2001).

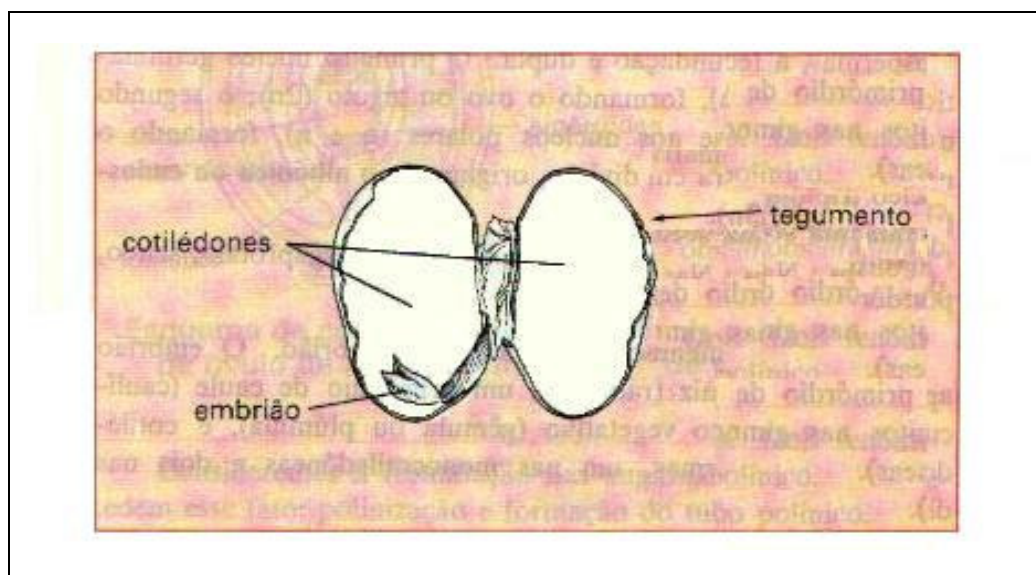


FIGURA 3.9 - Representação esquemática de uma semente: corte longitudinal

Fonte: adaptado de FONSECA, 1983

Moringa oleifera Lam. é espécie perene, da família Moringaceae, originária do noroeste indiano, amplamente distribuída na Índia, Egito, Filipinas, Ceilão, Tailândia, Malásia, Burma, Paquistão, Singapura, Jamaica e Nigéria (Ramachandran *et al.*¹¹, 1980; Pio Corrêa¹², 1984 *apud*

¹¹ RAMACHANDRAN, C.; PETER, K.V.; GOPALAKRISHNAN, P.K. Drumstick (*Moringa oleifera*) a multipurpose Indian vegetable. *Economy Botany*, v.34, p.276-283, 1980.

¹² PIO CORRÊA, M. *Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas*. Rio de Janeiro: MA/IBDF, v.5, p.233-234. 1984.

BEZERRA *et al*, 2004) e cultivada devido ao seu valor alimentar (folhas, frutos verdes, flores e sementes torradas); forrageiro (folhas, frutos e sementes); medicinal (todas as partes da planta); melífero (flores); combustível (madeira e óleo); condimentar (principalmente as raízes), culinário e na indústria de cosméticos. De acordo com NJOKU (1997), o óleo extraído das sementes é rico em β -caroteno e lecitina.

No Brasil há um esforço no sentido de difundir-la como hortaliça rica em vitamina A (Amaya *et al.*¹³, 1992; Kerr *et al.*¹⁴, 1998 *apud* BEZERRA *et al*, 2004), já a quantidade desta vitamina encontrada nas folhas da *M. oleifera* é superior à quantidade encontrada em olerícolas consagradas como brócolis, cenoura, couve, espinafre e alface (Silva e Kerr¹⁵, 1999 *apud* BEZERRA *et al*, 2004).

A *M. oleifera* é uma planta que se propaga por sementes e estacas. De acordo com Jahn¹⁶ (1989), MORTON (1991), WARHURST *et al.* (1996 e 1997) e Cáceres *et al.*¹⁷ (1991), Gassenchimidt *et al.*¹⁸ (1995) *apud* BEZERRA *et al*, 2004, entre outros pesquisadores, o tegumento e cotilédones de suas sementes podem ser utilizados no tratamento de água para consumo humano e é fato que nas zonas rurais do nordeste brasileiro a utilização das sementes de *M. oleifera* no tratamento d'água para o consumo humano tem sido prática freqüente (Gerdes¹⁹, 1997 *apud* BEZERRA *et al*, 2004), dada a escassez de água potável para a população rural nessa região.

¹³ AMAYA, D.R.; KERR, W.E.; GODOI, H.T.; OLIVEIRA, A.L.; SILVA, F.R. Moringa: hortaliça arbórea rica em beta-caroteno. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.10, n.2, p.126, 1992.

¹⁴ KERR, W.E.; SILVA, F.R.; RESENDE, A.; GODOI, H.T.; KERR, L.S. *Moringa oleifera*: distribuição de sementes dessa hortaliça arbórea. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.16, n.1, 1998. Trabalho apresentado no 38º Congresso Brasileiro de Olericultura, 1998.

¹⁵ SILVA, A.R.; KERR, W.E. *Moringa: uma nova hortaliça para o Brasil*. Uberlândia: UFU/DIRIU, 1999, 95p.

¹⁶ JAHN, S.A.A. Proper use *Moringa oleifera* for food and water purification - Selection of clones and growing of annual short-stem. *Pflanzenzucht*, v.4, p.22-25, 1989.

¹⁷ CÁCERES, A.; FREIRE, V.; GIRÓN, L.M.; AVILÉS, O.; PACHECO, G. *Moringa oleifera* (Moringaceae): ethnobotanical studies in Guatemala. *Economic Botany*, v.45, n.4, p.522-523, 1991.

¹⁸ GASSENSCHMIDT, U.; JANY, K.D.; TAUSCHER, B.; NIEBERGALL, H. Isolation and characterization of a flocculating protein from *Moringa oleifera* Lam. *Biochemistry Biophysical Acta*, v.13, p.477-481, 1995.

¹⁹ GERDES, G. Como limpar e tratar água suja com sementes da moringa. ESPLAR - Centro de Pesquisa e Assessoria, Fortaleza, 18 p., 1997. (Boletim Técnico)

NDABIGENGESERE *et al.* (1995) testou o potencial de coagulação das vagens verdes e maduras, sementes com casca e descascadas e também as cascas das vagens e das sementes (TABELA 3.3): a capacidade de extração do ingrediente ativo foi testada por NDABIGENGESERE *et al.* (1995) para diferentes solventes (água, éter, acetona, clorofórmio e hexano), contudo, dentre os solventes avaliados por NDABIGENGESERE *et al.* (1995) somente a água foi capaz de realizar a extração e foi, portanto, mantida em seus experimentos como solvente nos quais apenas as sementes foram utilizadas. A FIGURA 3.10 mostra os resultados da coagulação da água sintética preparada com uma turbidez inicial igual a 426 NTU, com solução 5% (peso/volume) a partir de sementes de *M. oleifera* com e sem casca.

TABELA 3.3 - Atividade coagulante de diferentes partes da *M. oleifera*
 Fonte: adaptado de NDABIGENGESERE *et al.*, 1995

<i>Moringa oleifera</i>		ATIVIDADE COAGULANTE (solvente utilizado: água)	
Vagens verdes	Vagens inteiras	Ausente	
	Sementes	Ausente	
	Casca das vagens verdes	Ausente	
	Vagens verdes dessecadas	Ausente	
Vagens secas	Vagens inteiras	Ausente	
	Sementes SEM casca	Suspensão não filtrada	Presente
		Suspensão filtrada	Presente
		Sólidos residuais	Ausente
	Sementes COM casca	Suspensão não filtrada	Presente
		Suspensão filtrada	Presente
		Sólidos residuais	Ausente
	Casca das vagens	Ausente	
	Casca das sementes	Ausente	

Contrariamente aos resultados obtidos por NDABIGENGESERE *et al.* (1995), a FIGURA 3.11 apresenta a eficiência da remoção de turbidez por coagulação para cada tipo de extração do coagulante das sementes de *M. oleifera* realizada por OKUDA *et al.*, 1999: a eficiência da

solução coagulante tendo como solvente uma solução salina de cloreto de sódio (MOC-SC) e água (MOC-DW) de forma que para esta última, ou seja, a que teve como solvente a água, os resultados foram piores. Porém, como pode ser observado na FIGURA 3.12, a atividade de coagulação aumenta com o aumento da concentração da solução de NaCl até 1,0 mol/L.

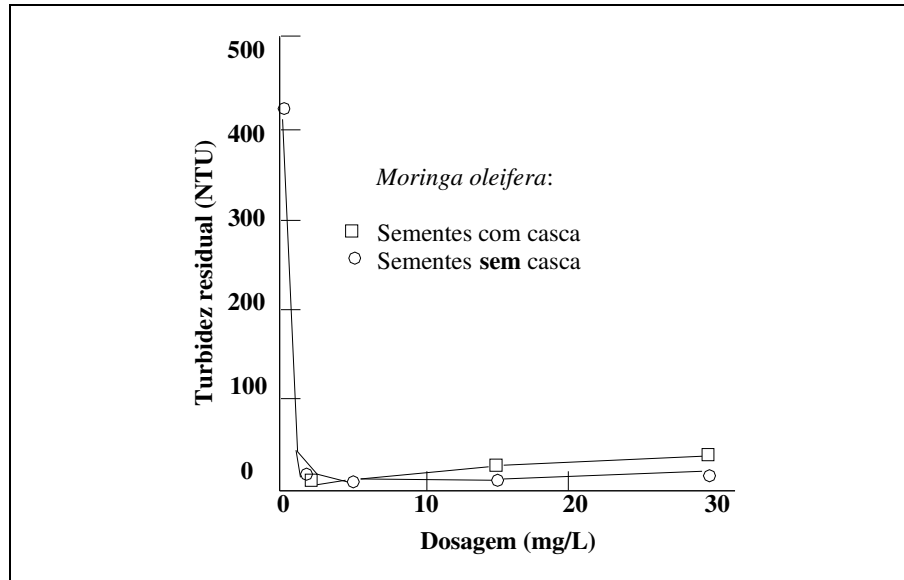


FIGURA 3.10 - Atividade coagulante das sementes de *Moringa oleifera*
 Fonte: adaptado de NDABIGENSERE *et al.*, 1995

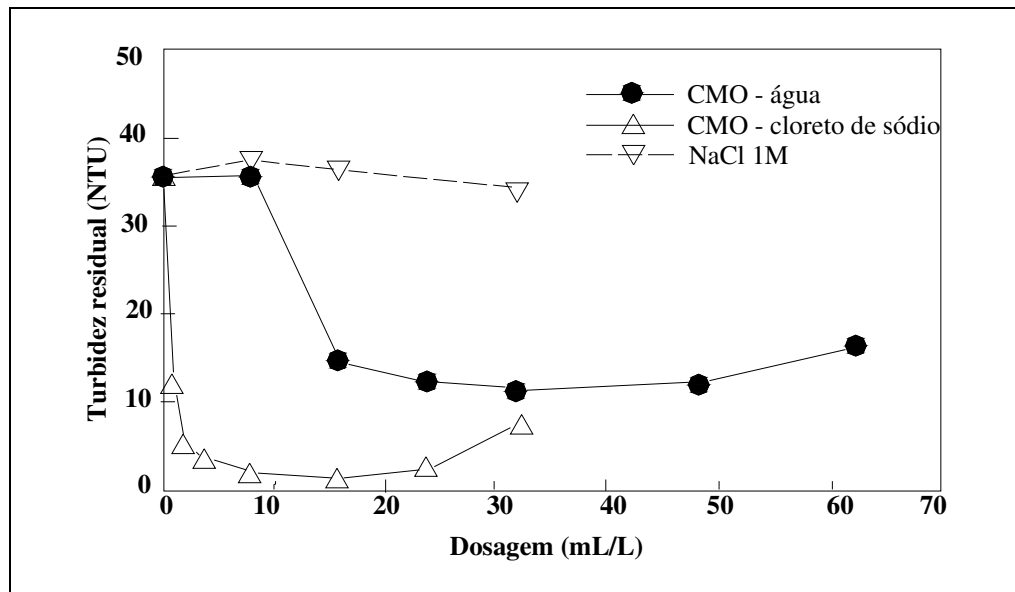


FIGURA 3.11 - Coagulação da suspensão de caolinita com coagulante extraído das sementes de *Moringa oleifera* por água destilada (CMO-DW) e NaCl (CMO-SC)
 Fonte: adaptado de OKUDA *et al.*, 1999

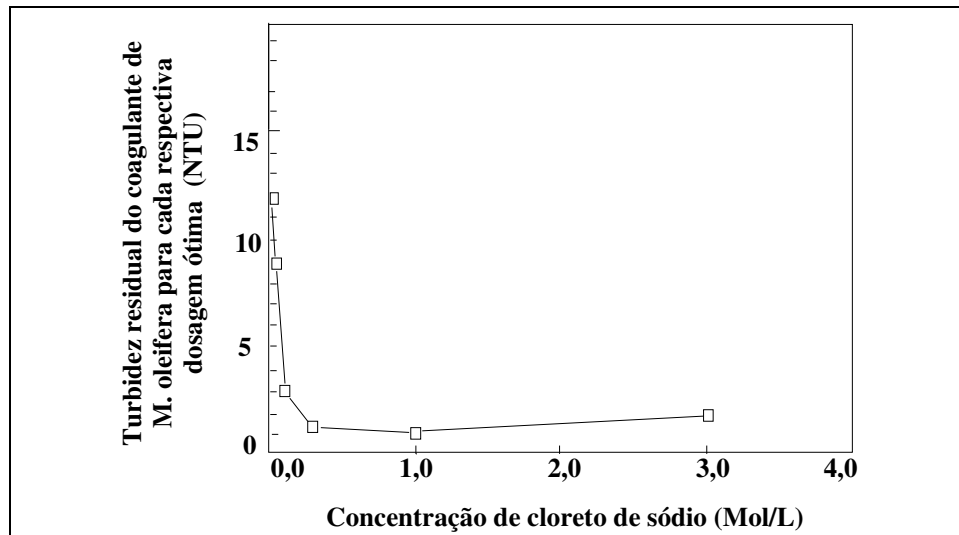


FIGURA 3.12 - Atividade coagulante para diferentes concentrações da solução de NaCl utilizada para extração do coagulante das sementes de *M. oleifera* (MOC-SC)
 Fonte: adaptado de OKUDA *et al.*, 1999

Na FIGURA 3.13 pode-se observar que não houve diferenças significativas na eficiência da coagulação para os diferentes sais utilizados como solventes (KNO_3 , KCl e $NaNO_3$), o que indica que NaCl não é o único sal que pode ser utilizado.

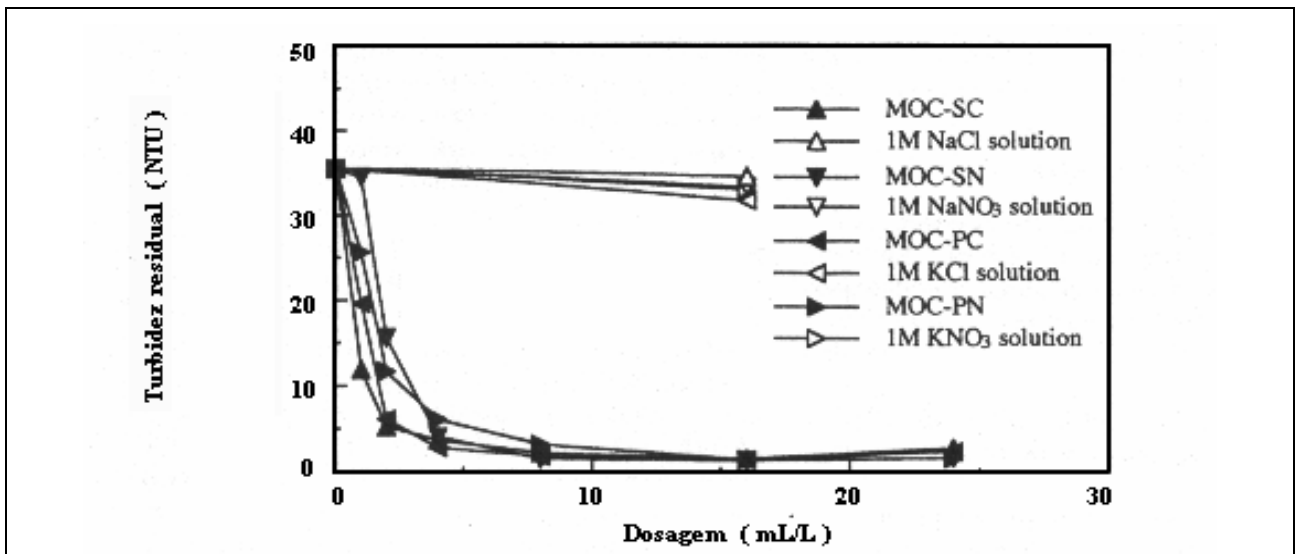


FIGURA 3.13 - Curvas de turbidez remanescente de água sintética coagulada com sementes de *M. oleifera* e diferentes solventes: solução de NaCl (MOC-SC), solução de KNO_3 (MOC-PN), solução de KCl (MOC-PC), solução de $NaNO_3$ (MOC-SN) - concentração 1 Mol/L para todos os solventes
 Fonte: adaptado de OKUDA *et al.*, 1995

De acordo com NDABIGENGESERE *et al.* (1995), as substâncias coagulantes da *M. oleifera* são proteínas (catiônicas) solúveis em água e o potencial Zeta da solução da polpa das sementes com concentração igual a 5% é cerca de +6mV, confirmando que predominam cargas positivas. Em seus experimentos, constatou a ocorrência de uma diminuição considerável no Potencial Zeta de uma água sintética inicialmente igual a -46mV e, portanto, as partículas presentes apresentavam cargas negativas nas suas superfícies, em pH próximo do neutro.

Na FIGURA 3.14 pode-se observar que a dosagem ótima do coagulante corresponde ao potencial "zero": para uma dosagem de 500mg/L deste coagulante (solução aquosa obtida com sementes sem a casca e filtrada) a turbidez inicial chegou a 10NTU. Uma superdosagem de coagulantes tende a reverter o potencial zeta da água sintética para aproximadamente +4mV (bem próximo do valor inicial, 6mV). Contudo, isto não resulta na reestabilização das partículas coloidais, visto que a turbidez se mantém baixa e muito provavelmente todos os tipos de mecanismos de coagulação podem ter atuado simultaneamente (Bratby²⁰, 1980 *apud* NDABIGENGESERE *et al.*, 1995).

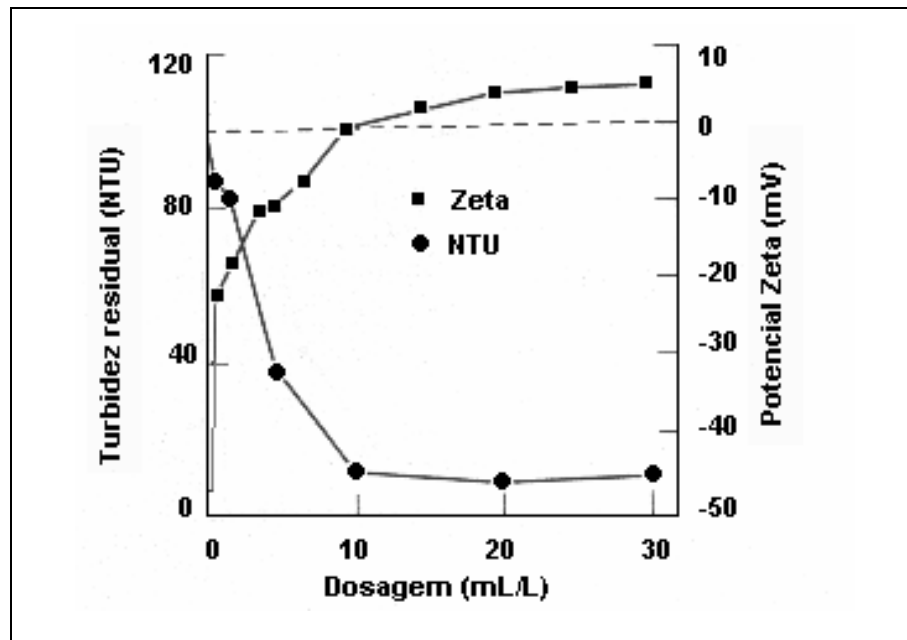


FIGURA 3.14 - Turbidez residual e Potencial Zeta da água em função da dosagem de coagulante de *M. oleifera* extraído de sementes sem a casca
Fonte: adaptado de NDABIGENSERE *et al.*, 1995

²⁰ BRATBY, J. R. Coagulation and flocculation, with na emphasis on water and wastewater treatment, Uplands Pres Ltda, Croydon, 1980.

NDABIGENGESERE *et al.* (1995) estudou a eficiência e as propriedades da *M. oleifera* comparativamente com o sulfato de alumínio, por ser este último o coagulante mais utilizado, e concluiu que o mecanismo de coagulação parece consistir em adsorção e neutralização de cargas.

Ao contrário do que ocorre com o alumínio, a *M. oleifera* apresenta ausência de toxicidade, biodegradabilidade; como coagulante, não afeta significativamente o pH e a condutividade da água depois do tratamento (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995), contudo, mostrou-se eficiente na redução de microrganismos (OLSEN, 1987) e no tratamento de águas duras (MUYIBI & EVISON, 1995). A vantagem do lodo produzido pela coagulação com *M. oleifera* é não somente a ausência de toxicidade como também seu volume 4,5 vezes menor do que o volume do lodo "químico" gerado com a coagulação com sulfato de alumínio (NDABIGENGESERE *et al.*, 1995).

Contudo, a rejeição para a exploração em larga escala da *M. oleifera* no tratamento de água pode ser explicada pela caracterização do seu emprego como sendo uma tecnologia inferior e portanto apropriada somente para países em desenvolvimento (OLSEN, 1987; JAHN, 1988). Diante deste conceito, uma forma de melhorar a aceitação da *M. oleifera* e conseqüentemente sua difusão é mostrar claramente suas vantagens sobre os coagulantes convencionais através de avaliações sistemáticas da qualidade da água tratada e então examinar vários parâmetros de qualidade (NDABIGENGESERE & NARASIAH, 1988).

JAHN (1988) em seus estudos com substâncias vegetais para otimizar a coagulação simplificada da água concluiu, que toda suspensão de Moringa age como coagulante primário, porém, com diferentes eficiências para cada espécie. Usada em dosagem ótima de acordo com o tipo de água bruta, o coagulante extraído das sementes de *M. oleifera* removeu visivelmente a turbidez ainda que não apresentando a mesma eficiência para águas com baixa turbidez, fato este constatado também por MUYIBI & EVISON (1995), que utilizaram uma solução filtrada (C = 10%), gradiente de mistura rápida da ordem de 175rpm e 35rpm, respectivamente para a mistura rápida (2 min) e mistura lenta (20 min) como pode ser observado na FIGURA 3.16.

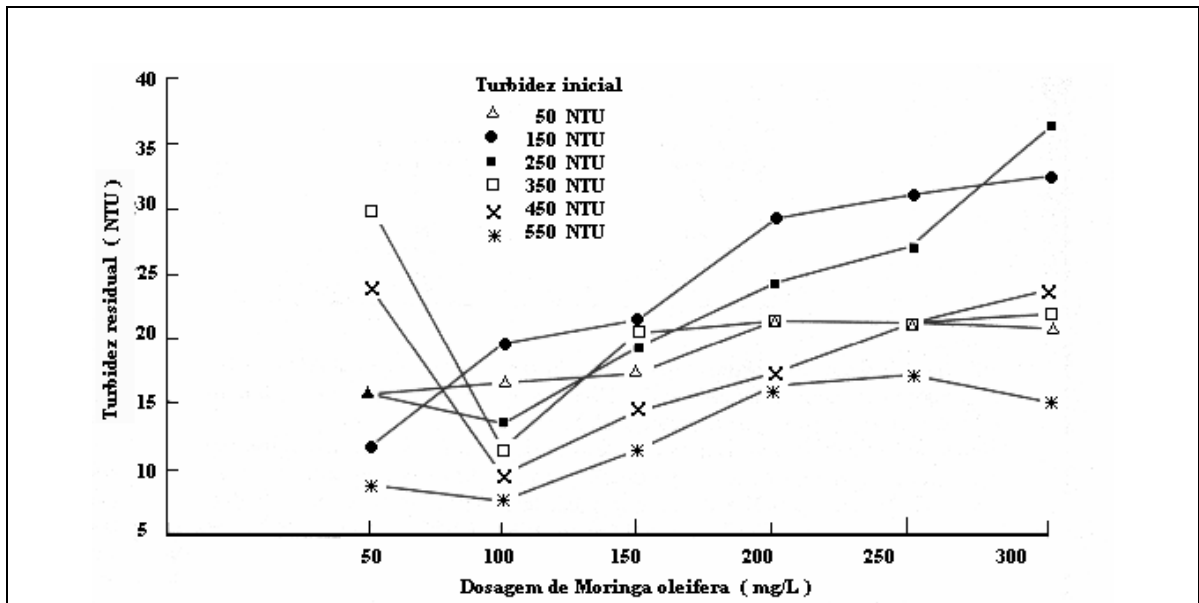


FIGURA 3.15 - Curvas de turbidez residual (após 2 horas de sedimentação) em função da turbidez da água sintética preparada com suspensão de caulinita. (FONTE: adaptado de MUYIBI & EVISON, 1995)

A produção da água potável envolve geralmente o uso das etapas de coagulação e floculação para remover partículas coloidais e suspensas, causa da turbidez. Os sais do alumínio e de ferro, juntamente com polímeros sintéticos são os produtos químicos geralmente utilizados. Com sais de Alumínio, há sempre o interesse sobre os residuais na água tratada e o custo dos produtos químicos podem ser um problema, daí o interesse em coagulantes naturais, alternativos aos convencionais (MILLER *et al*, 1984 e DIAZ *et al*, 1999).

Os extratos aquosos das sementes secas de *M. oleifera* mostraram-se compatíveis com os sais de alumínio, e o seu uso foi recomendado como um agente coagulante no tratamento de água em países em desenvolvimento (JAHN, 1988; NDABIGENSERE & NARASIAH, 1996; NDABIGENSERE & NARASIAH, 1995). Outros estudos similares também foram realizados com outros materiais vegetais, como por exemplo, sementes de tamarindo (BHOLE, 1995).

BORBA (2001) realizou inúmeros ensaios de coagulação/floculação inicialmente com cinco componentes da *M. oleifera*: semente inteira, polpa, casca, parte interna e externa da vagem, para verificar qual apresentava a melhor capacidade coagulante. Posteriormente, fez a extração do óleo de todos os componentes usando-se como solventes para os 3 primeiros (a semente integral, a polpa, a casca) metanol, etanol/água e hexano; para os 2 últimos (partes interna e externa da vagem) utilizou como solvente a mistura etanol/hexano, na proporção 1:1 e

desta forma obteve dezesseis supostos coagulantes. Em seus ensaios de clarificação, BORBA (2001) utilizou 96 rpm para promover a mistura rápida durante 2 minutos e 10 rpm por 15 minutos para a mistura lenta; o tempo de sedimentação foi fixado em 2 horas para a coleta de amostras. Durante seus trabalhos BORBA (2001) notou que a polpa da semente é um excelente coagulante, obtendo uma redução de 92,5 % a 97,7 % para turbidez e de 90,7 % a 97,5 % para cor o que demonstra a possibilidade do seu emprego como solução alternativa para clarificação de água de abastecimento de casas isoladas ou na zona rural.

Visando a questão referente à gostos e odores provenientes da utilização do coagulante extraído das sementes de *M. oleifera*, OKUDA *et al* (2001a) realizou a extração com solução salina (NaCl) e depois isolou e purificou por diálise o coagulante e diferentemente da solução aquosa, verificou que a solução coagulante pode ser utilizada para águas com baixa turbidez sem que a concentração de carbono orgânico dissolvido sofresse algum acréscimo (FIGURA 3.16).

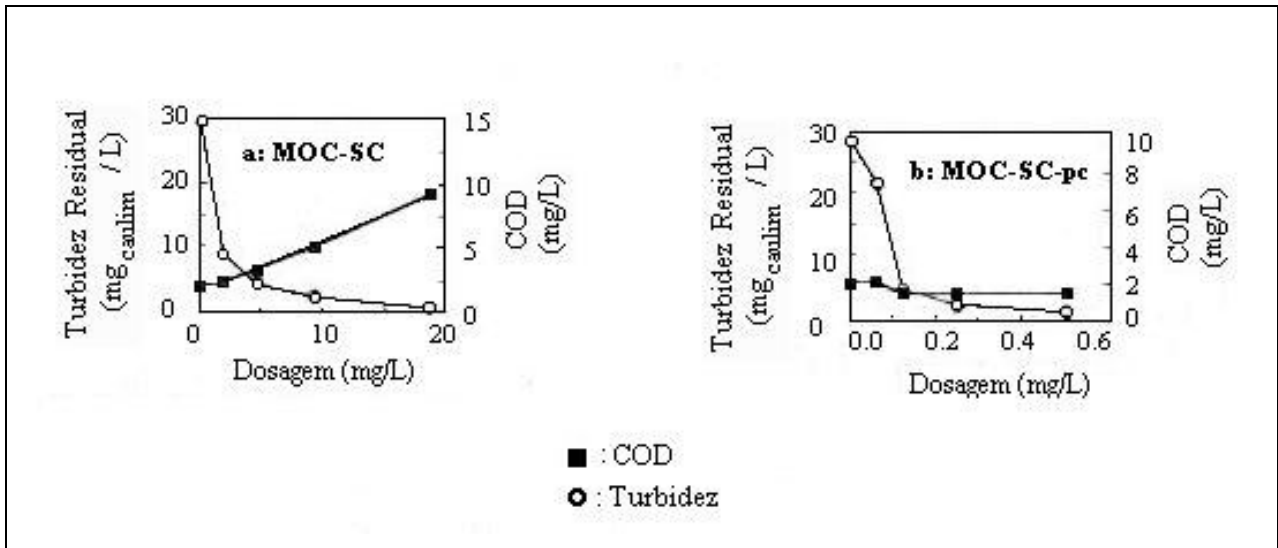


FIGURA 3.16 - Turbidez residual e COD com água sintética tratada com solução coagulante (extração com sal: MOC-SC) e solução coagulante purificada (MOC_SP-pc).

Fonte: adaptado de OKUDA *et al*, 2001a

OKUDA *et al* (2001b), estudou o mecanismo de coagulação que ocorre no processo de clarificação de água natural utilizando o MOC-SC-pc e concluiu que o mecanismo parece consistir de um emaranhado formado pelo componente coagulante. A formação de compostos insolúveis foi afetada pela presença de cátions bivalentes (por ex., Ca²⁺), os quais são capazes de

se conectar em cada molécula do componente do MOC-SC-pc. Também MUIYBI & EVISON (1995), comparam a propriedade coagulante da suspensão obtida com as sementes de *M. oleifera* como sendo similar à um polieletrólito catiônico²¹, composto basicamente por polipeptídeos.

Segundo MENDES (1989), o comportamento dos polímeros como coagulantes consiste na adsorção dos mesmos à superfície das partículas coloidais seguida ou pela redução da carga ou pelo "entrelaçamento" das partículas pelos polímeros (FIGURA 3.17).

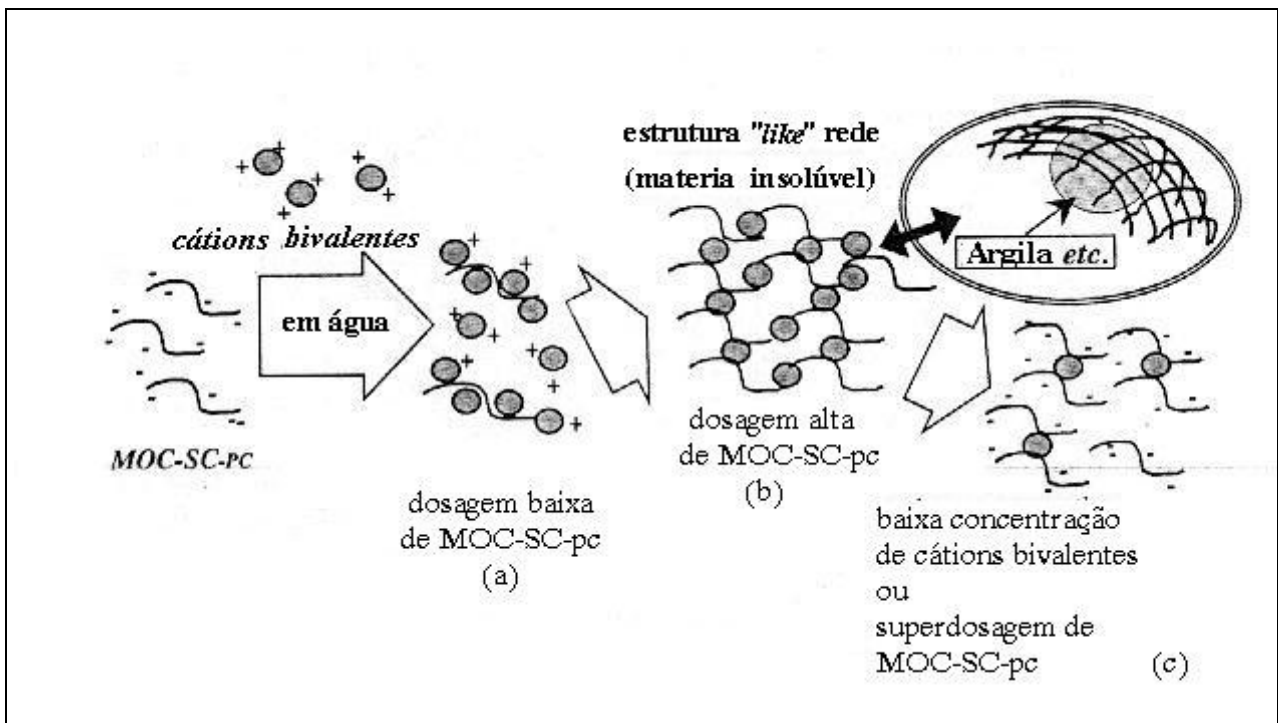


Figura 3.17 - Modelo de estrutura do componente coagulante ativo no MOC-SC-pc
 Fonte: adaptado de OKUDA *et al*, 2001b

Na TABELA 3.4 e também na TABELA 3.5 estão resumidas algumas condições utilizadas por alguns pesquisadores em seus trabalho:

²¹ atuam na neutralização das cargas elétricas superficiais e incremento do tamanho dos flocos formados.

TABELA 3.4 - Dados relativos à concentração da solução coagulante obtida com o pó das sementes de *M. oleifera* utilizada por alguns autores

Autores	Solvente	Concentração
JAHN (1988)	Água potável ou previamente clarificada	2,0%
MUIYBI & EVISON (1995a)	Água destilada	4,0%
MUIYBI & EVISON (1995b)	Água destilada	10%
NDABIGENGESERE <i>et al</i> (1995)	Água (éter, clorofórmio, acetona e hexano)	5,0%
MUIYBI & OKUOFU (1996)	Água destilada	10%
NDABIGENGESERE & NARASIAH (1996)	Água potável	5,0% (0.5 a 8,0%)
NDABIGENGESERE & NARASIAH (1998a)	Água potável	5,0% (0.5 a 8,0%)
NDABIGENGESERE & NARASIAH (1998b)	Água potável	5,0% (0.5 a 8,0%)

TABELA 3.5 - Dados referentes à estudos de coagulação em reatores estáticos

Pesquisa	Água de Estudo	Coagulante utilizado	Mistura Rápida		Mistura Lenta			
			Gradiente de velocidade s ⁻¹	Tempo de agitação rpm	Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade s ⁻¹	Tempo de Agitação rpm	Tempo de Agitação Min
BRITO*	Cor ap. = 210 uC Turbidez = 25 uT	Sulfato de Alumínio	400	---	5	20	---	20
BRITO*	Cor ap. = 210 uC Turbidez = 27 uT	Cloreto Férrico	400	---	15	35	---	20
CONCEIÇÃO*	Cor ap. = 150 uC Turbidez = 16 uT	Sulfato de Alumínio	600	---	20	20	---	30
A.G. BHOLE	Água sintética (bentonita)	M. oleifera C = 1%	---	90	60	---	30	10
A. DIAZ <i>et all</i>	Água sintética (caulin)	M. oleifera C = 5%	---	80	120	---	30	30
JAHN	Água natural	M. oleifera C = 2%	---	130	120	---	17/18	10/5

apud PAVANELLI, 2001.

Recentemente, alguns pesquisadores têm procurado extrapolar as experiências a respeito da utilização de coagulantes alternativos, obtidas com reatores estáticos utilizando instalações piloto com fluxo contínuo: McCONNACHIE *et al* (1999) propôs o emprego da floculação hidráulica, como mostra o esquema da FIGURA 3.18 e 3.19; RAGHUWANSHI *et al* (2002)

avaliaram alguns coagulantes alternativos utilizando uma instalação piloto (FIGURA 3.20 e 3.21) e obteve turbidez menor que 1 NTU para a água filtrada e, a exemplo dos dois pesquisadores anteriormente citados, MUYIBI & ALFUGARA (2003) também utilizaram uma instalação piloto em suas pesquisas (FIGURA 3.22).

McCONNACHIE et al (1999) utilizaram para a vazão igual a $0.1\text{m}^3/\text{s}$ um tempo de detenção igual a 20 minutos e concluíram que para valores de turbidez da água bruta igual ou superior a 50 NTU a melhor opção foi o ciclo completo (floculação, sedimentação e filtração) para a obtenção de valores de turbidez remanescente menores que 5 NTU; já para valores de turbidez menores que 50 NTU, McCONNACHIE e seus colaboradores conseguiram obter valores de turbidez remanescente menores que 1 NTU quando a taxa utilizada foi 10 m/h e dosagens menores que 25 mg/L (concentração da solução coagulante igual a 4%); o efeito do aumento na taxa de filtração pode ser observado na FIGURA 3.23.

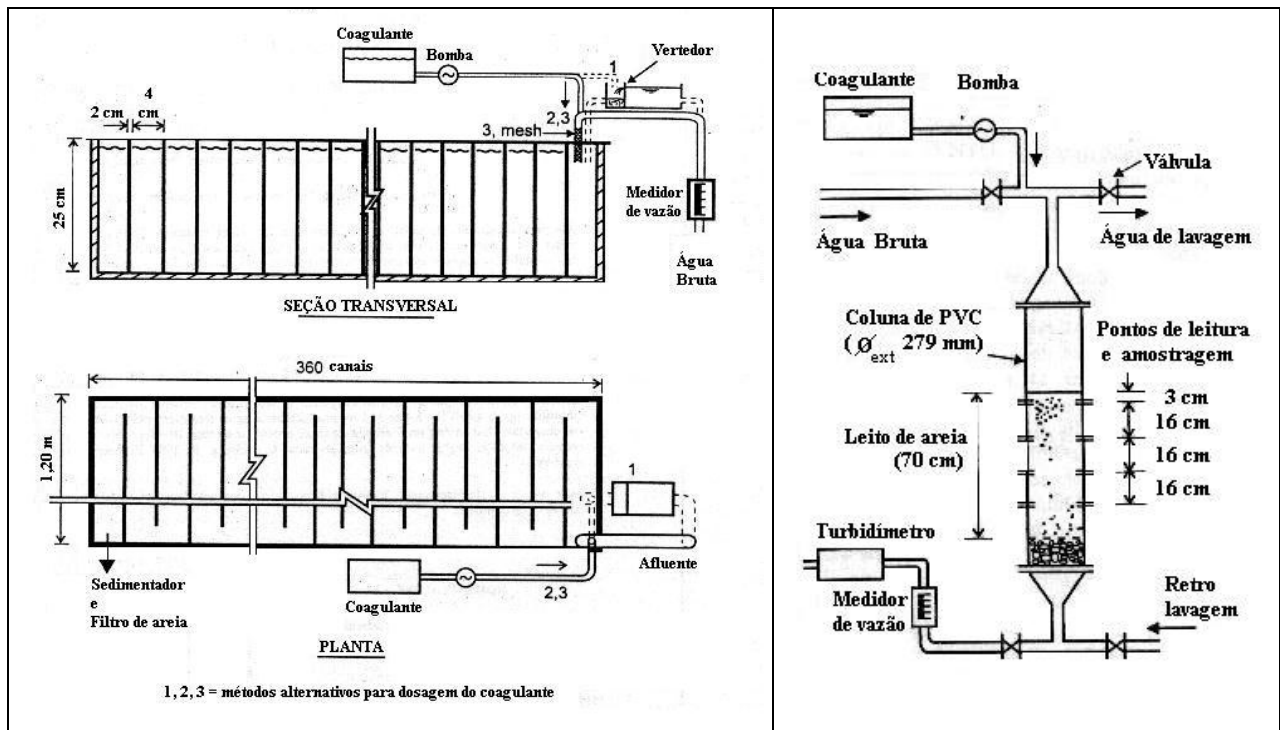


FIGURA 3.18 - Esquema da instalação piloto empregando filtração direta

Fonte: adaptado de McCONNACHIE et al, 1999

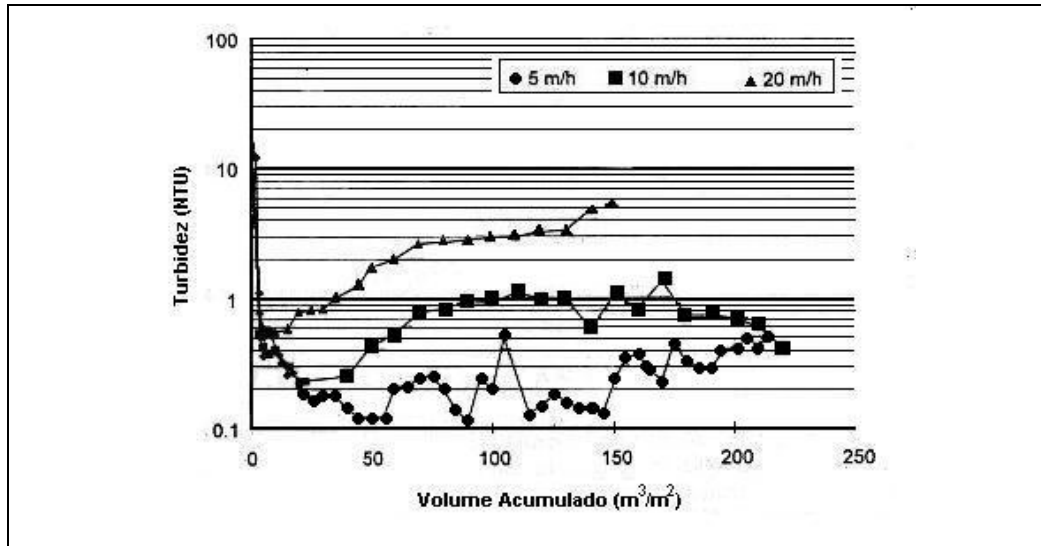


FIGURA 3.19 - Curvas de turbidez e evolução da perda de carga em função da taxa aplicada: filtração direta

Fonte: adaptado de McCONNACHIE *et al*, 1999

RAGHUWANSHI *et al* (2002) utilizaram as sementes de *M. oleifera* em seus experimentos apenas após a realização da secagem das sementes (40°C por 24 horas) antes da obtenção do pó. Os ensaios em realizados em reatores estáticos tiveram como objetivo a determinação da melhor dosagem para a obtenção de turbidez menor que 10 NTU sendo que o coagulante primário utilizado foi uma solução de sulfato de alumínio e à medida que dosagens maiores do auxiliar de coagulação (*M. oleifera*) foram utilizadas, a dosagem necessária de sulfato de alumínio decresceu.

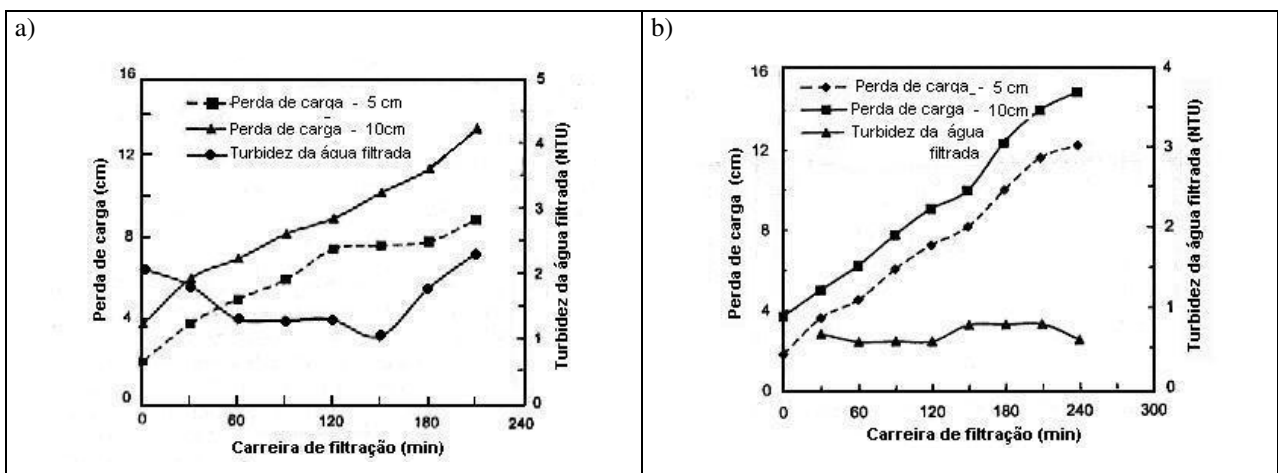


FIGURA 3.20 - Curvas de remoção de turbidez e evolução da perda de carga em função do tempo de filtração: a) sulfato de alumínio e b) sulfato de alumínio como coagulante primário e *M. oleifera* como auxiliar

Fonte: adaptado de RAGHUWANSHI *et al*, 2002

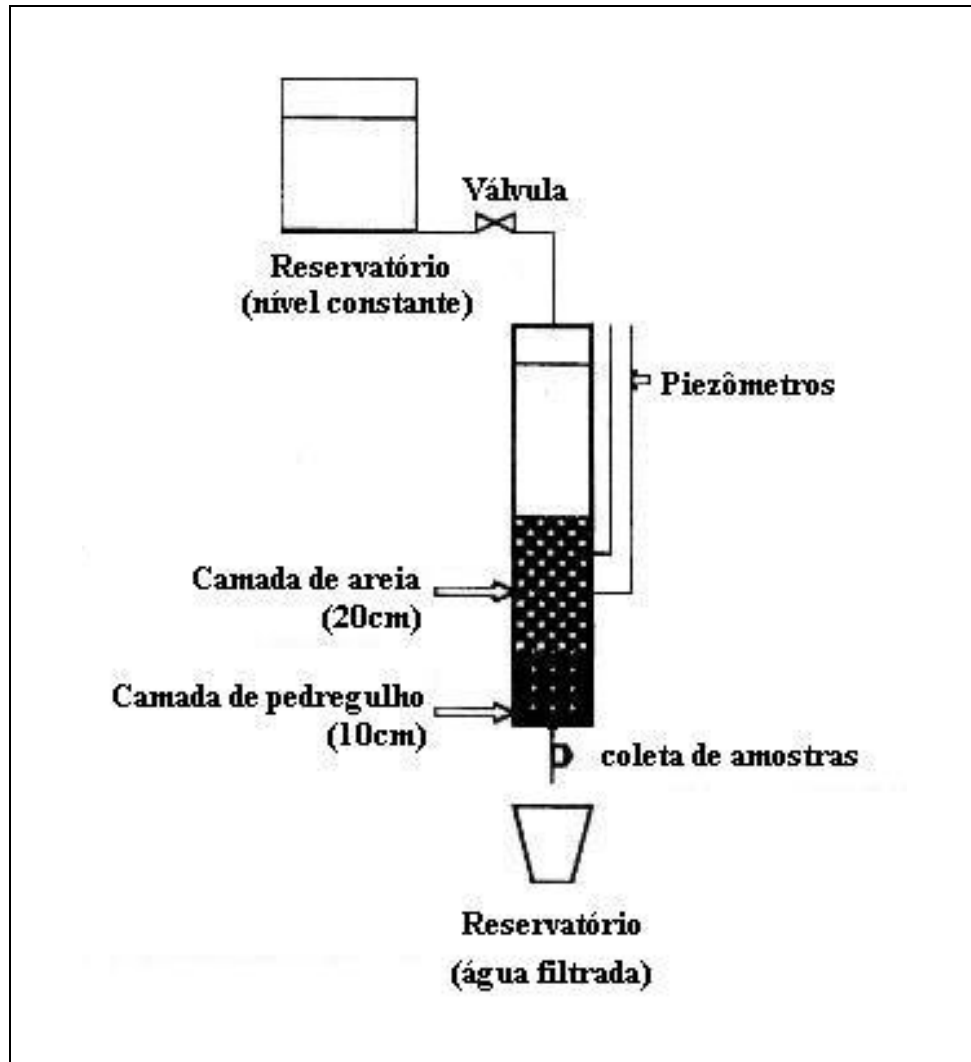


FIGURA 3.21 - Instalação de bancada para filtração direta
Fonte: adaptado de RAGHUWANSHI *et al*, 2002

MUYIBI & ALFUGARA (2003) projetaram e construíram uma instalação piloto, móvel e compacta a fim de estudar, comparativamente, o extrato de *M. oleifera* e o sulfato de alumínio utilizando a água de um curso d'água que era bombeada para um reservatório localizado na parte superior da instalação, como pode ser observado na FIGURA 3.22:

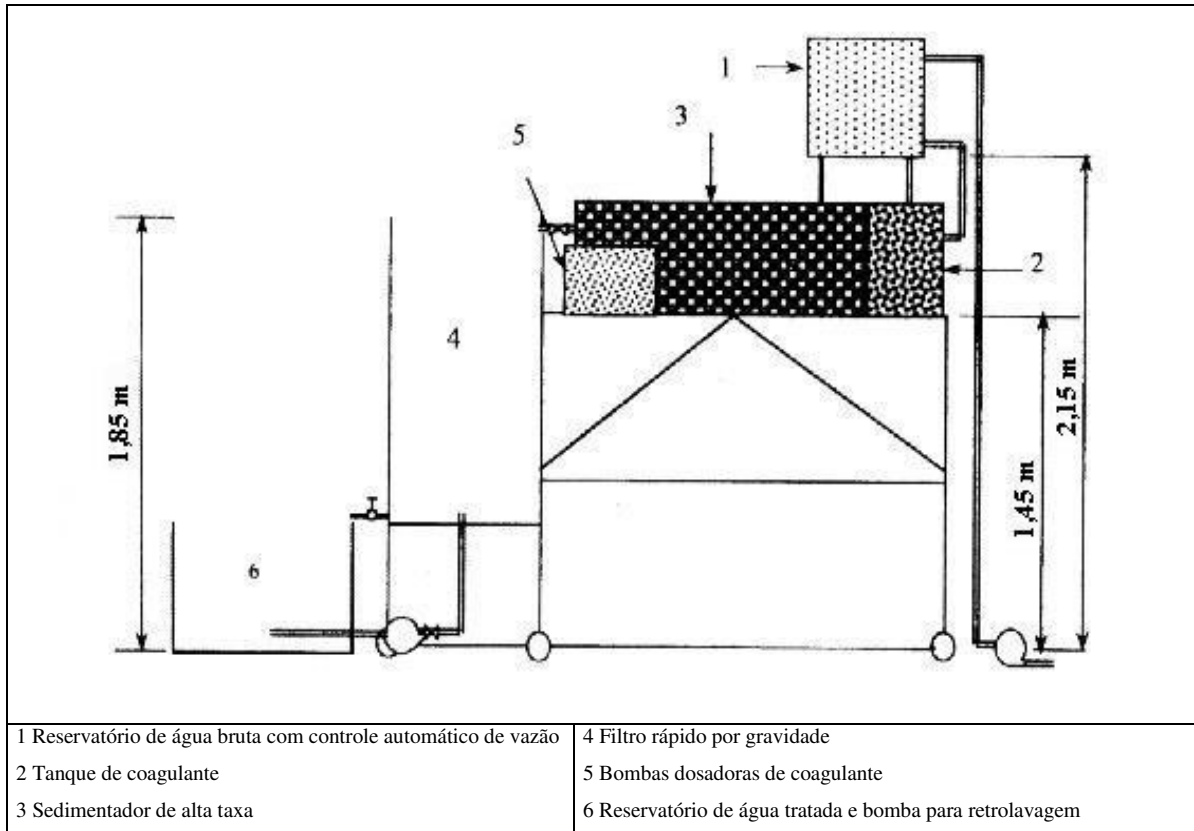


FIGURA 3.22 - Representação esquemática de uma instalação piloto para tratamento de água: fluxo contínuo

Fonte: adaptado de MUYIBI & ALFUGARA, 2003

MUYIBI & ALFUGARA (2003) extraíram o óleo do pó obtido com sementes previamente submetidas por 24 horas à uma temperatura de 50 °C para só então preparar uma solução coagulante com concentração igual a 10% (massa/volume); a solução de sulfato de alumínio foi preparada com 1 grama deste sal e 1 litro de água destilada. Estes pesquisadores realizaram seus experimentos em duas fases distintas, sendo que a primeira foi conduzida em laboratório (teste de jarros) para a obtenção da dosagem a ser utilizada na segunda fase, para a qual o volume das soluções era preparado de forma a ser suficiente para experimentos com 3 horas de duração com uma vazão igual a 6 litros/minuto. A FIGURA 3.23 contém as características das amostras coletadas ao longo dos experimentos: durante o período de observação, a turbidez da água bruta variou entre 21.6 e 479 NTU, os valores da alcalinidade ficaram entre 85 e 119 mg CaCO₃/L e a faixa de pH foi de 6,9 e 7,5.

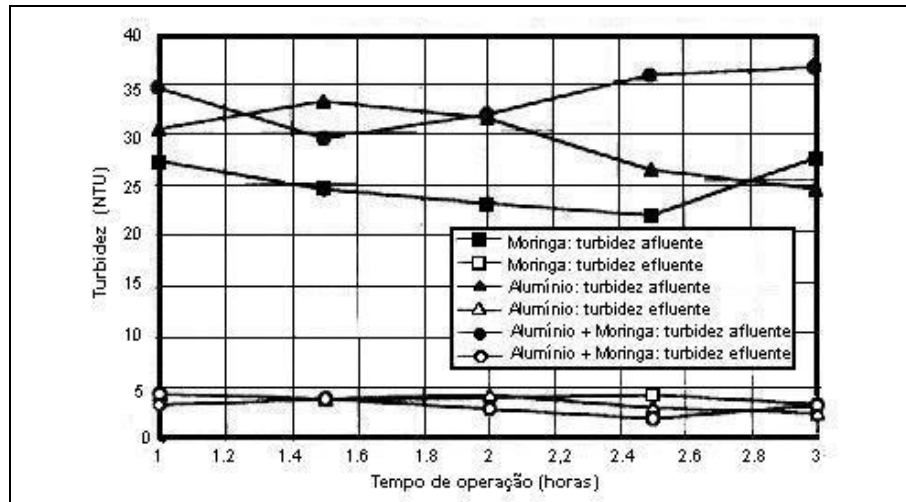


FIGURA 3.23 - Valores de turbidez da água bruta e turbidez residual para experimentos conduzidos em instalação piloto com fluxo contínuo
 Fonte: adaptado de MUYIBI & ALFUGARA, 2003

MUYIBI & ALFUGARA (2003) concluíram que foi possível uma redução de 40% na dosagem de sulfato de alumínio quando utilizaram a solução de *M. oleifera* como auxiliar. Também os valores de turbidez remanescente tiveram uma melhora, pois quando a solução de *M. oleifera* foi utilizada como auxiliar, a turbidez remanescente foi igual a 1,5 NTU, ao passo que sua utilização como coagulante primário resultou no valor de turbidez remanescente igual a 2,7 NTU.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Hidráulica e Laboratório de Saneamento da Faculdade de Engenharia Agrícola/UNICAMP utilizando nos ensaios de clarificação de água um equipamento de bancada (FIGURA 4.1) cuja característica principal é: variação gradual do gradiente de velocidade (FIGURA 4.2) e com agitação simultânea dos 6 jarros (todos com capacidade para 2 litros e seção quadrada) confeccionados em acrílico. Foram inicialmente estudados os pares de valores dosagem de solução coagulante/turbidez final em função do gradiente de velocidade/tempo de agitação da mistura rápida e posteriormente para a mistura lenta.

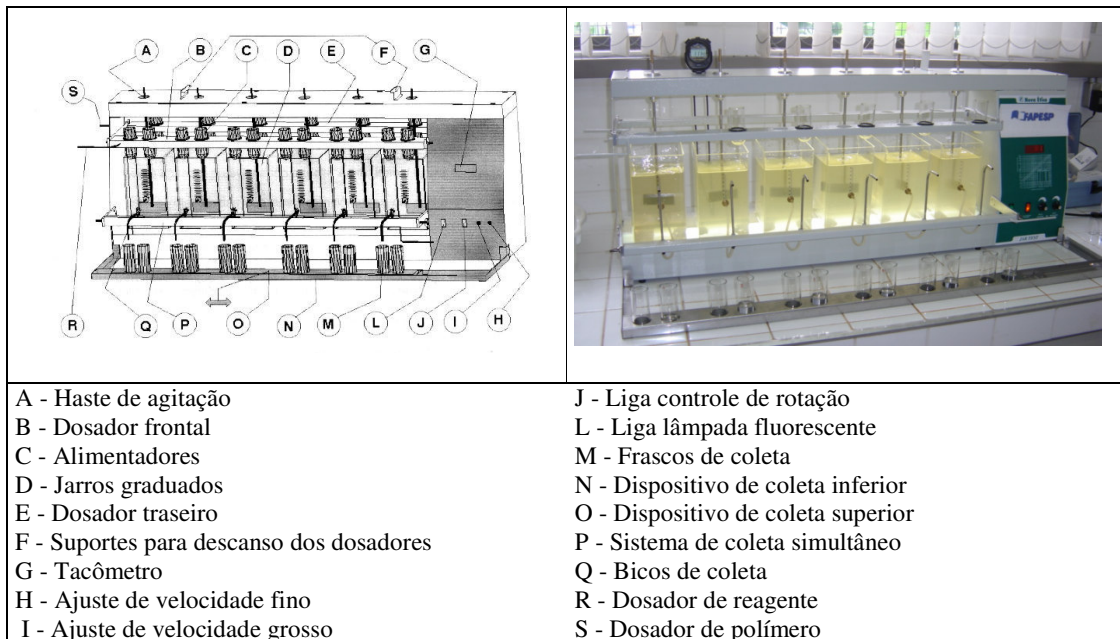


FIGURA 4.1 - Equipamento de JarTest: Mod. 218 LDB
Fonte: catálogo do fabricante (Nova Ética)

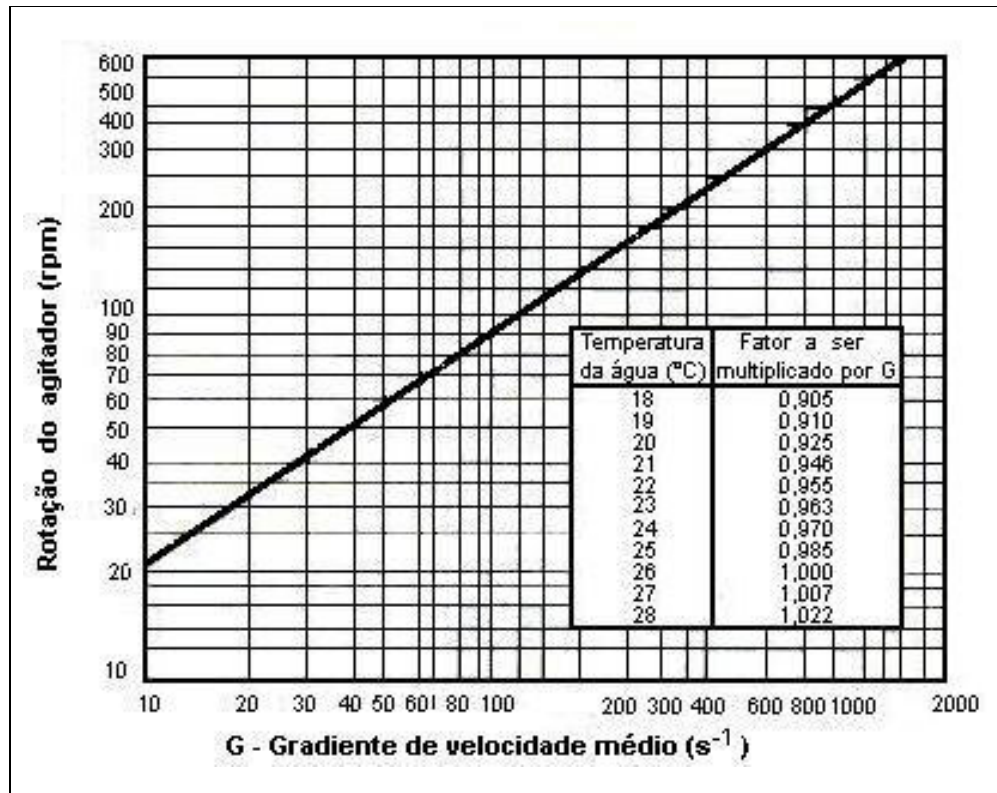


FIGURA 4.2 - Curva característica do equipamento de JarTest utilizado: gradiente de velocidade em função da rotação do agitador (sem estatores)
 Fonte: catálogo do fabricante (Nova Ética)

Os ensaios de coagulação adotados no presente projeto foram adaptados das experiências de diversos autores, conforme apresentado anteriormente na TABELA 3.2 e baseados nas recomendações de MENDES (1989), contudo, sem o ajuste inicial do pH, uma vez que em pequenas comunidades tal procedimento não seria praticado e, portanto, tendo em vistas o tratamento em pequena escala (ou mesmo o tratamento domiciliar), semelhantes ajustes não foram feitos nos experimentos do presente estudo.

Como ainda não se dispunha de parâmetros ótimos de mistura rápida e floculação foi necessário efetuar alguns ensaios preliminares para a fixação do gradiente de velocidade (G) e tempo de agitação (T): durante a série I de experimentos, foram utilizados para a mistura rápida três valores de G (100, 200 e 400 s⁻¹) e T = 60s; para a floculação (nesta e em todas as séries) foram utilizados três valores de G (20, 40 e 80s⁻¹) e para T = 10min (este valor difere para cada série).

Os resultados obtidos com a fase preliminar foram essenciais para a determinação de dosagens, condições de mistura rápida e de mistura lenta, períodos de sedimentação, de

forma que, nas séries de experimentos I, II III e IV os ensaios foram conduzidos alterando-se a faixa de dosagem e a concentração da suspensão coagulante, mas foram mantidas as demais condições (tempos e intensidades de agitação) assim como os tempos de coleta da água após os períodos de sedimentação arbitrados na etapa anterior (15, 30, 60, 90 e 120min).

Em outras duas séries de experimentos (séries V e VI) excluiu-se o maior gradiente utilizado até então para a mistura rápida por razões práticas, já que uma intensidade maior de agitação dificilmente poderia ser reproduzida manualmente (no caso do tratamento domiciliar) e também porque observou-se uma diferença não significativa que justificou a excluir o gradiente com maior intensidade ($400s^{-1}$) e manter os outros gradientes até então utilizados ($200s^{-1}$ e $100s^{-1}$); sendo assim, fixou-se a faixa de dosagens e concentração da suspensão coagulante para a execução dos ensaios de clarificação, que tiveram como objetivo a filtração direta em papel de filtro (FRAMEX: faixa branca-filtração média, \varnothing $12,50 \pm 0,10$ cm, cinza $\leq 0,00009$ g) após o término do período de floculação ao longo da fase ①; e, finalmente, na fase ② (séries VII, VIII e IX), para uma mesma dosagem (a menor dosagem entre as dosagens estudadas até então com a qual se obteve os melhores resultados, ou seja, no caso: 37,5mg/L) foram feitas variações nos períodos de mistura lenta e como os maiores períodos de floculação corresponderam aos melhores resultados, foram acrescentados aos tempos já estudados dois períodos de floculação: 25 e 30min.

A TABELA 4.1 demonstra todos os ensaios realizados, durante os quais foram realizadas as leituras: da alcalinidade, pH, condutividade elétrica, cor aparente, oxigênio dissolvido e turbidez da água de estudo e das amostras após sedimentação e também alcalinidade para a água bruta. As metodologias analíticas para determinação destes parâmetros foram realizadas de forma a atender às especificações das normas nacionais que disciplinam estes parâmetros e que constam na edição mais recente da *publicação Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

Ao longo de todo o trabalho, a água de estudo foi coletada semanalmente em um lago localizado próximo campo experimental e era utilizada durante uma série de experimentos que tinham a duração de 3 ou 4 dias. Esta água tinha como principal característica os baixos valores de turbidez sendo, contudo, colorida o que tornou o trabalho mais interessante.

TABELA 4.1 - Parâmetros de coagulação e floculação

FASES DA PESQUISA	SÉRIE	Concentração da solução coagulante* (peso/vol.)	Dosagens (mg/L)	Mistura Rápida (coagulação)		Mistura Lenta (floculação)	
				G (s ⁻¹)	T (s)	G (s ⁻¹)	T (min)
Fase PRELIMINAR	I	1,5 %	37,5; 75,0; 150,0 187,5 e 225,0	400 200 100	60	80 40 20	10
	II	3,0 %	75,0; 150,0; 225,0 300,0 e 450,0	400 200 100	60	80 40 20	20
	III	5,0 %	75,0; 150,0; 225,0 300,0 e 600,0	400 200 100	60	80 40 20	5
	IV	7,5 %	37,5; 75,0; 150,0 300,0 e 600,0	400 200 100	60	80 40 20	15
Fase 1	V	2,5 %	37,5; 75,0; 187,5 225,0 e 300,0	200	30	80 40 20	5, 10, 15 e 20
	VI	2,5 %	37,5; 75,0; 187,5 225,0 e 300,0	100	30	80 40 20	5, 10, 15 e 20
Fase 2	VII	2,5 %	37,5	200 100	15	80 40 20	5, 10, 15, 20, 25, e 30
	VIII	2,5 %	37,5	200 100	30	80 40 20	5, 10, 15, 20, 25, e 30
	IX	2,5 %	37,5	200 100	60	80 40 20	5, 10, 15, 20, 25, e 30

*ver TABELA 4.2

4.1 OBTENÇÃO DO COAGULANTE

A metodologia para a obtenção do coagulante a partir das sementes de *M. oleifera*, foi baseada nas metodologias apresentadas por NDABIGENGESERE & NARASIAH (1996), NDABIGENGESERE *et al* (1995), MUYIBI & OKUOFU (1995a e 1995b) e MUYIBI & EVISON (1995), adaptadas para o presente estudo a fim de tornar o processo mais simples e viável tecnicamente, como por exemplo, a substituição de tecidos (nylon)

utilizados por estes pesquisadores para homogeneizar o tamanho dos pedaços da semente por uma peneira com abertura igual a 1,0 mm e eliminação da etapa de filtração após o período de homogeneização e extração do coagulante em água destilada (FIGURA 4.3). A escolha da utilização de uma solução aquosa deveu-se à facilidade de manuseio e ao baixo custo.

Para o preparo da suspensão coagulante, inicialmente é necessário triturar manualmente em um pilão as sementes sem a casca e peneirar o pó para que este seja pesado em quantidade conveniente à concentração (massa/volume) desejada: a suspensão coagulante é obtida pela adição de água destilada ao pó das sementes, contudo, esta suspensão deve ser homogeneizada durante 2 minutos e deixada em condições de repouso durante 5 minutos a fim de que se possa coletar o sobrenadante, descartando os pedaços maiores que se depositam no fundo. Particularmente nesse estudo, o volume de solução preparado era sempre acrescido de 50% do volume necessário para a dosagem de todos os jarros, de forma a garantir a coleta do sobrenadante sem que os pedaços e resíduos maiores da semente triturada fossem succionados (contudo, para concentrações acima de 5% esta condição não é assegurada porque devido à pequena espessura da lâmina de água).

De acordo com alguns autores, a suspensão coagulante pode ser mantida sob refrigeração²², contudo, seguindo as recomendações de MUYIBI & OKUOFU (1996) e NDABIGENGESERE & NARASIAH (1996), para que fossem minimizados eventuais problemas, foi preparada nova solução para ser utilizada a cada experimento; as concentrações compatíveis com as dosagens investigadas de forma que não fosse preciso grandes volumes de coagulante devido à uma dosagem mais elevada. Neste sentido, as concentrações utilizadas foram 1.5, 2.5, 3.0, 5.0 e 7.5%; quanto às dosagens, utilizou-se 37,5; 75,0; 150,0; 187,5; 225,0; 300,0; 450,0 e 600,0 mg/L.

²² Em climas quentes, as suspensões devem ser preparadas diariamente; armazenadas em frascos fechados à temperatura ambiente (18-19°C) podem ainda manter as propriedades coagulantes ainda que com algum déficit na eficiência de remoção; ou, podem ser refrigeradas por uma semana sem que isto acarrete alguma alteração (JAHN, 1988)

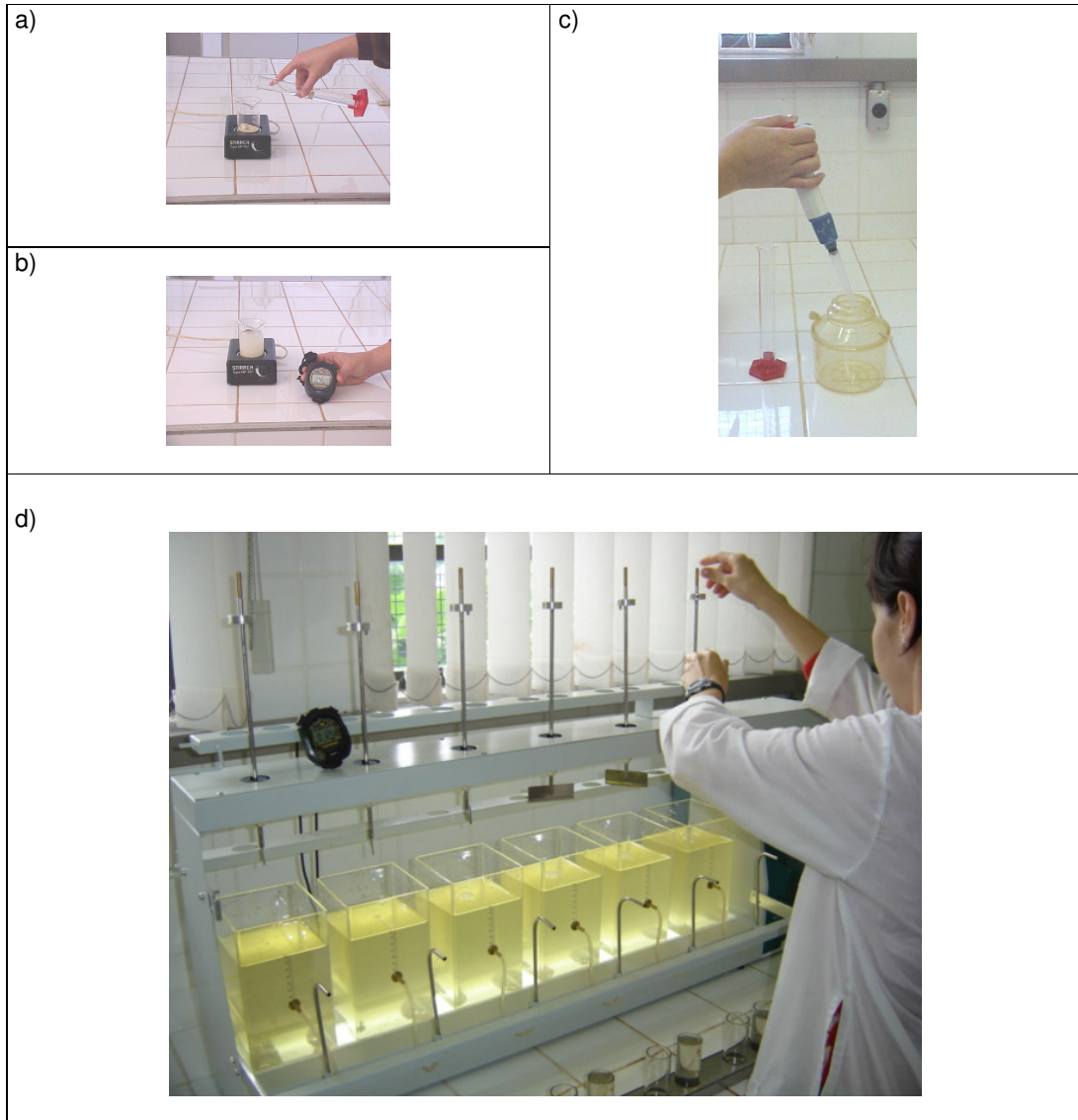


FIGURA 4.3 - Obtenção da suspensão coagulante (a, b e c) e preparativos para a realização de um ensaio de clarificação (d)

Na TABELA 4.2 constam os parâmetros referentes à concentrações, dosagens, gradientes e tempos de agitação utilizados nos ensaios.

TABELA 4.2 - Dados relativos à concentração da solução coagulante e dosagens utilizadas

Fase da pesquisa	Séries de experimentos	Concentração (peso/Vol)	Dosagens (mg/L)							
			37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	300,0	450,0	600,0
TESTES	I	1,5 %	x	x	x	x	x			
	II	3 %		x	x		x	x	x	
	III	5,0 %	x	x	x			x		x
	IV	7,5 %		x	x		x	x		x
FASE 1	V	2,5 %	x	x		x	x	x		
	VI	2,5 %	x	x		x	x	x		
FASE 2	VII	2,5 %	x							
	VIII	2,5 %	x							
	IX	2,5 %	x							

Como em muitas espécies o peso da semente é um indicativo de sua qualidade fisiológica, influenciando a percentagem e o índice de velocidade de germinação, de forma que, em um mesmo lote, sementes leves normalmente apresentam menor desempenho do que as pesadas (BEZERRA *et al*, 2004), também neste trabalho considerou-se as diferenças (tamanho e peso) entre lotes de forma que para a moagem eram tomados em igual número, sementes de ambos os lotes de que se dispunha. Basicamente, o critério de exclusão se baseou na cor e estado de dessecação dos cotilédones, segundo as recomendações de JAHN (1988).

4.2 ENSAIOS DE CLARIFICAÇÃO

A realização dos ensaios de coagulação e floculação incluiu uma rotina para coleta de dados que abrangia a leitura dos seguintes parâmetros físicos e químicos: pH, cor, turbidez e condutividade elétrica. Um grande volume de água para a realização de uma série de ensaios - 120 litros - que a fim de minimizar as diferenças entre o primeiro e o último ensaio de uma mesma série só começaria a ser utilizado após um período de 12 horas. As atividades desenvolvidas em cada ensaio constam na TABELA 4.3:

Tabela 4.3 - Rotina de realização dos ensaios

ETAPA	ATIVIDADE
Obtenção do pó das sementes de <i>M. oleifera</i>	Retirada das casca Trituração
Preparo da solução coagulante	Pesagem do pó das sementes Extração aquosa Coleta do sobrenadante (suspensão coagulante)
Realização do ensaio	Verificação das dosagens e dos valores de agitação
Leitura dos parâmetros monitorados	Coleta de Amostras

Para garantir a homogeneidade da água contida em cada um dos seis jarros, tomou-se o cuidado de enchê-los simultaneamente. Atenção especial também foi dada para que antes de cada tempo de sedimentação para a coleta de amostras, era descartado o volume coletado nos primeiros 10s para que a água estagnada nas mangueiras coletoras não interferisse nos resultados; desta forma, após o tempo de descarte, coletava-se um volume correspondente à 60 ± 10 mL do sobrenadante durante um período de 20 segundos.

5 RESULTADOS e DISCUSSÕES

O presente capítulo foi organizado em itens, os quais são apresentados a seguir:

- no item 5.1 *Caracterização das sementes*, constam o peso das sementes utilizadas para a obtenção da suspensão coagulante, listados nas TABELAS 5.1a e 5.1b, respectivamente para o primeiro e segundo lote: a distribuição do peso das sementes sem a casca (cotilédones) está apresentado nas FIGURAS 5.1a e 5.1b;
- no item 5.2, denominado *Ensaaios preliminares* é introduzida toda a sistemática experimental;
- o item 5.3, intitulado *Ensaaios da fase 1*, analisa uma faixa de dosagem composta pelas dosagens que melhores resultados proporcionaram na fase preliminar: o critério para a escolha da concentração da suspensão coagulante levou em consideração o grau de facilidade para obtenção, no caso, facilidade de coleta do sobrenadante com o auxílio de uma pipeta;
- o item 5.4 corresponde aos *Ensaaios da fase 2*, cuja característica principal é a fixação de uma concentração e dosagem: nesta fase, os ensaios diferem de uma série para outra basicamente no tempo de mistura rápida (Tmr) e os resultados são referenciados ao tempo de mistura lenta (Tml); e,
- finalmente, no item 5.5 como sugere seu próprio título - *Considerações Finais* - apresentam-se na TABELA 5.2 os valores das remoções de cor aparente após 15min de sedimentação em termos de porcentagem, na TABELA 5.3 um resumo das características de

cada série de ensaio; e, na série de Tabelas 5.4 a 5.11 faz-se uma comparação entre os parâmetros utilizados e as respectivas eficiências de remoção da cor e turbidez; e,

- constam nos Anexos todas as leituras dos parâmetros monitorados ao longo de cada uma das nove séries de experimentos (séries I a IX): os dados são apresentados nos ANEXOS A, B, C, D, E, F, G, H e I respectivamente para cada uma das séries, na forma de tabelas e figuras.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DAS SEMENTES

Conforme pode ser observado na TABELA 5.1a e 5.1b e nas FIGURAS 5.1a e 5.1b a distribuição para cada lote do peso das sementes utilizadas nos ensaios para obtenção do coagulante varia de forma diferente: na faixa de 41,0-239,5 mg e 23,0-319,5 mg, respectivamente para o primeiro e segundo lote de sementes. A grande variação entre os dois lotes justificou a utilização simultânea das sementes de ambos na proporção 1:1 durante a realização dos ensaios experimentais.

Para ambos os lotes, a porcentagem de casca em relação ao peso das sementes ficou entre 33 % (Desvio padrão = 0,171) e 36% (Desvio padrão = 0,114).

TABELA 5.1a - Caracterização das sementes: dados relativos ao peso com e sem casca

Lote 1 - Peso em gramas														
	COM casca	Sem casca		COM casca	Sem casca		COM casca	Sem casca		COM casca	Sem casca		COM casca	Sem casca
1	0,1635	0,1020	21	0,2350	0,1535	41	0,1835	0,1300	61	0,2520	0,1860	81	0,2430	0,1490
2	0,2490	0,1620	22	0,2400	0,1585	42	0,2560	0,1800	62	0,2075	0,1195	82	0,2285	0,1700
3	0,0490	---	23	0,1980	0,1390	43	0,1210	0,0630	63	0,2385	0,1720	83	0,1770	0,1210
4	0,200	0,1495	24	0,2800	0,1885	44	0,2040	0,1355	64	0,1505	0,0920	84	0,1960	0,1315
5	0,2225	0,1395	25	0,1825	0,1160	45	0,2570	0,1850	65	0,2365	0,1725	85	0,1655	0,0990
6	0,1540	0,0870	26	0,2875	0,2160	46	0,1785	0,1025	66	0,1565	0,1090	86	0,2600	0,1785
7	0,1940	0,1330	27	0,2365	0,1600	47	0,1480	0,1015	67	0,1785	0,1150	87	0,1965	0,1280
8	0,1750	0,1085	28	0,2110	0,1325	48	0,1915	0,1210	68	0,2190	0,1430	88	0,2460	0,1555
9	0,1025	---	29	0,1585	0,0995	49	0,2240	0,1595	69	0,3370	0,2395	89	0,2340	0,1615
10	0,2395	0,1675	30	0,0670	0,0290	50	0,2225	0,1340	70	0,2340	0,1530	90	0,2070	0,1420
11	0,2380	0,1570	31	0,1610	0,0830	51	0,2860	0,1910	71	0,1805	0,1290	91	0,2165	0,1390
12	0,2220	0,1490	32	0,1110	0,0625	52	0,1650	0,1125	72	0,1240	0,0650	92	0,2040	0,1340
13	0,2105	0,1575	33	0,1880	0,1195	53	0,1785	0,1145	73	0,1835	0,1185	93	0,1910	0,1360
14	0,0915	0,0410	34	0,1415	0,0815	54	0,1090	0,0625	74	0,2255	0,1490	94	0,2025	0,1385
15	0,2085	0,1515	35	0,2150	0,1535	55	0,2075	0,1475	75	0,1375	0,0625	95	0,2010	0,1430
16	0,2450	0,1610	36	0,0670	0,0285	56	0,2785	0,1910	76	0,2215	0,1555	96	0,1690	0,1065
17	0,2060	0,1380	37	0,1935	0,1275	57	0,2255	0,1485	77	0,2230	0,1570	97	0,1870	0,1190
18	0,2850	0,2035	38	0,2165	0,1345	58	0,1810	0,1250	78	0,1695	0,1080	98	0,2290	0,1680
19	0,1330	0,7010	39	0,3355	0,2370	59	0,1925	0,1230	79	0,1810	0,1145	99	0,1115	0,0555
20	0,1830	0,1100	40	0,1940	0,1325	60	0,2790	0,1910	80	0,1545	0,0975	100	0,1095	0,0675

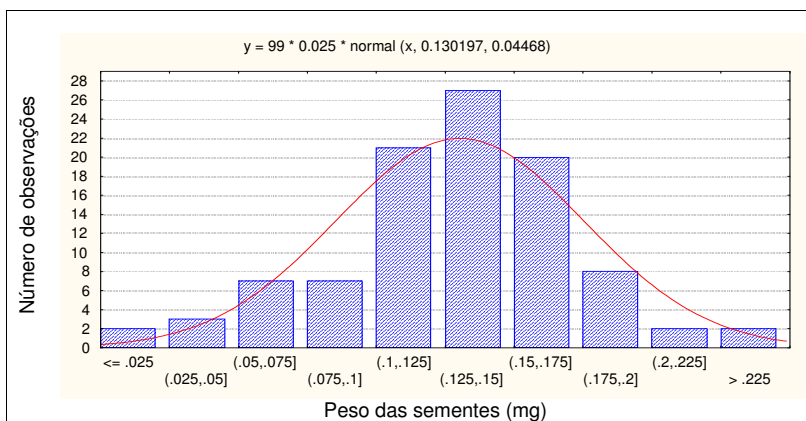


FIGURA 5.1a - Histograma: peso dos cotilédones do primeiro lote de sementes (Média = 130,2 mg e Desvio padrão = 0.04468)

TABELA 5.1b - Caracterização das sementes: dados relativos ao peso com e sem casca

Lote 2 - Peso em gramas														
	COM casca	Sem Casca		COM casca	Sem casca		COM casca	Sem casca		COM casca	Sem casca		COM casca	Sem casca
1	0,2430	0,1850	21	0,1200	0,0810	41	0,1995	0,1430	61	0,1695	0,1145	81	0,1505	0,1405
2	0,1270	0,0880	22	0,1690	0,1250	42	0,1600	0,1080	62	0,0765	---	82	0,0765	0,0230
3	0,1010	0,0720	23	0,1860	0,1255	43	0,1475	0,1055	63	0,1385	0,1035	83	0,0905	---
4	0,1725	0,1150	24	0,1075	0,0660	44	0,2315	0,1660	64	0,1670	0,0980	84	0,2980	0,2252
5	0,1385	0,0935	25	0,0865	0,0600	45	0,1805	0,1360	65	0,3730	0,2885	85	0,1760	0,1000
6	0,1275	0,0930	26	0,1485	---	46	0,0595	0,0340	66	0,2900	0,2230	86	0,1275	0,0925
7	0,1130	0,0790	27	0,1580	0,1335	47	0,2395	0,1885	67	0,1045	0,0750	87	0,0980	0,0680
8	0,1625	0,1160	28	0,2135	0,0965	48	0,2805	0,1980	68	0,2555	0,1855	88	0,1635	0,1075
9	0,1100	0,0800	29	0,3575	0,2575	49	0,2795	0,2010	69	0,1365	0,0935	89	0,1135	0,0730
10	0,1175	0,0790	30	0,0620	0,0395	50	0,1305	0,0840	70	0,1210	0,0875	90	0,1620	0,1165
11	0,1290	0,0840	31	0,3110	0,2240	51	0,1485	0,1070	71	0,1830	0,0685	91	0,2350	0,1835
12	0,1050	0,0720	32	0,1640	0,1155	52	0,1225	0,0860	72	0,1090	0,0835	92	0,0760	0,0530
13	0,1205	0,0820	33	0,3420	0,2570	53	0,0815	0,0580	73	0,1210	0,0520	93	0,1040	0,0810
14	0,1185	0,0870	34	0,0955	0,0515	54	0,1180	0,0770	74	0,0875	0,0940	94	0,1535	0,1180
15	0,0565	0,0390	35	0,0740	0,0545	55	0,1265	0,0605	75	0,1445	0,0525	95	0,2350	0,1715
16	0,0860	0,0605	36	0,1250	0,0945	56	0,1050	0,0710	76	0,0925	0,0895	96	0,0990	0,0630
17	0,3205	0,2370	37	0,4230	0,3145	57	0,1040	0,0630	77	0,1270	0,0845	97	0,1725	0,1170
18	0,2080	0,1390	38	0,0800	0,0415	58	0,1745	0,1195	78	0,1195	0,1225	98	0,0930	0,0670
19	0,1180	0,0780	39	0,3485	0,2540	59	0,1695	0,1305	79	0,1815	0,0950	99	0,1080	0,0770
20	0,1070	0,0650	40	0,1550	0,1085	60	0,1610	0,1240	80	0,1310	---	100	0,1420	0,0965

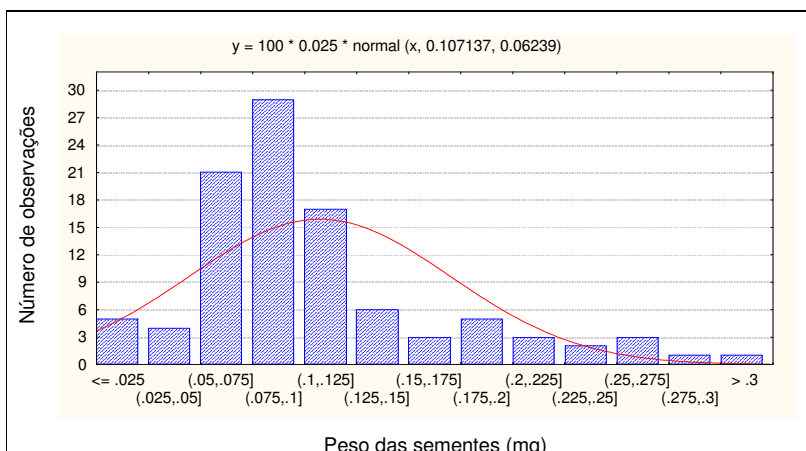


FIGURA 5.1b - Histograma: peso dos cotilédones do segundo lote de sementes (Média = 107,1 mg e Desvio padrão = 0.06239)

5.2 ENSAIOS PRELIMINARES

O objetivo das quatro primeiras séries de experimentos (série I - Anexo A, série II - Anexo B, série III - Anexo C e série IV - Anexo D) foi fixar as condições do preparo, concentração e dosagens da suspensão coagulante assim como também fixar os parâmetros para promover a coagulação e floculação, no que diz respeito à intensidade e período de agitação.

A série I teve como principais características o valor médio de 150 mg/L para a faixa de dosagem utilizada (37,5; 75,0; 150,0; 187,5 e 225,0 mg/L) e também a baixa concentração da suspensão coagulante preparada ($C = 1,5\%$), fato este ocorrido por se tratar de uma série preliminar na qual os erros cometidos não deveriam implicar em uma grande perda de sementes, já que na ocasião, dispunha-se de uma quantidade restrita.

Durante os ensaios de clarificação, as amostras do sobrenadante foram coletadas para que fossem feitas leituras da cor aparente e turbidez remanescente após 15, 30, 60, 90 e 120 minutos (tempo de sedimentação): T_{s1} , T_{s2} , T_{s3} , T_{s4} e T_{s5} , respectivamente.

Vale também ressaltar que todas as fases e suas respectivas séries de experimentos no que diz respeito aos tempos de sedimentação correspondem a velocidades de sedimentação muito maiores à realidade de decantadores usuais, contudo, ainda assim não se obteve remoção da cor aparente e tampouco da turbidez na série I, muito provavelmente devido à baixa concentração utilizada ($C = 1,5\%$), abaixo das recomendações de JAHN (1988), que sugere a utilizações de soluções com concentrações iguais ou maiores que 2,0%.

A partir da segunda série de experimentos (série II), seguindo as recomendações de JAHN (1988), a concentração da "suspensão mãe" de coagulante utilizada foi sempre superior a 2,0% e no caso da série II, a concentração arbitrada foi 3,0%; foram ajustados os valores de dosagens com base nos resultados obtidos na série anterior e desta forma, foram substituídas 37,5 e 187,5 mg/L por 300,0 e 450,0 mg/L. Pode-se observar na FIGURA 5.2, a curva correspondente a $D = 0$ mg/L, que representa o testemunho, ou seja, a ausência de coagulante na água de estudo a fim de que se possa verificar se há ocorrência espontânea de flocos.

Na FIGURA 5.2 nota-se que o comportamento das curvas de turbidez remanescente é bastante similar às curvas de cor aparente e que para ambos os casos, tempos de sedimentação maiores que 90 minutos não representam uma melhora significativa.

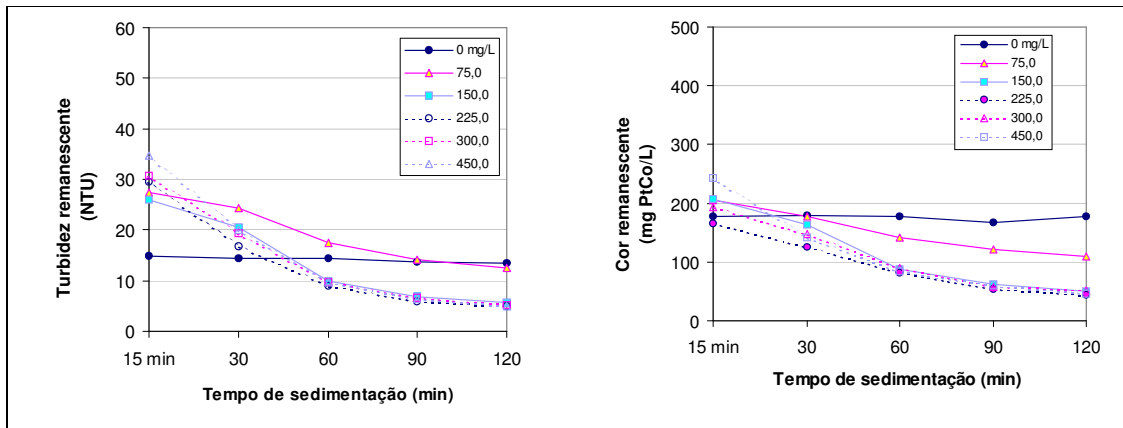


FIGURA 5.2 - Turbidez e cor remanescente em função do tempo de sedimentação (C = 3,0%):
Gmr = 100 s⁻¹, Tmr = 60s, Gml = 40 s⁻¹ e Tml = 20 min.

Na série III, novamente foram ajustadas as dosagens em função dos resultados obtidos na série anterior e com este critério D = 300,0 mg/L foi substituída por D = 600,0 mg/L (esta foi a maior dosagem investigada neste trabalho) e justamente por esta razão, ou seja, pela utilização de dosagens mais elevadas é que a concentração da suspensão coagulante utilizada precisou ser adequada para que não fosse grande o volume de coagulante correspondente a esta dosagem: C = 5,0%.

Na FIGURA 5.3 pode-se observar que uma superdosagem - como foi o caso de D = 600,0 mg/L - não foi acompanhada de uma melhora na remoção da turbidez ou na cor aparente das amostras coletadas e que apesar das dosagens utilizadas (75,0; 150,0; 225,0; 300,0 e 600,0 mg/L) terem proporcionado semelhante remoção para Ts = 120min, as dosagens superiores a 75 mg/L tiveram como inconveniente uma piora inicial devido à turbidez e cor aparente do coagulante adicionado à água bruta, além do maior consumo de coagulante, obviamente.

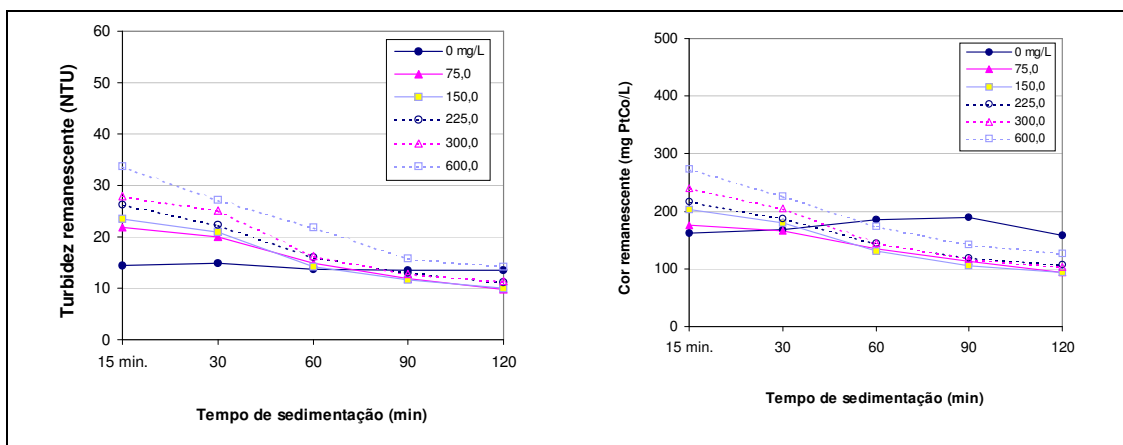


FIGURA 5.3 - Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (C = 5,0%):
Gmr = 400 s⁻¹, Tmr = 60s, Gml = 20 s⁻¹ e Tml = 5 min.

Finalmente, na série IV, seguindo o mesmo raciocínio de exclusão das dosagens que apresentarem piores resultados – critério este também adotado em todas as séries anteriores - e utilizando-se uma concentração igual a 7,5% manteve-se nesta quarta série de experimentos as melhores dosagens da série anterior e também 37,5mg/L, já que na série III o limite inferior da faixa de dosagens utilizada (75,0 mg/L) teve um desempenho mais satisfatório, fato este que pode ser facilmente observado na FIGURA 5.4.

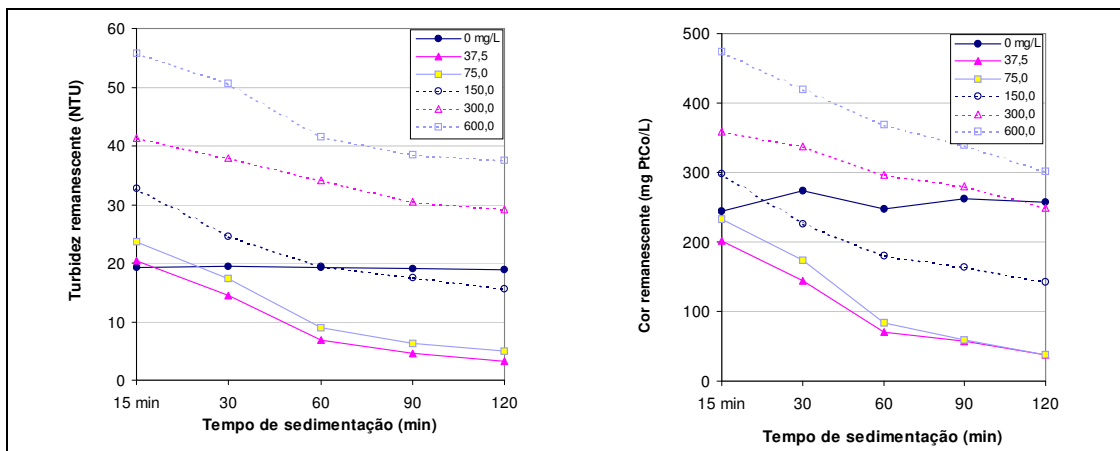


FIGURA 5.4 - Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação ($C = 7,5\%$): $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$, $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$ e $T_{ml} = 15 \text{ min}$.

Como pode ser verificado na FIGURA 5.2, FIGURA 5.3 e FIGURA 5.4, ocorre um aumento nos valores de turbidez e cor aparente proporcional à dosagem do coagulante utilizada, uma vez que a suspensão coagulante apresenta cor esbranquiçada e turbidez, por se tratar de uma suspensão não filtrada.

É interessante observar que 75,0 mg/L foi mantida como uma dosagem comum a todas as quatro primeiras séries já apresentadas (resultados preliminares) e para esta dosagem comum pode-se demonstrar na FIGURA 5.5a e 5.5b que quanto maior a concentração da solução coagulante, melhores resultados foram observados em termos de remoção, o que indica uma melhora associada ao maior número das partículas dessa suspensão, já que utilizou-se uma suspensão. Os resultados obtidos indicam também uma interação entre a concentração da solução coagulante e o tempo de mistura lenta, necessitando contudo, de um número maior de repetições para que se possa chegar à esta conclusão.

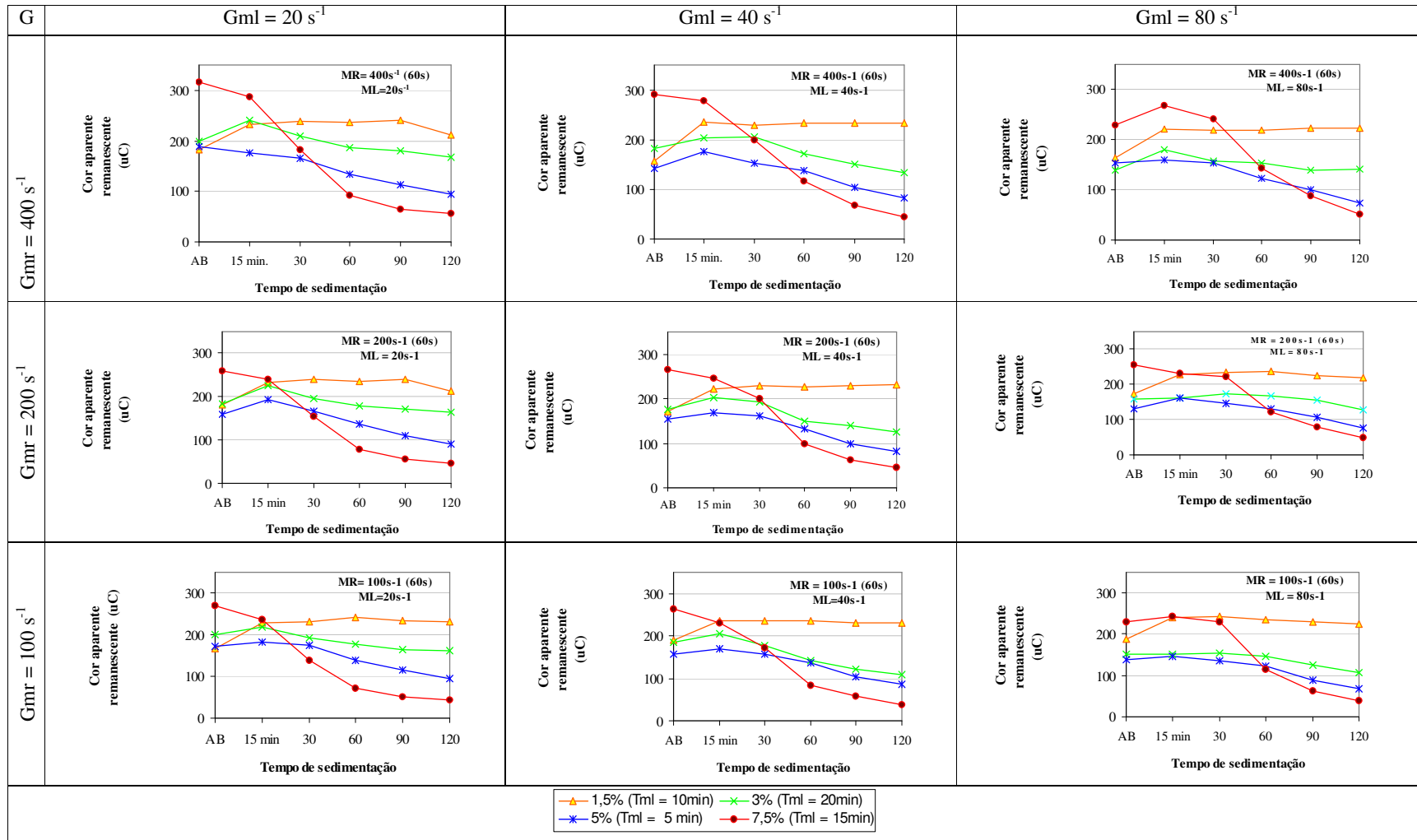


FIGURA 5.5a - Curvas de remoção de cor aparente em função do tempo de sedimentação para diferentes concentração do coagulante e os respectivos T_{ml} para cada ensaio: T_{mr} = 60s e D = 75 mg/L

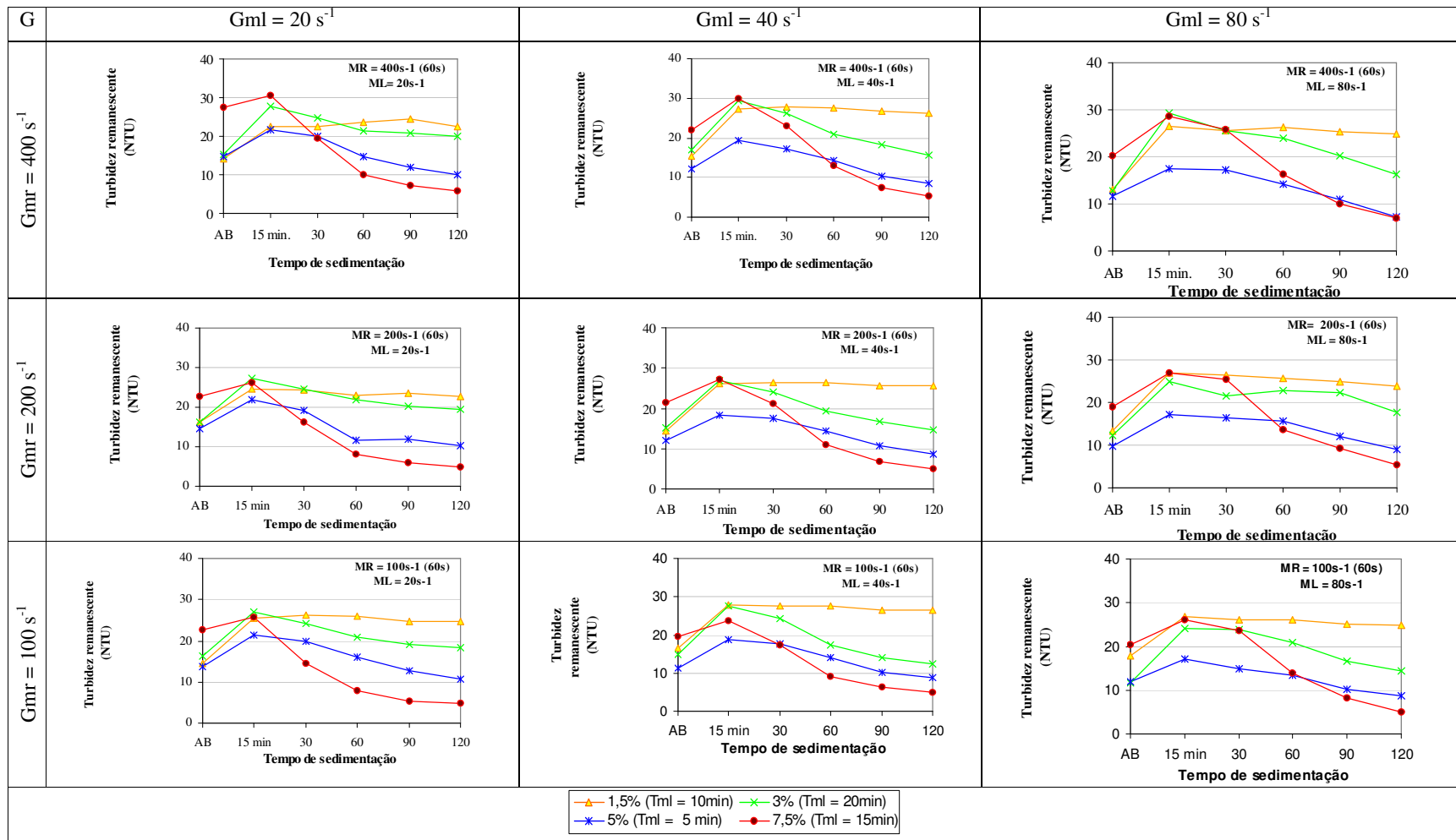


FIGURA 5.5b - Curvas de remoção de turbidez em função do tempo de sedimentação para diferentes concentração do coagulante e os respectivos T_{ml} para cada ensaio: T_{mr} = 60s e D = 75 mg/L

A melhor eficiência (96%) foi obtida quando a maior concentração do coagulante foi utilizada (7,5%) e a menor eficiência (3%) ocorreu quando a concentração utilizada foi igual a 2,5%: provavelmente este comportamento deveu-se à existência de maior ou menor núcleos para a formação dos flocos em função da concentração da suspensão coagulante.

5.3 ENSAIOS DA FASE 1

As principais características das séries V e VI são a exclusão do maior gradiente de velocidade utilizado para promover a coagulação ($G_{mr} = 400 \text{ s}^{-1}$), e a utilização de uma concentração até então não utilizada ($C = 2,5\%$), mas arbitrada em função da metodologia para obtenção da solução coagulante, na qual apenas o sobrenadante de um volume 50% maior do necessário é utilizado, sem contudo, ser filtrado. Para o tipo de água utilizada, de maneira geral a melhor dosagem foi 37,5mg/L e a utilização de dosagens acima de 75mg/L não acarretam resultados significativamente diferentes (FIGURA 5.6a e 5.6 b).

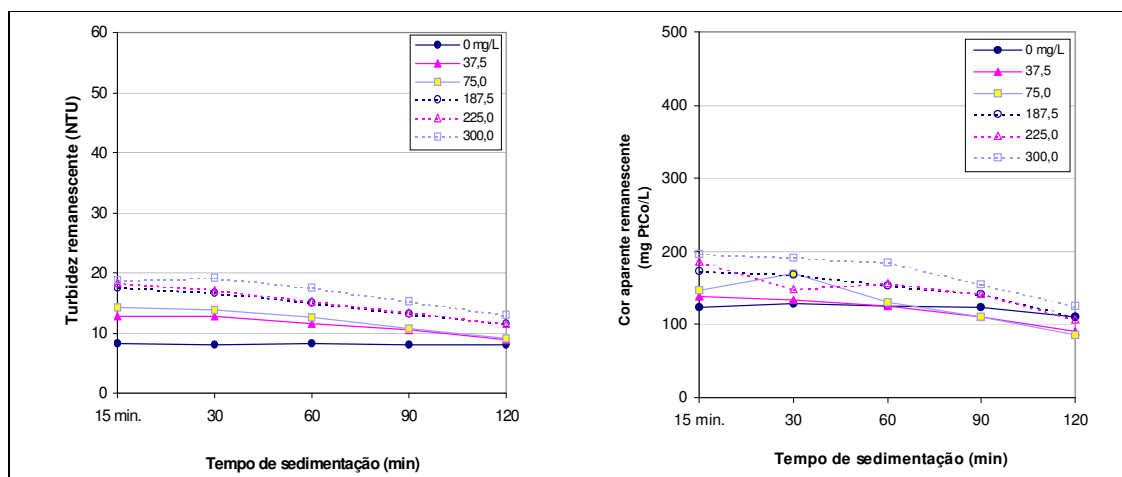


FIGURA 5.6a - Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação ($C = 2,5\%$): $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30\text{s}$, $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$ e $T_{ml} = 10\text{min}$.

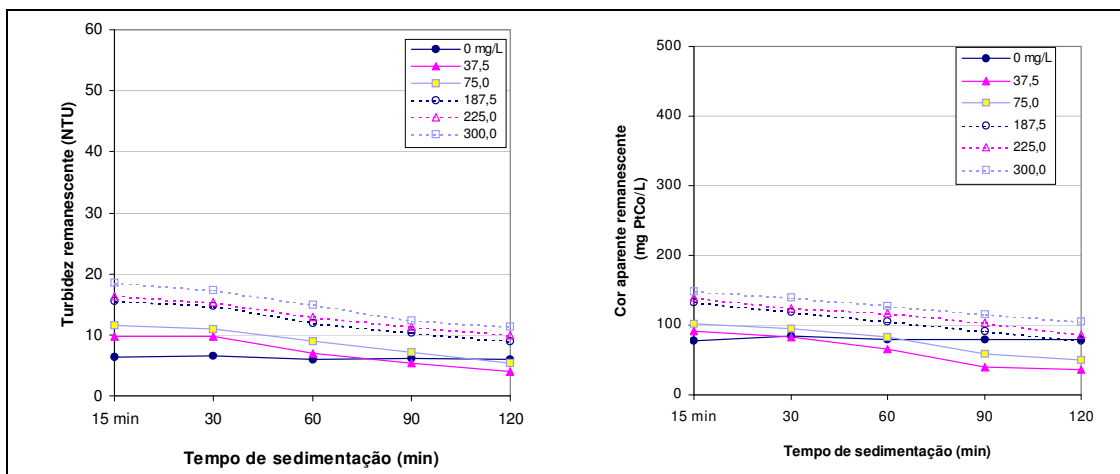


FIGURA 5.6b - Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação ($C = 2,5\%$): $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30\text{s}$, $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$ e $T_{ml} = 15 \text{ min}$.

De qualquer forma, o grande potencial do coagulante alternativo obtido com o pó das sementes de *M. oleifera* parece dizer respeito ao emprego em fluxogramas do tipo filtração direta, como pode ser observado na FIGURA 5.7a e 5.7 b. Contudo, a exemplo do que observou-se nos ensaios de sedimentação, também para a filtração direta, pequenos períodos de mistura lenta, como por exemplo, 5 minutos são os mais indicados para promover a formação e crescimento dos flocos.

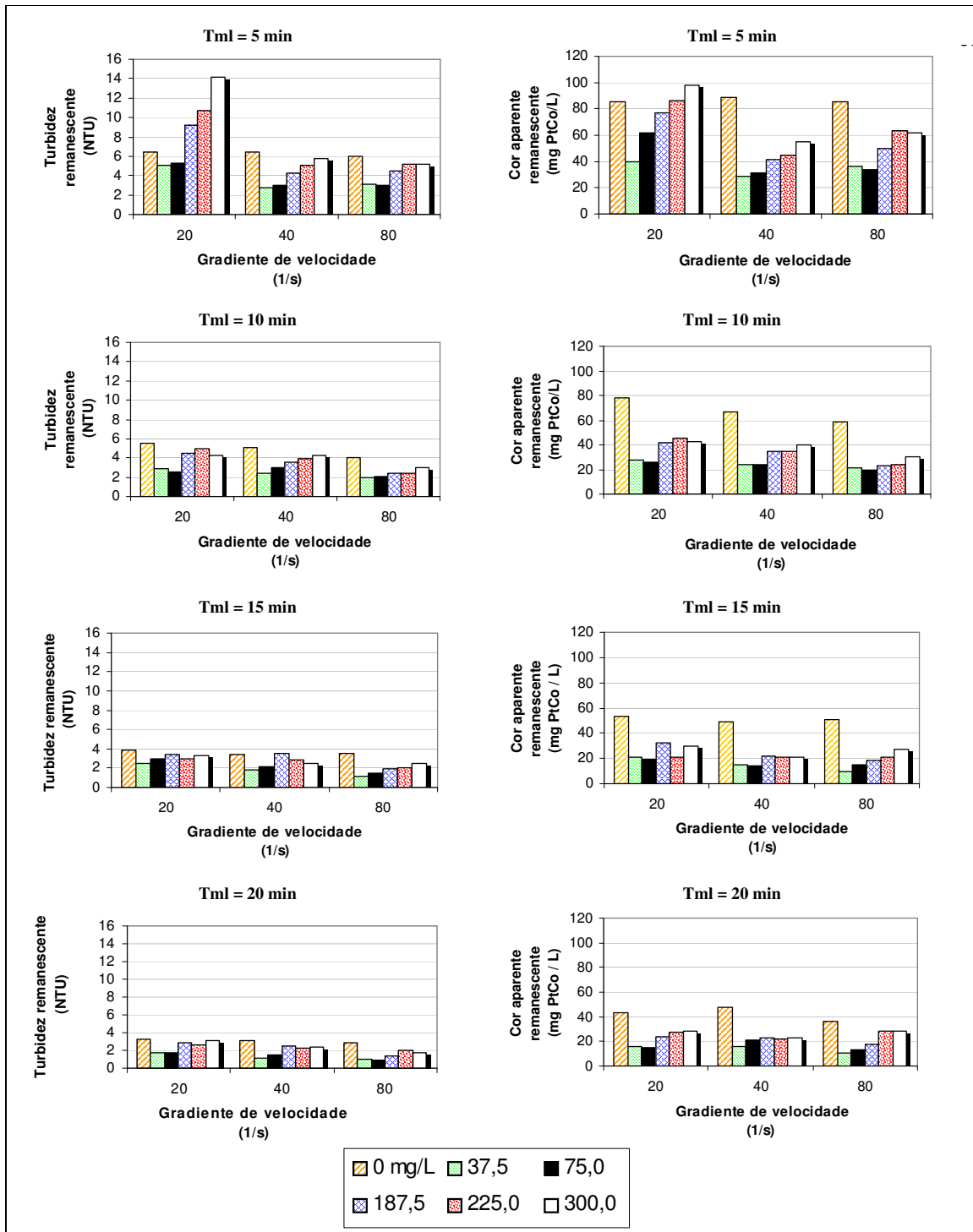


FIGURA 5.7a - Eficiência da remoção de turbidez e cor aparente por filtração direta em papel de filtro após coagulação e floculação ($C = 2,5\%$; $G_{mr} = 100s^{-1}$ e $T_{mr} = 30s$)

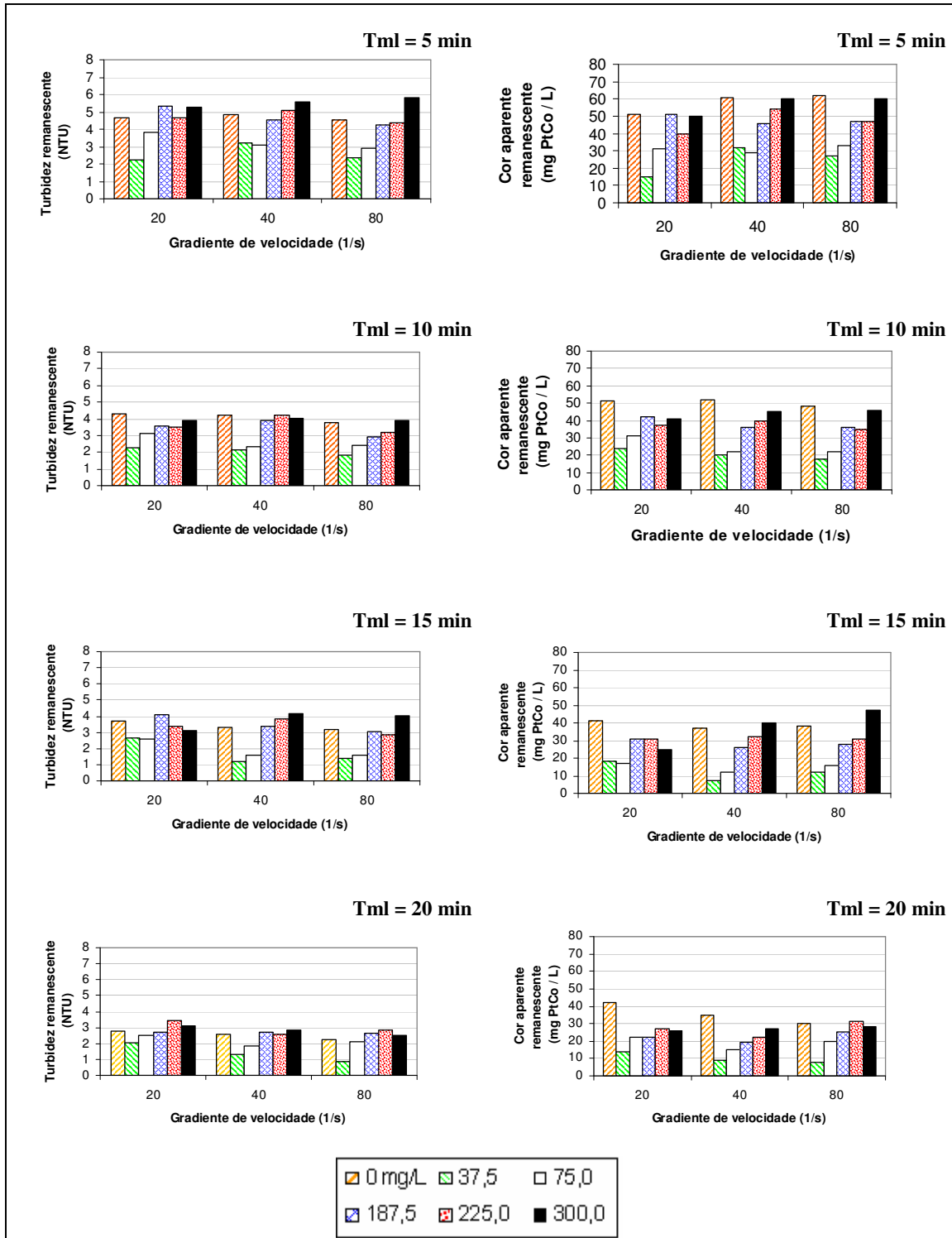


FIGURA 5.7b - Eficiência da remoção de turbidez e cor aparente por filtração direta em papel de filtro após coagulação e floculação ($C = 2,5\%$; $G_{mr} = 200s^{-1}$ e $T_{mr} = 30s$)

5.4 ENSAIOS DA FASE 2

Uma vez que a dosagem igual a 37,5 mg/L tenha sido a melhor para o tipo de água de estudo, esta foi a dosagem comum a todos os experimentos desta segunda fase (série VII, VIII e IX). Alguns resultados obtidos podem ser observados na FIGURA 5.8a, 5.8b, 5.9a, 5.9b, 5.10a e 5.10b.

Nesta fase, os valores de turbidez obtidos com a filtração direta em papel de filtro ficaram entre 3,87 NTU (Tml = 5 min) e 0,66 NTU (Tml = 25 min), sendo que a turbidez residual em 8% dos ensaios realizados foi menor que 1 NUT e em 11% foi menor ou igual a 1 NTU (FIGURA 13a e 13b).

Os valores de turbidez obtidos com a filtração direta em papel de filtro ficaram entre 2,8 NTU (Tml = 5 min) e 0,72 NTU (Tml = 30 min), sendo que a turbidez residual em 17% das amostras desta série foi menor que 1 NUT e em 21% das leituras o valor da turbidez foi menor ou igual a 1 NTU (FIGURA 14a e 14b).

Os valores de turbidez obtidos com a filtração direta em papel de filtro ficaram entre 2,67 NTU (Tml = 5 min) e 0,74 NTU (Tml = 30 min), sendo que a turbidez residual em 21% de todas as amostras desta série foi menor que 1 NUT e em 28% menor ou igual a 1 NTU (FIGURA 15a e 15b).

Ainda que não possa ser chamada de "dosagem ótima" do coagulante, uma vez que para tanto seria necessário que tivesse sido feito um estudo de otimização, sem dúvida foi a melhor dentre todas as que foram investigadas e por este motivo foi utilizada para que se observasse a influência do tempo de mistura lenta no processo de clarificação.

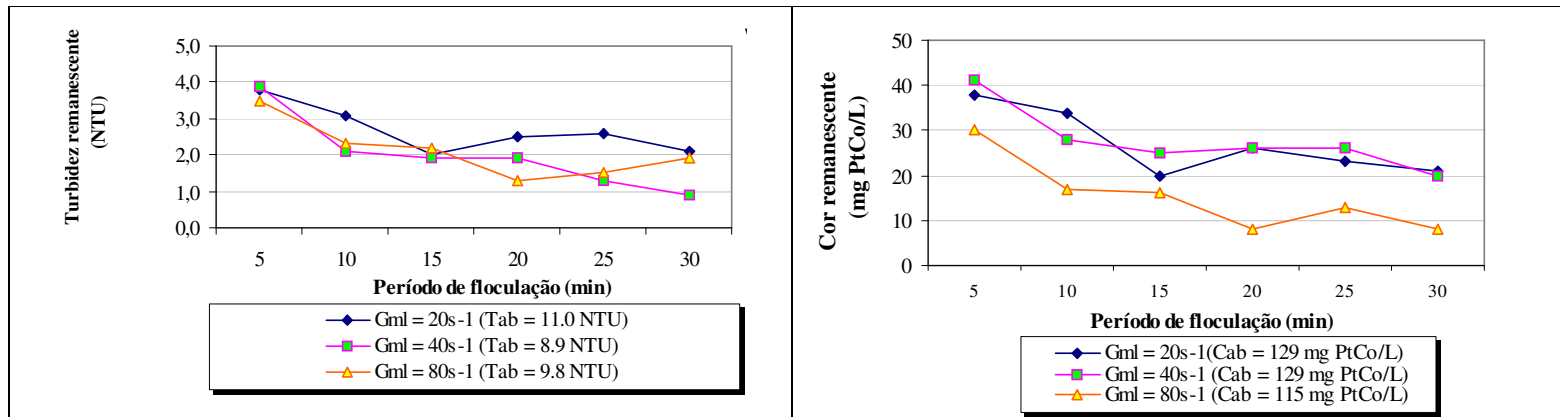


Figura 5.8a - Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$)

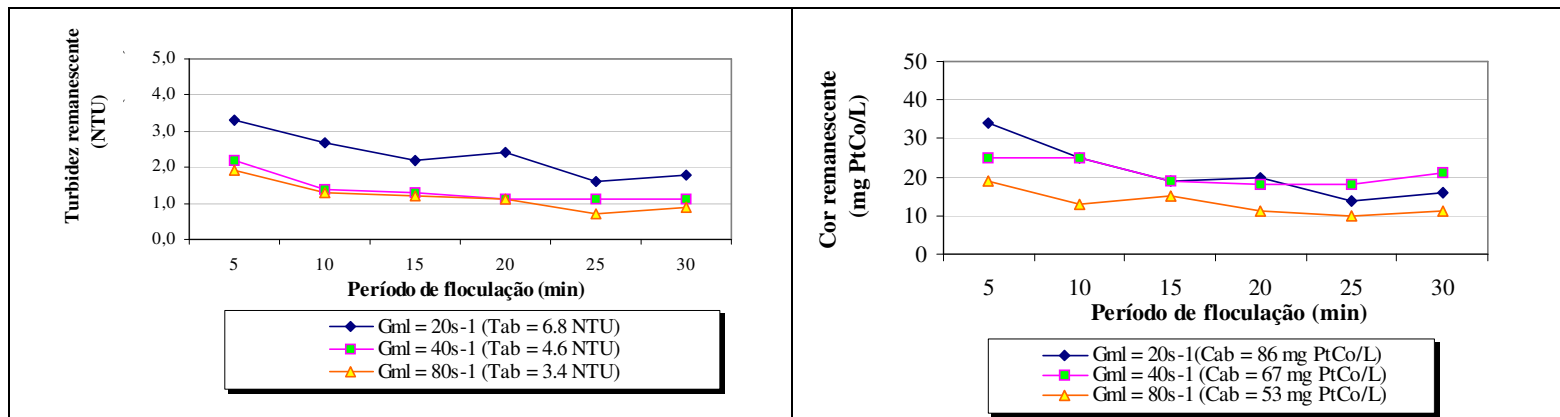


Figura 5.8b - Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de floculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$)

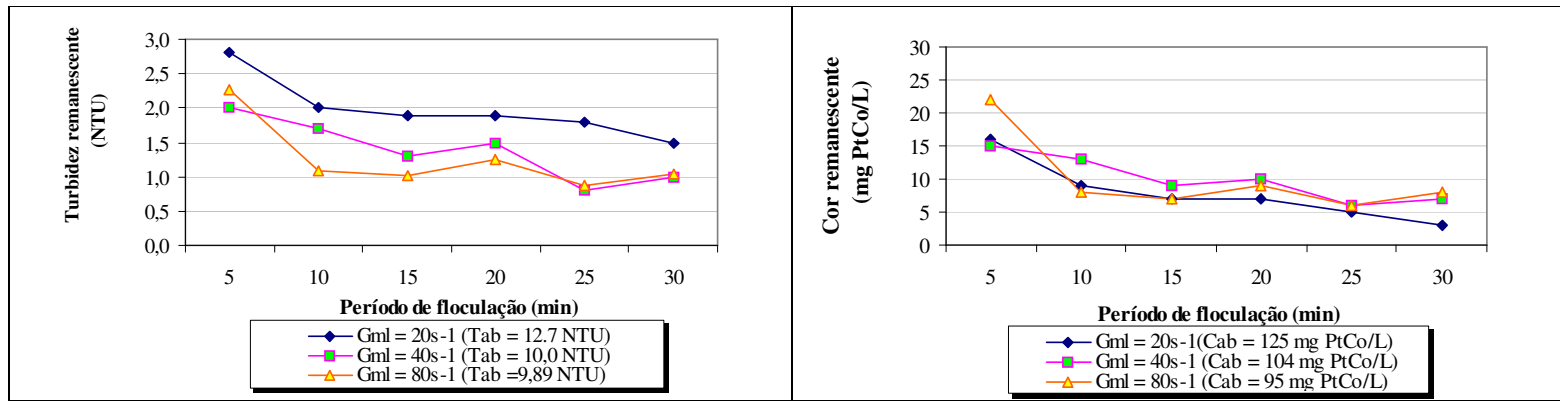


Figura 5.9a - Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de flocculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$)

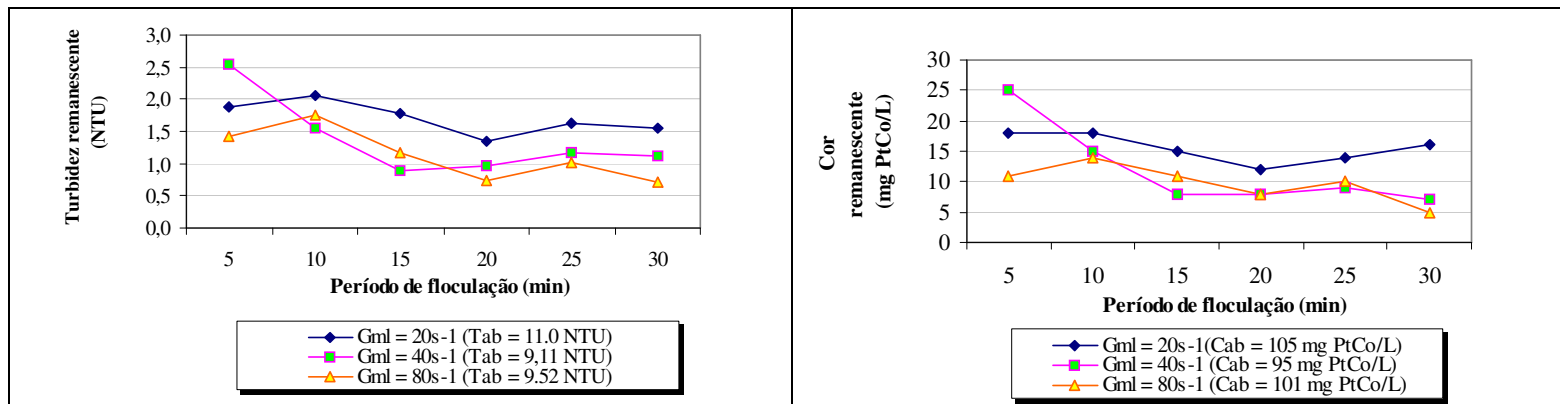


Figura 5.9b - Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de flocculação (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$)

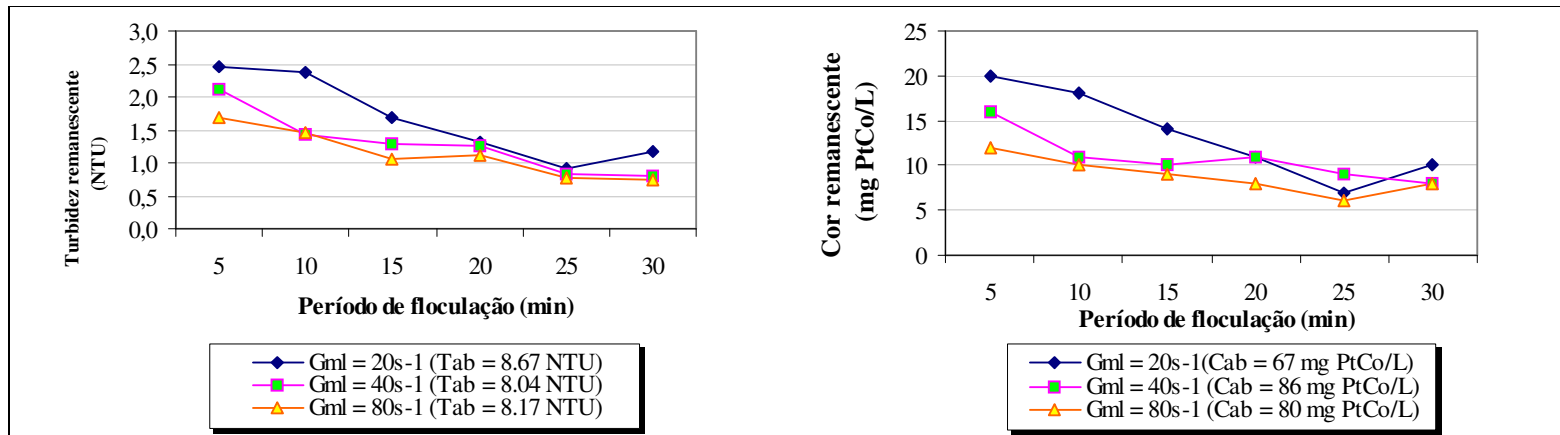


Figura 5.10a - Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de flocaçãoção (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 60\text{s}$)

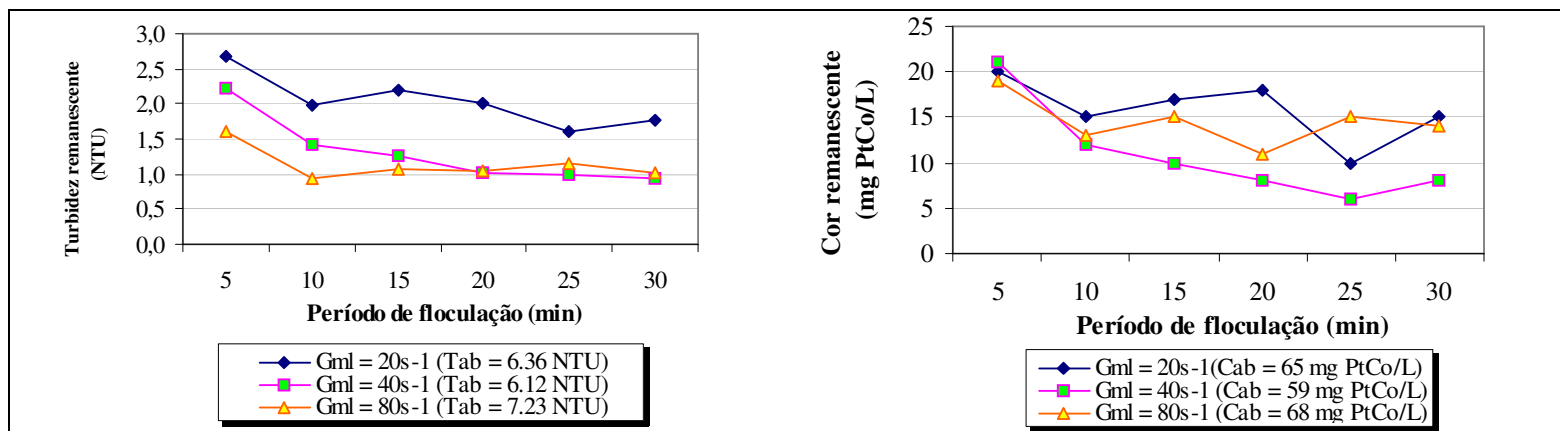


Figura 5.10b - Ensaio de filtração direta: curvas de cor aparente e turbidez residual em função do período de flocaçãoção (D= 37,5 mg/L, C=2.5%, $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$ e $T_{mr} = 60\text{s}$)

5.4a RESULTADOS DA SÉRIE VII

A maior remoção da cor aparente (77%) ocorreu com as mesmas condições da maior remoção da turbidez (60%): $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$, $T_{mr} = 15\text{s}$, $G_{nl} = 20\text{s}^{-1}$ e $T_{nl} = 30\text{min}$, conforme pode ser observado na FIGURA 5.11a:

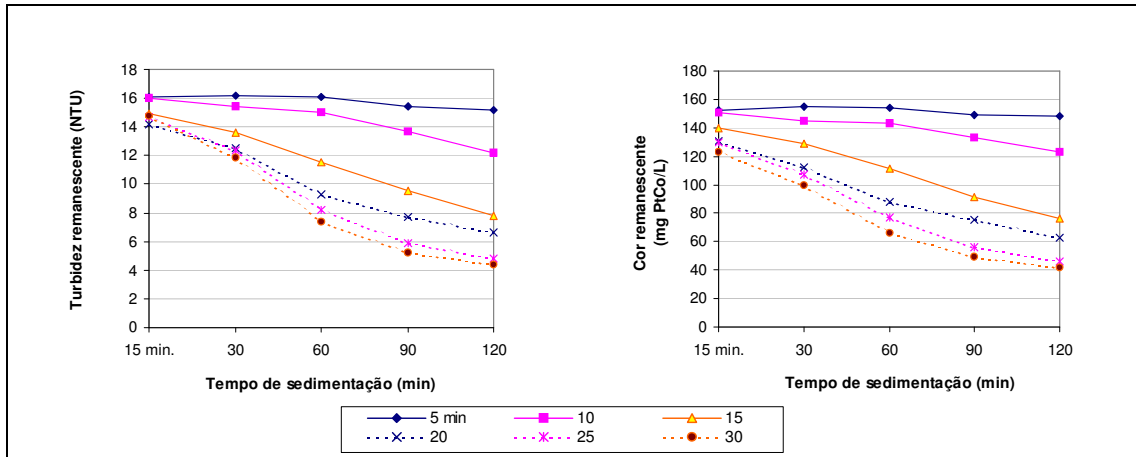


FIGURA 5.11a-Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{ mg/L}$ e $C=2,5\%$): $G_{mr} = 100\text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 15\text{ s}$ e $G_{nl} = 20\text{ s}^{-1}$

Nesta série (Anexo G), os menores valores de remoção para a cor aparente e turbidez remanescente podem ser observados na Figura 5.11b e 5.12, respectivamente:

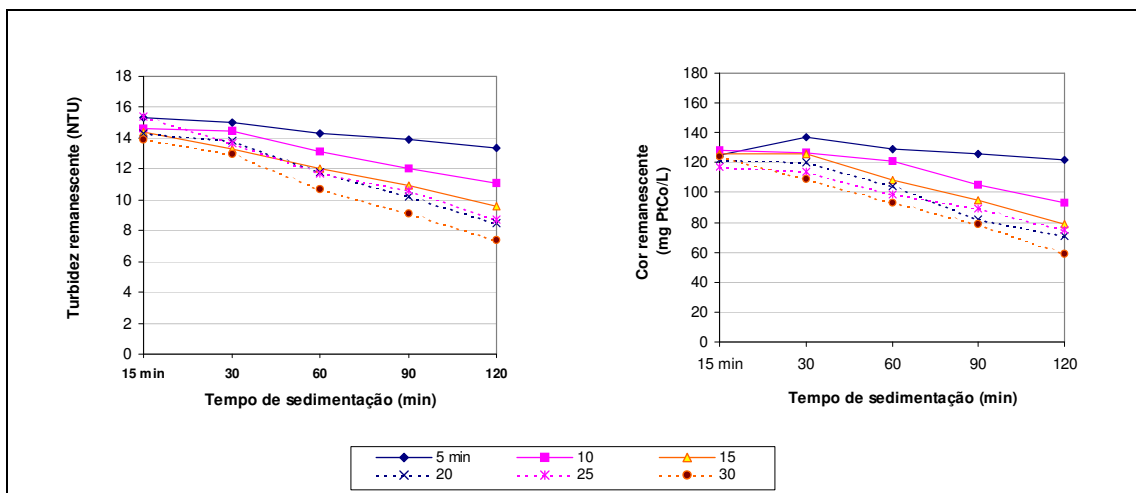


FIGURA 5.11b-Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{ mg/L}$ e $C=2,5\%$): $G_{mr} = 100\text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 15\text{ s}$ e $G_{nl} = 80\text{ s}^{-1}$

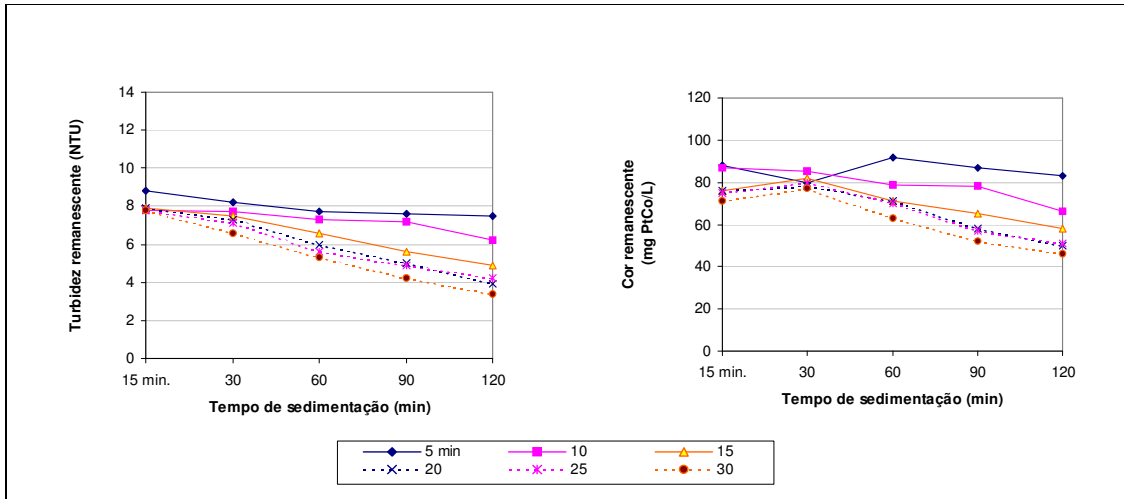


FIGURA 5.12-Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação ($D = 37,5 \text{ mg/L}$ e $C=2,5\%$): $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 15\text{s}$, $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$

5.4b RESULTADOS DA SÉRIE VIII

A maior remoção da cor aparente (81%) ocorreu com as mesmas condições da maior remoção da turbidez (60%): $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$, $T_{mr} = 30\text{s}$, $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$ e $T_{ml} = 30\text{min}$, conforme pode ser observado na FIGURA 5.13a e 5.14a. Os menores valores de remoção para a cor aparente e turbidez remanescente podem ser observados na Figura 5.13b e 5.14b, respectivamente:

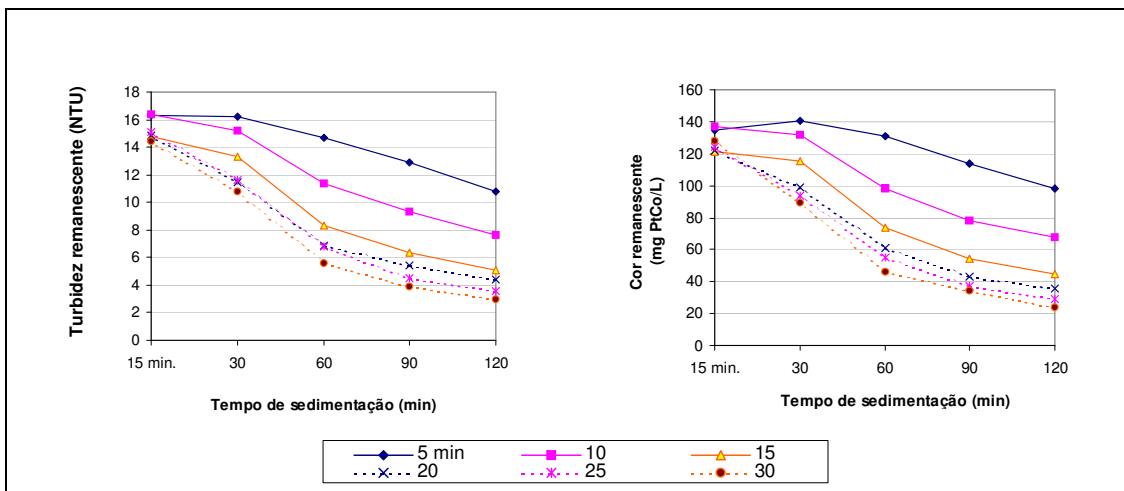


FIGURA 5.13a-Turbidez e cor remanescente em função do tempo de sedimentação ($D=37,5 \text{ mg/L}$ e $C= 2,5\%$): $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30\text{s}$ e $G_{ml} = 20 \text{ s}^{-1}$

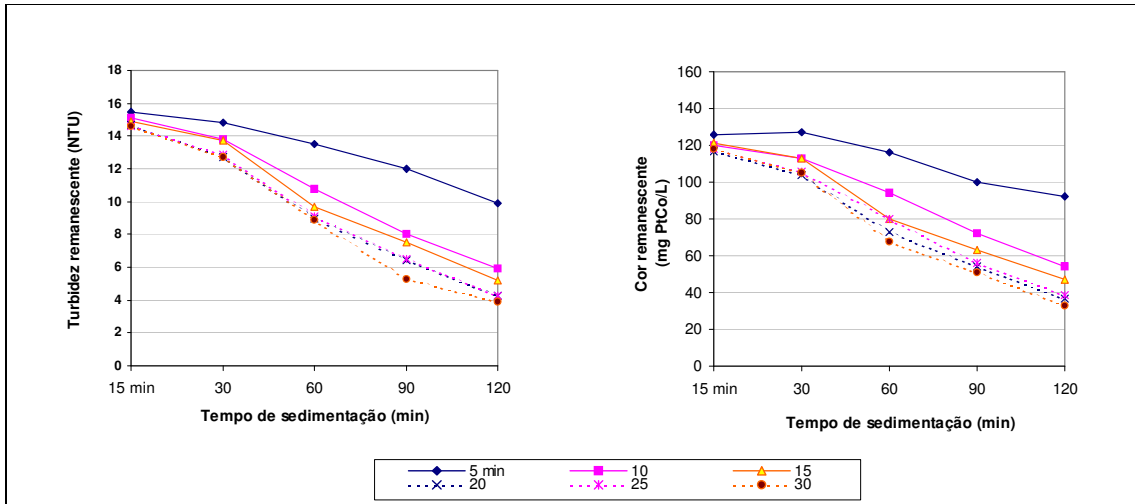


FIGURA 5.13b -Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D=37,5 mg/L e C= 2,5%): $G_{mr} = 100 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30\text{s}$ e $G_{ml} = G 40 \text{ s}^{-1}$

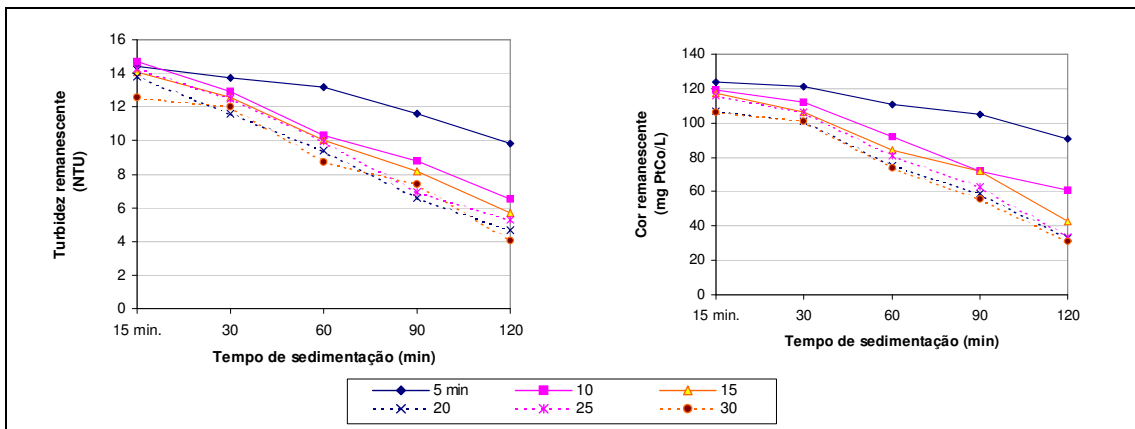


FIGURA 5.14a -Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D=37,5 mg/L e C=2,5%): $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 30\text{s}$, $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$

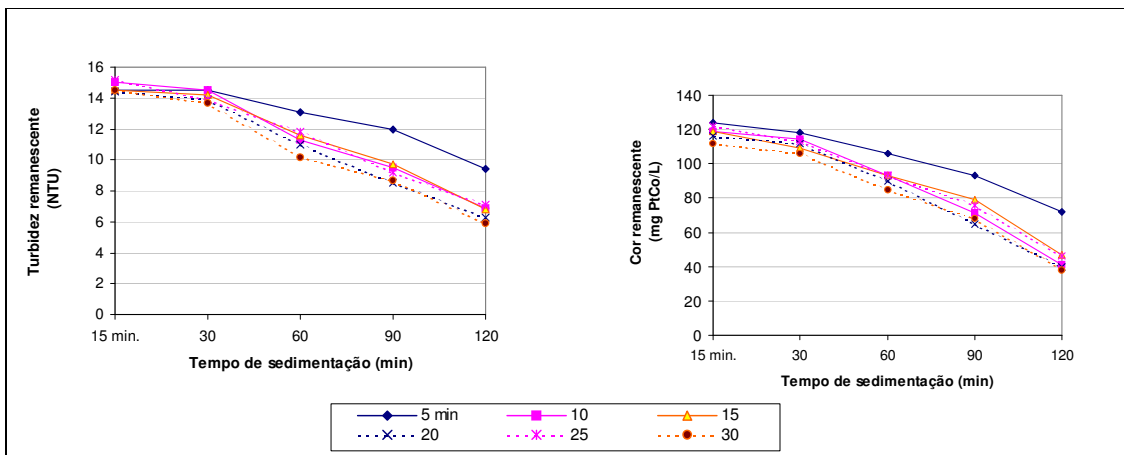


FIGURA 5.14b -Turbidez e cor remanescente em função do tempo de sedimentação (D=37,5 mg/L e C=2,5%): $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} 30\text{s}$ e $G_{ml} = 80 \text{ s}^{-1}$

5.4c RESULTADOS DA SÉRIE IX

A maior remoção da cor aparente (62%) não ocorreu com as mesmas condições da maior remoção da turbidez (56%) apesar do Tml comum a ambas circunstâncias (Tml = 30min): enquanto que para a remoção da cor aparente o Gmr = 200s⁻¹ (Tmr = 60s) e Gml = 40s⁻¹ foram os melhores pares de valores, para a remoção da turbidez as melhores condições foram quando Gmr = 100s⁻¹ (Tmr = 60s) e Gml = 20s⁻¹, conforme pode ser observado na FIGURA 5.9a e 5.10a. Os menores valores de remoção para a cor aparente e turbidez remanescente podem ser observados na Figura 5.15b e 5.16, respectivamente para Gmr = 200 e 100s⁻¹ e Tml = 10 e 5 minutos:

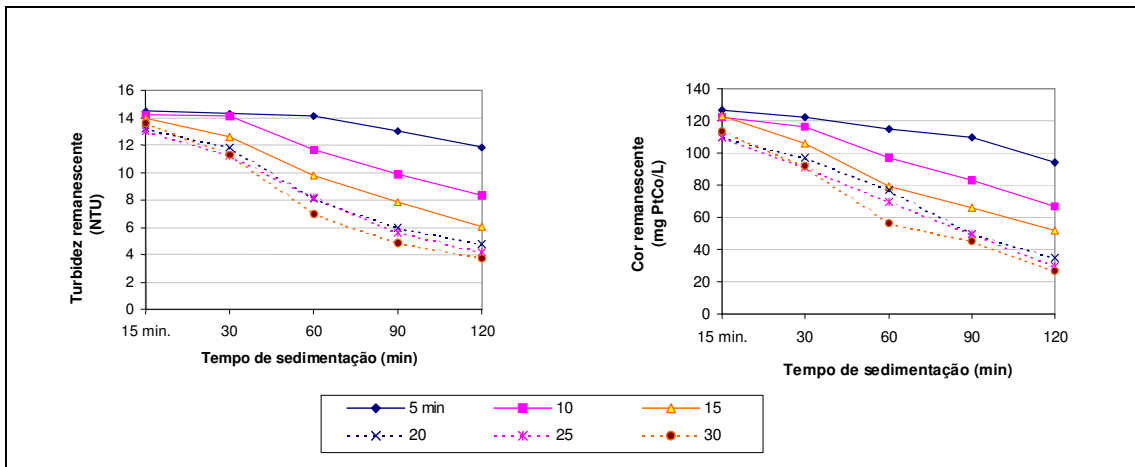


FIGURA 5.15a -Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D=37,5 mg/L e C=2,5%): Gmr = 100 s⁻¹, Tmr = 60s e Gml = 20 s⁻¹

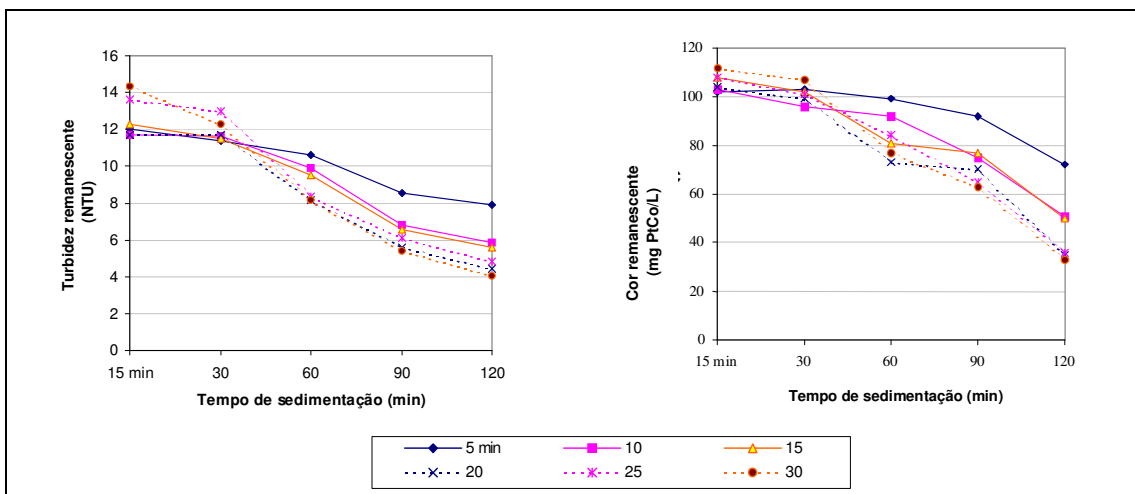


FIGURA 5.15b -Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação (D=37,5 mg/L e C=2,5%): Gmr = 100 s⁻¹, Tmr = 60s e Gml = 40 s⁻¹

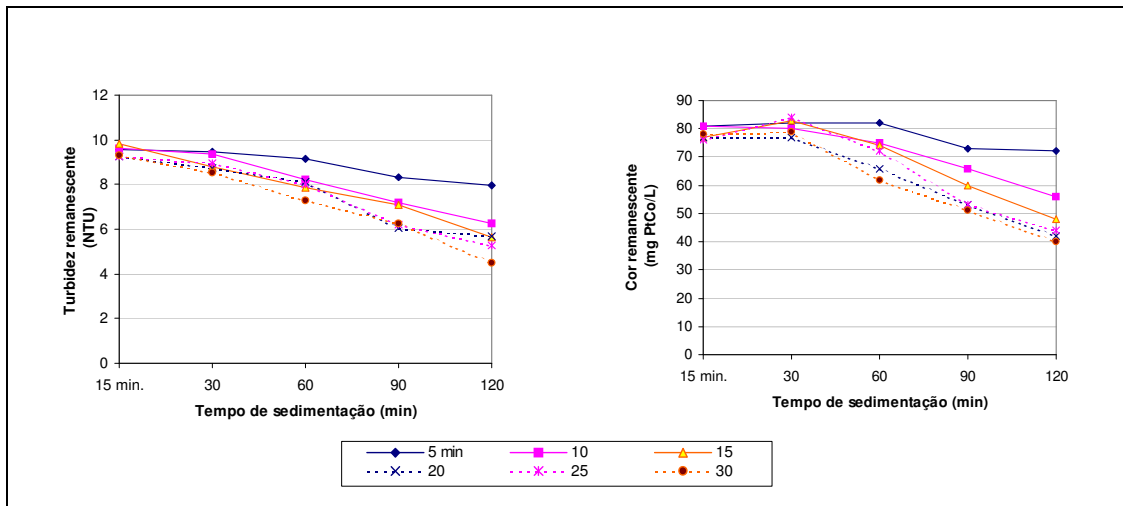


FIGURA 5.16-Turbidez e cor remanescentes em função do tempo de sedimentação ($D = 37,5 \text{ mg/L}$ e $C=2,5\%$): $G_{mr} = 200 \text{ s}^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{s}$ e $G_{ml} = 40 \text{ s}^{-1}$

5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas Tabelas 5.2, 5.3, 5.4 e 5.5 fez-se uma análise comparativa entre as séries I, II, III e IV ($T_{mr} = 60\text{s}$) e séries V e VI ($T_{mr} = 30\text{s}$) de forma que pode-se verificar também, de maneira geral, que as melhores dosagens foram $37,5$ e $75,0 \text{ mg/L}$, mas particularmente para estudo de caso da dosagem igual a 75 mg/L , a maior eficiência em termos de remoção da cor e turbidez inicial ocorreu para $C = 7,5\%$: provavelmente, os pedaços das sementes – por menores que sejam – devem servir de núcleos formadores de flocos e daí a justificativa para que as concentrações maiores estivessem relacionadas com os menores valores de turbidez e cor remanescentes, uma vez que o coagulante foi utilizado na forma de suspensão.

Evidentemente, a eficiência da remoção tanto da cor aparente como da turbidez de uma água é influenciada não só pelas condições de coagulação, como também pelas condições de mistura lenta, ou seja, pela floculação. Na FIGURA 5.17a, 5.18a e 5.19a, nota-se que para períodos de mistura rápida (T_{mr}) igual a 15s , foi maior a interação entre o período de mistura lenta (T_{ml}) e tempo de sedimentação (T_s) quando o G_{mr} utilizado foi 100s^{-1} e $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$, resultando desta forma em uma maior remoção da cor ou turbidez da água de estudo; contudo, para períodos de mistura rápida da ordem de 30s (FIGURA 5.17b, 5.18b e 5.19b) e $T_{mr} = 60\text{s}$ (FIGURA 5.17c, 5.18c e 5.19c) o período de mistura lenta não

foi tão significativo quanto o tempo de sedimentação, em termos de remoção de cor ou turbidez.

Contudo, quando o Gmr utilizado foi $200s^{-1}$, a maior interação entre o Tml e o Ts ocorreu para Tmr = 30s (FIGURA 5.20b, 5.21b e 5.22b), sobretudo, quando o gradiente utilizado para a mistura lenta (Gml) foi $40s^{-1}$ (FIGURA 5.21b); e finalmente, para Gml = $20s^{-1}$ e $80s^{-1}$, o tempo de mistura rápida (Tmr) igual a 15s e 60s proporcionou, respectivamente, as menores interações com o período de floculação (Tml), como pode ser observado na FIGURA 5.20, 5.21 e 5.22.

TABELA 5.2a – Porcentagem de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; $C_{III} = 5,0\%$; $C_V = 5,0\%$; $C_{VI} = 2,5\%$ e Tml = 5min

Ensaíos	Gradientes médios de velocidade		Mistura Rápida (s)	COR Inicial	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
III-1c	100	60	20	173	---	---	0,20	0,33	0,44
III-1b	200	60	20	160	---	---	0,15	0,31	0,43
III-2c	100	60	40	156	---	---	0,13	0,34	0,45
III-2b	200	60	40	155	---	---	0,14	0,35	0,48
III-3c	100	60	80	139	---	---	0,08	0,20	0,42
III-3b	200	30	80	94	---	---	---	---	---
V-1a	100	30	20	147	---	---	---	---	---
VI-1a	200	30	20	86	---	---	---	---	---
V-1b	100	30	40	146	---	---	---	0,01	0,23
VI-1b	200	30	40	113	---	---	---	---	---
V-1c	100	30	80	130	---	---	---	---	---
VI-1c	200	30	80	94	---	---	---	---	---

TABELA 5.2b – Porcentagem de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; $C_{III} = 5,0\%$; $C_V = 2,5\%$; $C_{VI} = 2,5\%$ e Tml = 5min

Ensaíos	Gradientes médios de Velocidade		Mistura Rápida (s)	Turbidez Inicial (NTU)	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
III-1c	100	60	20	13,8	---	---	---	0,07	0,22
III-1b	200	60	20	14,5	---	---	---	0,17	0,28
III-2c	100	60	40	11,4	---	---	---	0,10	0,22
III-2b	200	60	40	12,0	---	---	---	0,11	0,28
III-3c	100	60	80	11,9	---	---	---	0,13	0,26
III-3b	200	60	80	9,7	---	---	---	---	0,08
V-1a	100	30	20	11,3	---	---	---	---	---
VI-1a	200	30	20	7,6	---	---	---	---	---
V-1b	100	30	40	10,1	---	---	---	---	---
VI-1b	200	30	40	8,3	---	---	---	---	---
V-1c	100	30	80	9,5	---	---	---	---	---
VI-1c	200	30	80	8	---	---	---	---	---

TABELA 5.3a – Porcentagem de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; C_I = 1,5%; C_V = 2,5%; C_{VI} = 2,5% e T_{ml} = 10min

Ensaio	Gradientes médios de velocidade		Mistura Rápida (s)	COR Inicial	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
I-1c	100	60	20	167	---	---	---	---	---
I-1b	200	60	20	182	---	---	---	---	---
I-2c	100	60	40	191	---	---	---	---	---
I-2b	200	60	40	171	---	---	---	---	---
I-3c	100	60	80	189	---	---	---	---	---
I-3b	200	60	80	173	---	---	---	---	---
V-2a	100	30	20	129	---	---	---	0,15	0,34
VI-2a	200	30	20	104	---	---	---	---	---
V-2b	100	30	40	104	---	---	---	0,01	0,26
VI-2b	200	30	40	107	---	---	---	---	0,10
V-2c	200	30	80	173	---	---	---	---	---
VI-2c	200	30	80	84	---	---	---	---	---

TABELA 5.3b – Porcentagem de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; C_I = 1,5%; C_V = 2,5%; C_{VI} = 2,5% e T_{ml} = 10min

Ensaio	Gradientes médios de Velocidade		Mistura Rápida (s)	Turbidez Inicial (NTU)	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
I-1c	100	60	20	16,1	---	---	---	---	---
I-1b	200	60	20	14,6	---	---	---	---	---
I-2c	100	60	40	16,5	---	---	---	---	---
I-2b	200	60	40	14,4	---	---	---	---	---
I-3c	100	60	80	17,8	---	---	---	---	---
I-3b	200	60	80	13,3	---	---	---	---	---
V-2a	100	30	20	8,4	---	---	---	---	---
VI-2a	200	30	20	8,2	---	---	---	---	---
V-2b	100	30	40	7,8	---	---	---	---	---
VI-2b	200	30	40	9,3	---	---	---	---	---
V-2c	100	30	80	6,5	---	---	---	---	---
VI-2c	200	30	80	6,9	---	---	---	---	---

TABELA 5.4a – Porcentagem de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; C_{IV} = 7,5%; C_V = 2,5%; C_{VI} = 2,5% e T_{ml} = 15min

Ensaio	Gradientes médios de velocidade		Mistura Rápida (s)	COR Inicial	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
IV-1c	100	60	20	270	0,13	0,49	0,73	0,81	0,84
IV-1b	200	60	20	259	0,07	0,41	0,70	0,78	0,82
IV-2c	100	60	40	265	0,12	0,35	0,68	0,78	0,86
IV-2b	200	60	40	266	0,07	0,25	0,62	0,76	0,83
IV-3c	100	60	80	229	---	---	49	0,72	0,83
IV-3b	200	60	80	256	0,09	0,13	0,52	0,69	0,81
V-3a	100	30	20	98	---	---	---	---	0,14
VI-3a	200	30	20	72	---	---	---	---	---
V-3b	100	30	40	74	---	---	---	0,04	0,20
VI-3b	200	30	40	76	---	---	---	0,24	0,34
V-3c	100	30	80	76	---	---	---	---	0,26
VI-3c	200	30	80	63	---	---	---	---	---

TABELA 5.4b – Porcentagem de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; C_{IV} = 7,5%; C_V = 2,5%; C_{VI} = 2,5% e Tml = 15min

Ensaio	Gradientes médios de Velocidade		Mistura Rápida (s)	Turbidez Inicial (NTU)	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
IV-1c	100	60	20	22,7	---	0,37	0,65	0,84	0,79
IV-1b	200	60	20	22,7	---	0,29	0,44	0,74	0,79
IV-2c	100	60	40	19,6	---	0,12	0,54	0,67	0,75
IV-2b	200	60	40	21,4	---	0,01	0,49	0,68	0,76
IV-3c	100	60	80	20,3	---	---	0,32	0,60	0,75
IV-3b	200	60	80	19,0	---	---	0,28	0,51	0,71
V-3a	100	30	20	6,4	---	---	---	0,14	0,27
VI-3a	200	30	20	6,5	---	---	---	---	---
V-3b	100	30	40	5,2	---	---	---	---	---
VI-3b	200	30	40	7,4	---	---	---	0,03	0,26
V-3c	100	30	80	6,6	---	---	---	---	---
VI-3c	200	30	80	4,8	---	---	---	---	---

TABELA 5.5a – Porcentagem de remoção da cor aparente em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; C_{II} = 3,0%; C_V = 2,5%; C_{VI} = 2,5% e Tml = 20min

Ensaio	Gradientes médios de velocidade		Mistura Rápida (s)	COR Inicial	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
II-1c	100	60	20	202	---	0,04	0,12	0,19	0,20
II-1b	200	60	20	184	---	---	0,03	0,07	0,11
II-2c	100	60	40	176	---	0,05	0,24	0,35	0,41
II-2b	200	60	40	177	---	---	0,16	0,21	0,29
II-3c	100	60	80	152	0,01	---	0,04	0,18	0,30
II-3b	200	60	80	159	---	---	---	0,02	0,20
V-4a	100	30	20	64	---	---	---	0,14	0,28
VI-4a	200	30	20	42	---	---	---	---	---
V-4b	100	30	40	59	---	---	---	---	0,05
VI-4b	200	30	40	52	---	---	0,04	0,08	0,11
V-4c	100	30	80	51	---	---	---	---	---
VI-4c	200	30	80	40	---	---	---	---	0,02

TABELA 5.5b – Porcentagem de remoção da turbidez em função das condições de MR e ML: D= 75,0 mg/L; C_{II} = 3,0%; C_V = 2,5%; C_{VI} = 2,5% e Tml = 20min

Ensaio	Gradientes médios de Velocidade		Mistura Rápida (s)	Turbidez Inicial (NTU)	% remoção				
	Gmr	Gml			15 min.	30	60	90	120
II-1c	100	60	20	16,2	---	---	---	---	---
II-1b	200	60	20	16,2	---	---	---	---	---
II-2c	100	60	40	14,9	---	---	---	0,05	0,16
II-2b	200	60	40	15,2	---	---	---	---	0,03
II-3c	100	60	80	11,8	---	---	---	---	---
II-3b	200	60	80	12,4	---	---	---	---	---
V-4a	100	30	20	5	---	---	---	---	0,06
VI-4a	200	30	20	3,5	---	---	---	---	---
V-4b	100	30	40	4,2	---	---	---	---	---
VI-4b	200	30	40	3,9	---	---	---	---	---
V-4c	100	30	80	3,1	---	---	---	---	---
VI-4c	200	30	80	3,1	---	---	---	---	---

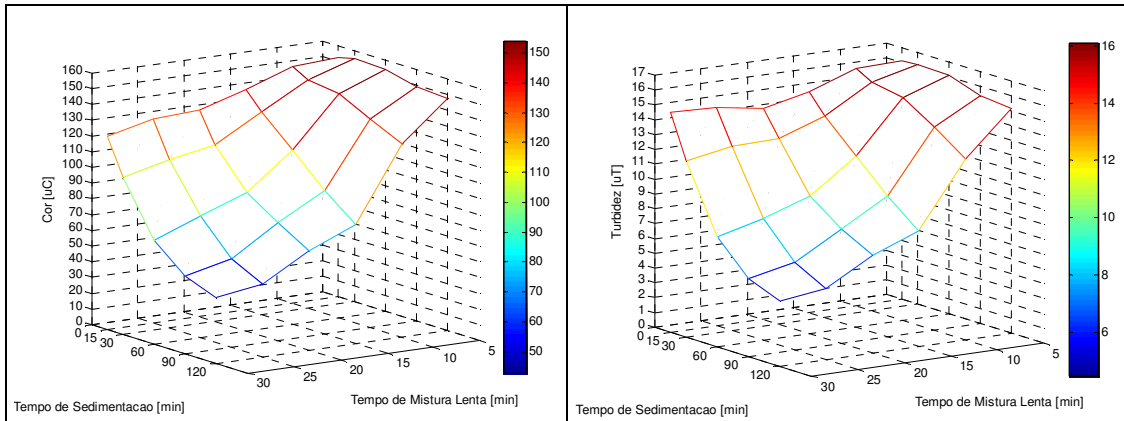


FIGURA 17.a - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5mg/L$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100s^{-1}$ e $T_{mr} = 15s$; $G_{ml} = 20 s^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 11,0 NTU e cor aparente = 129 mg PtCo /L

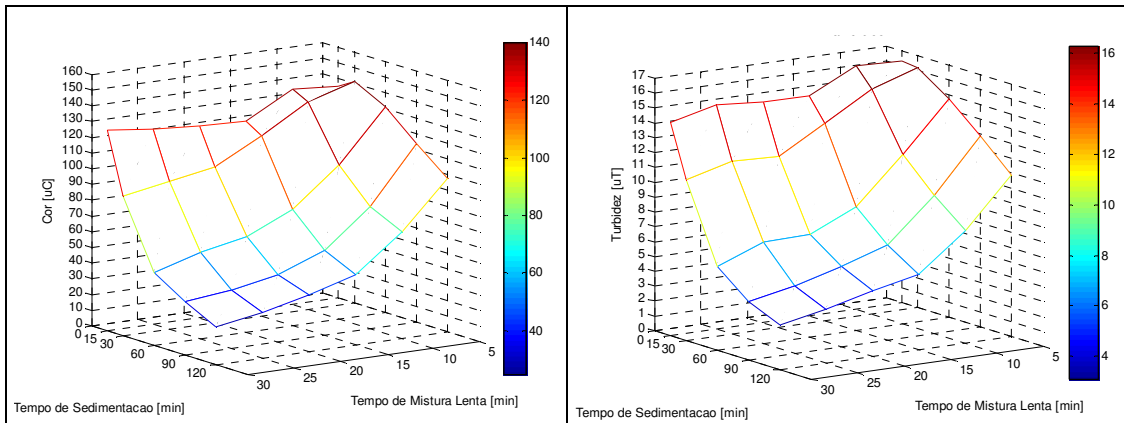


FIGURA 17.b- Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5mg/L$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100s^{-1}$ e $T_{mr} = 30s$; $G_{ml} = 20 s^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 12,7 NTU e cor aparente = 125 mg PtCo /L

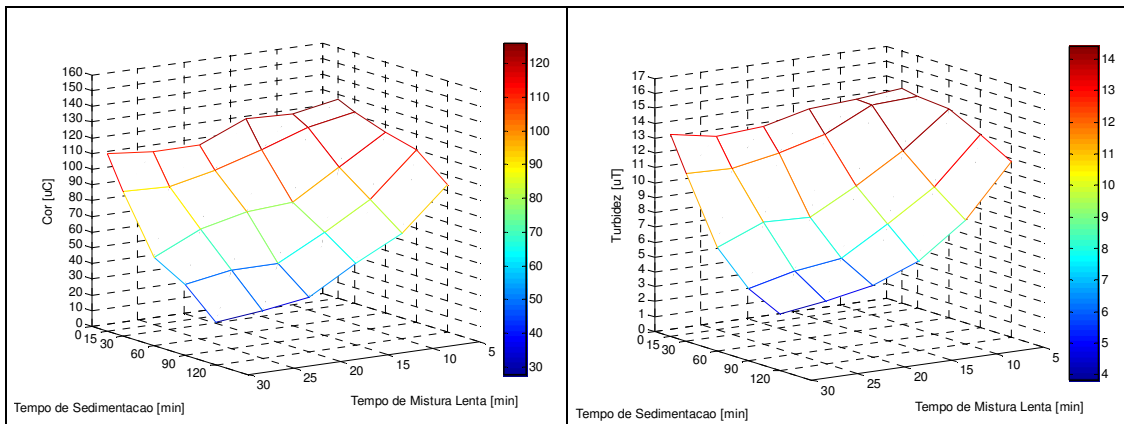


FIGURA 17.c- Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5mg/L$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100s^{-1}$ e $T_{mr} = 60s$; $G_{ml} = 20 s^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 8,67 NTU e cor aparente = 67 mg PtCo /L

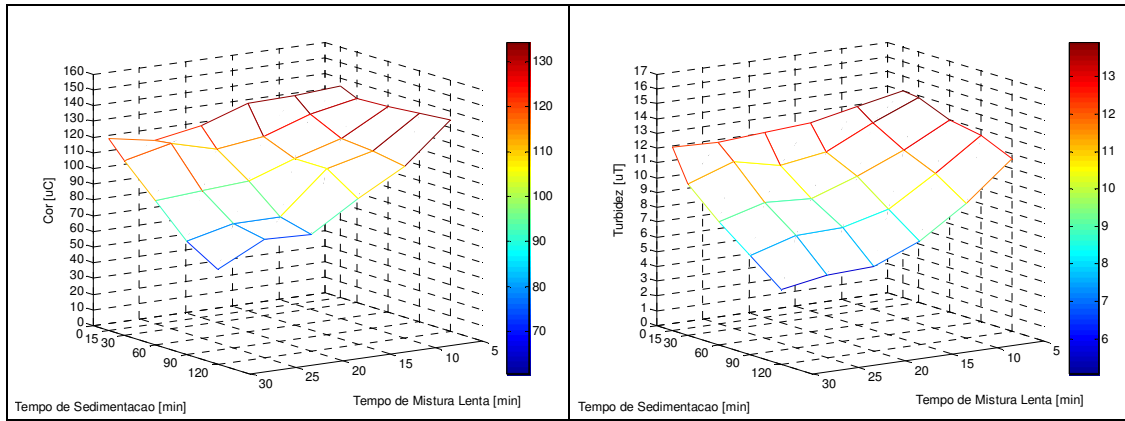


FIGURA 18.a - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 14,5 NTU e cor aparente = 160 mg PtCo /L

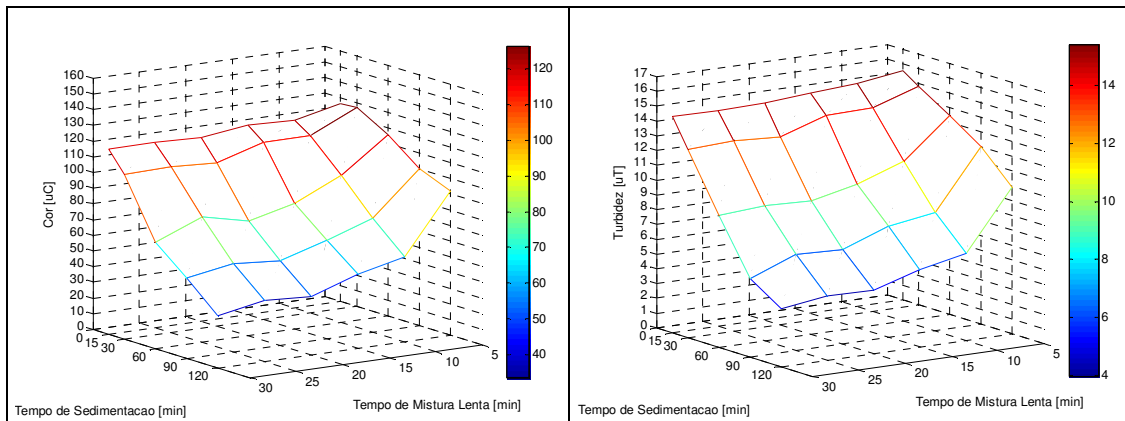


FIGURA 18.b- Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 10,0 NTU e cor aparente = 104 mg PtCo /L

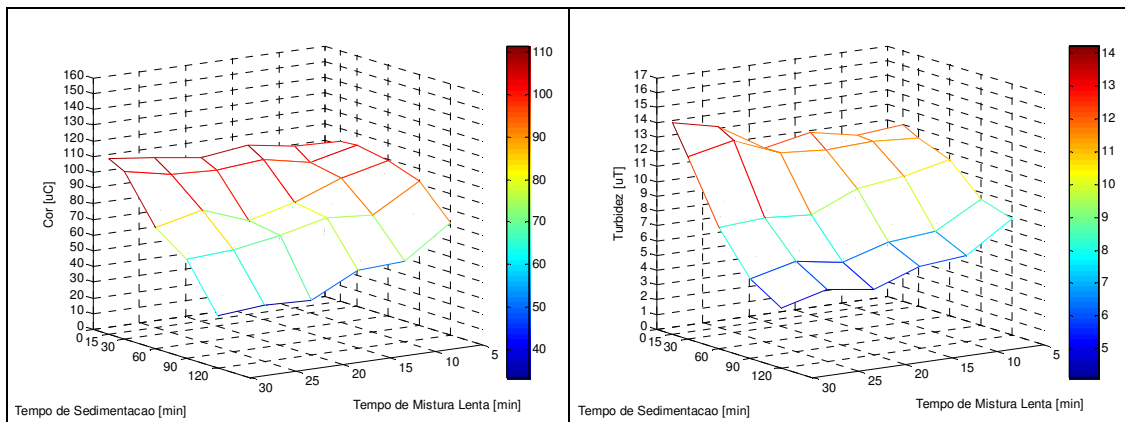


FIGURA 18.c - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 60\text{s}$; $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 8,04 NTU e cor aparente = 86 mg PtCo /L

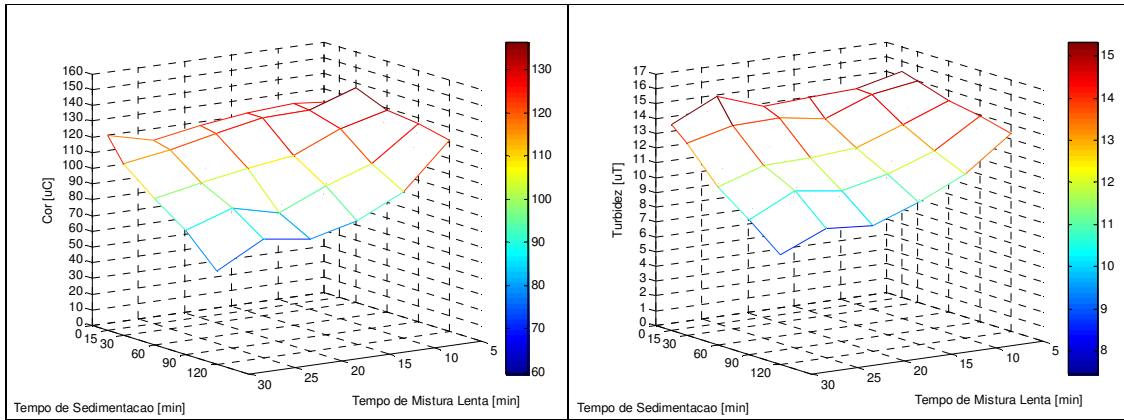


FIGURA 19.a - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 80\text{ s}^{-1}$).
Turbidez da água bruta = 9,84 NTU e cor aparente = 115 mg PtCo /L

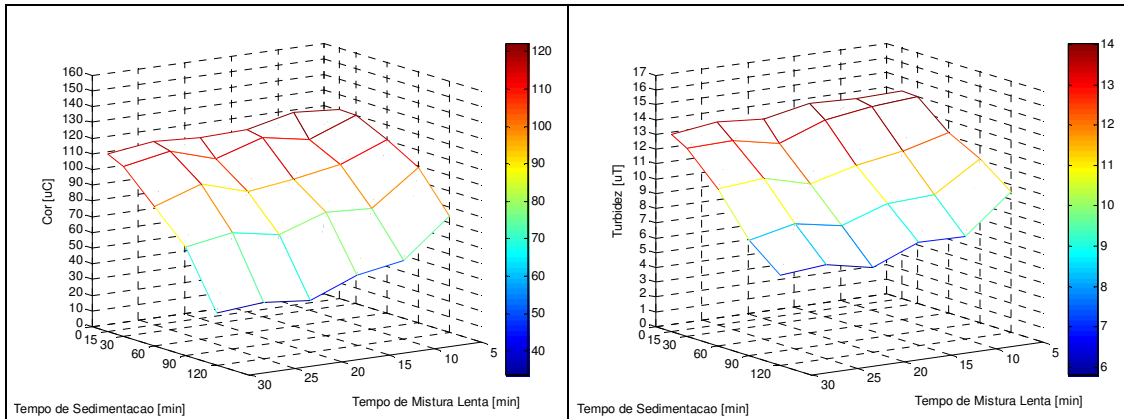


FIGURA 19.b - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 80\text{ s}^{-1}$).
Turbidez da água bruta = 9,89 NTU e cor aparente = 95 mg PtCo /L

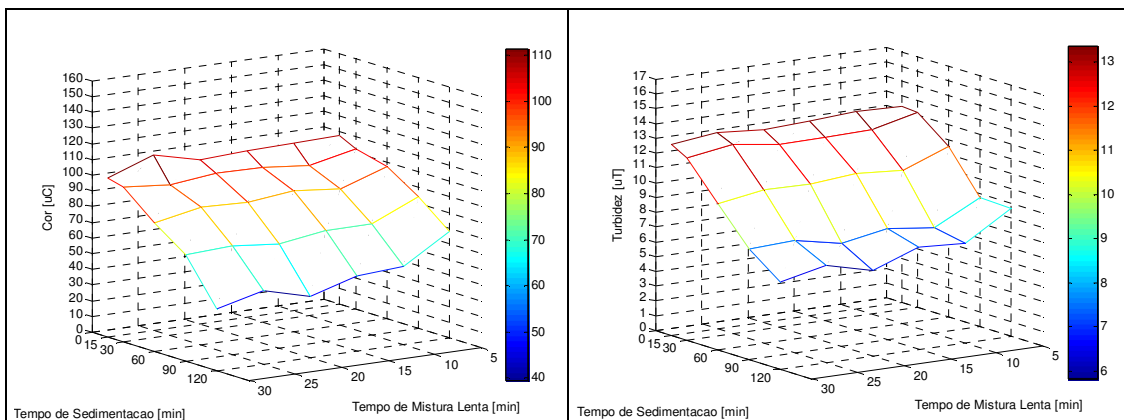


FIGURA 19.c - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 100\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 60\text{s}$; $G_{ml} = 80\text{ s}^{-1}$).
Turbidez da água bruta = 8,17 NTU e cor aparente = 80 mg PtCo /L

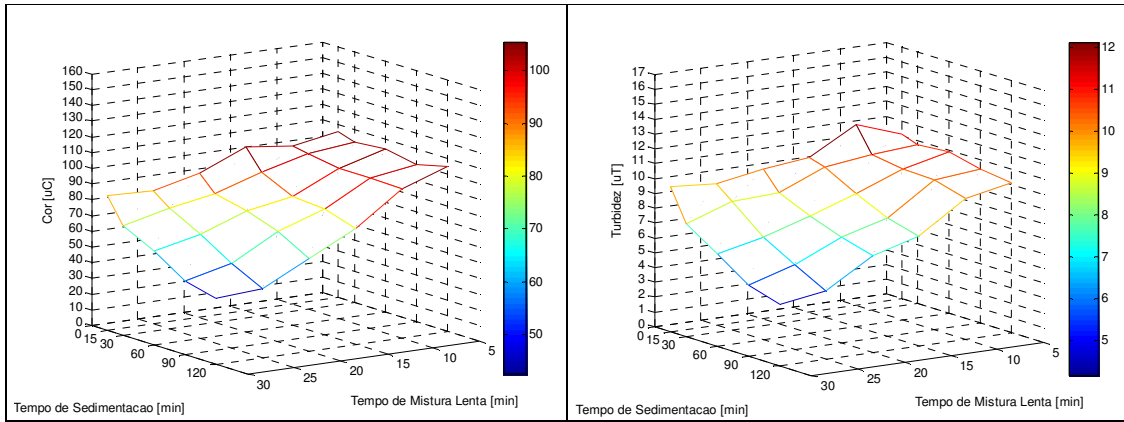


FIGURA 20.a - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$)
Turdidez da água bruta = 6,82 NTU e cor aparente = 86 mg PtCo /L

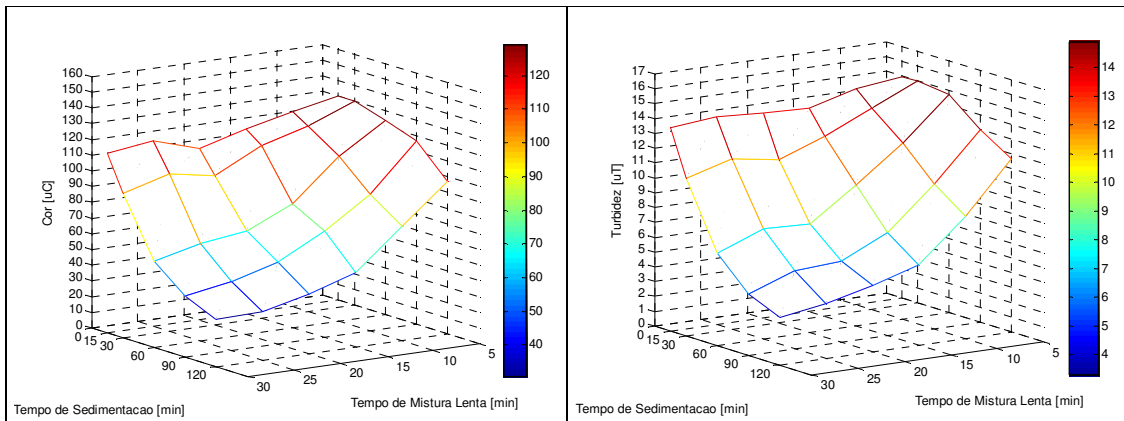


FIGURA 20.b - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$)
Turdidez da água bruta = 11,0 NTU e cor aparente = 105 mg PtCo /L

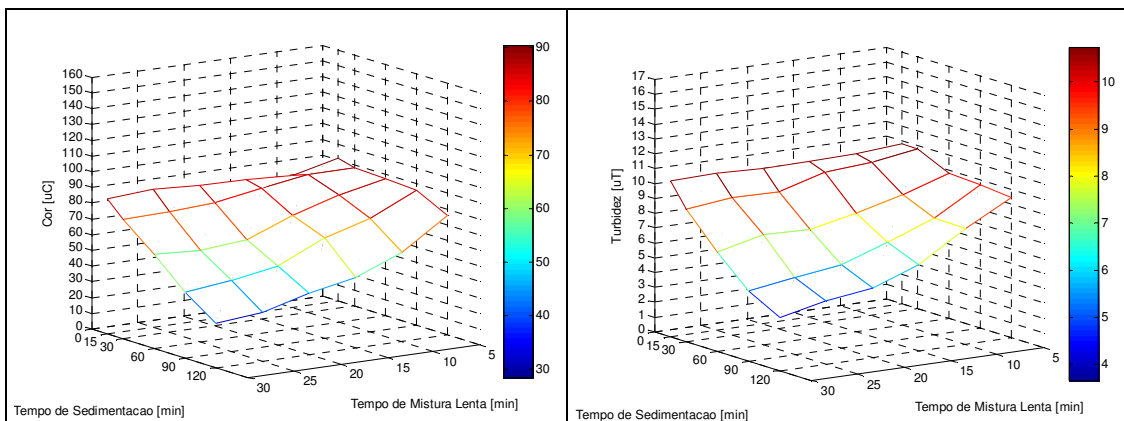


FIGURA 20.c - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C=2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 60\text{s}$; $G_{ml} = 20\text{s}^{-1}$)
Turdidez da água bruta = 6,36 NTU e cor aparente = 65 mg PtCo /L

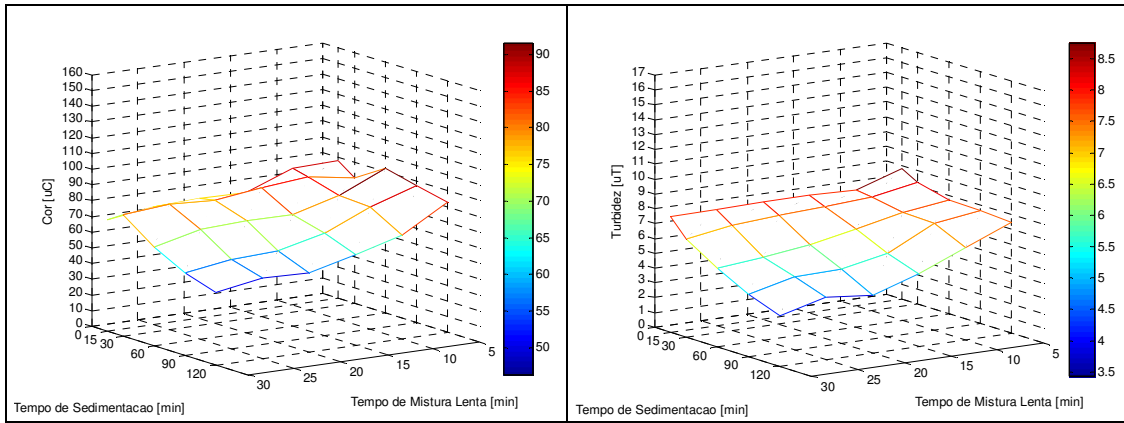


FIGURA 21.a - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C = 2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 4,55 NTU e cor aparente = 67 mg PtCo /L

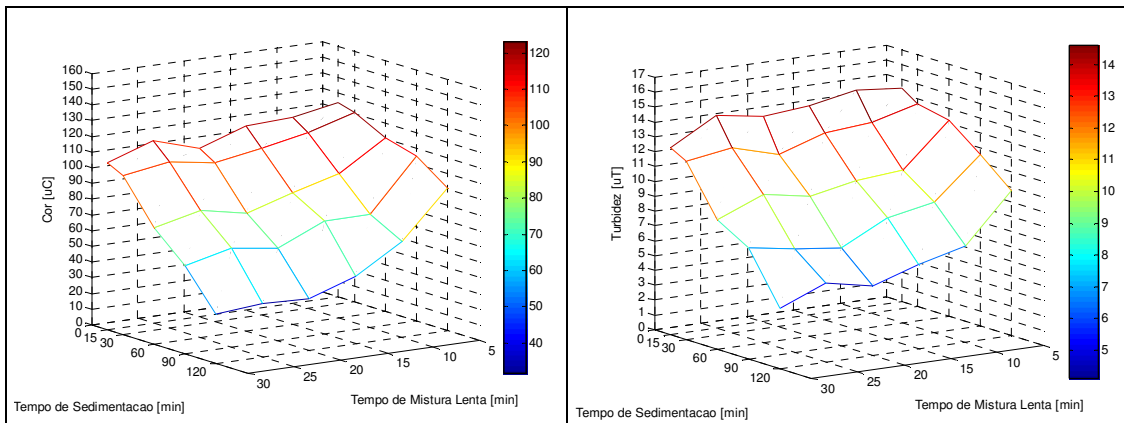


FIGURA 21.b - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C = 2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 9,11 NTU e cor aparente = 95 mg PtCo /L

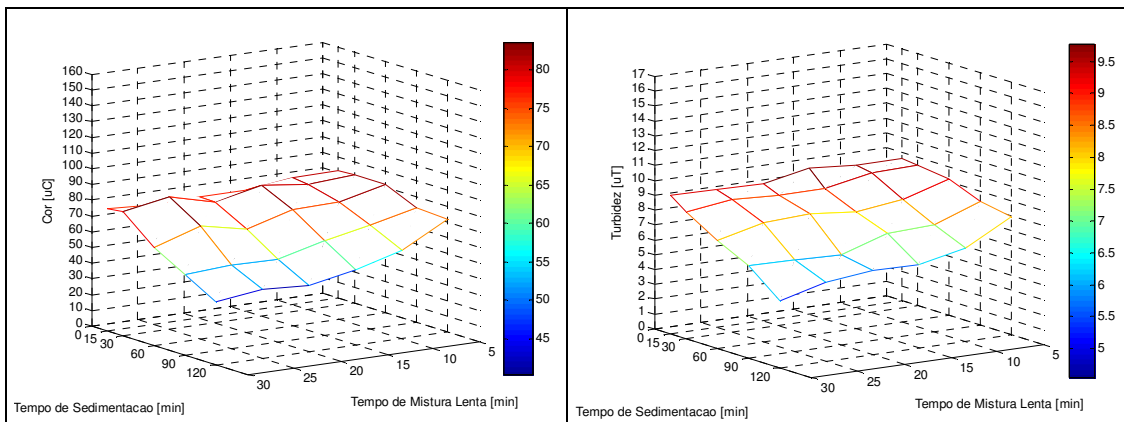


FIGURA 21.c - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C = 2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 60\text{s}$; $G_{ml} = 40\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 6,12 NTU e cor aparente = 59 mg PtCo /L

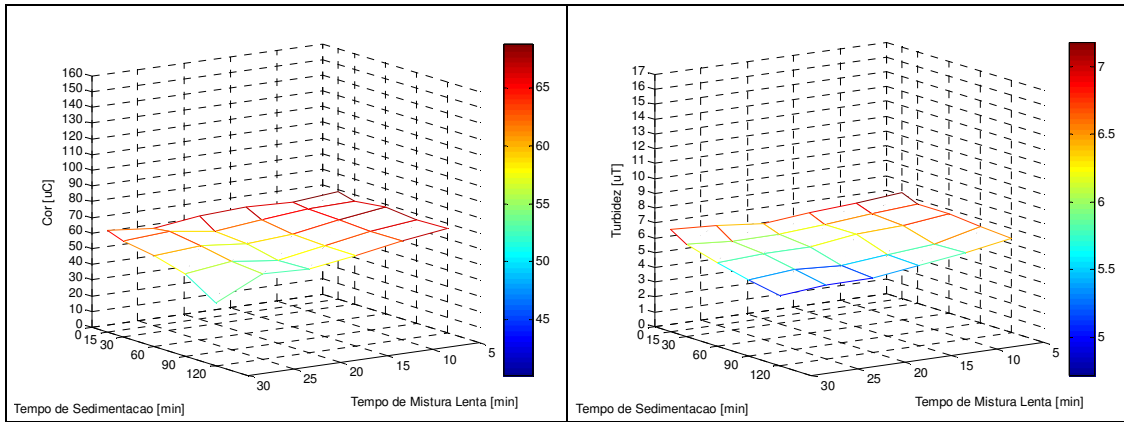


FIGURA 22.a - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C = 2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 15\text{s}$; $G_{ml} = 80\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 11,4 NTU e cor aparente = 156 mg PtCo /L

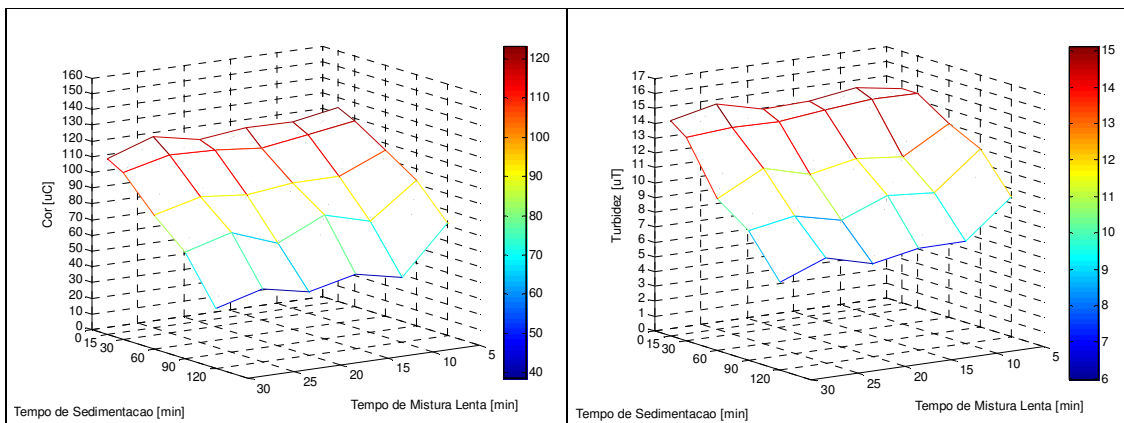


FIGURA 22.b - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C = 2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 30\text{s}$; $G_{ml} = 80\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 9,52 NTU e cor aparente = 101 mg PtCo/L

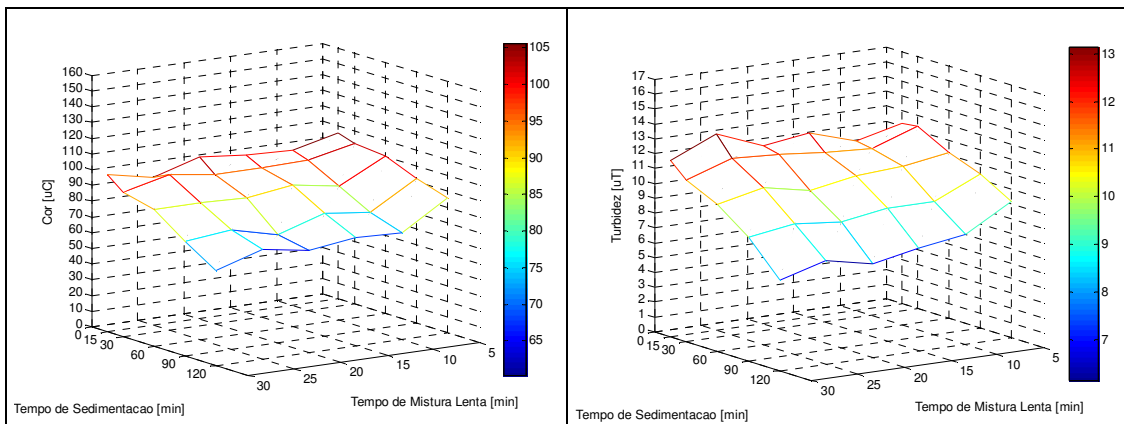


FIGURA 22.c - Superfícies de variação da cor aparente e turbidez remanescente em função do período de mistura lenta e tempo de sedimentação ($D = 37,5\text{mg/L}$ e $C = 2,5\%$; $G_{mr} = 200\text{s}^{-1}$ e $T_{mr} = 60\text{s}$; $G_{ml} = 80\text{s}^{-1}$)
Turbidez da água bruta = 7,23 NTU e cor aparente = 68 mg PtCo/L

Na TABELA 5.6 constam os ensaios para os quais foi possível a remoção da cor aparente em função das condições de mistura rápida e mistura lenta para um tempo de sedimentação igual a 15 minutos: a maior porcentagem de remoção (40%) ocorreu quando a dosagem utilizada dói 37,5 mg/L ($C = 7,5\%$) $Gmr = 100s^{-1}$, $Tmr = 60s$, $Gml = 20s^{-1}$ e $Tml = 15min$. Mais adiante, na TABELA 5.7 constam os dados relativos à água bruta utilizada nos ensaios de clarificação.

TABELA 5.6 - Porcentagem de remoção da c/or aparente da água bruta em função das condições de Mistura Rápida e Mistura Lenta: melhores resultados

Série	Experimente	Coagulante		Mistura Rápida		Mistura Lenta		Cor Aparente Inicial	% Remoção da cor aparente após sedimentação				
		Concentração (massa/vol)	Dosagem (mg/L)	Gmr	Tmr	Gml	Tml		15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
II	1a	3,0%	150,0	400	60	20	20	200	4	23	53	59	68
		3,0%	225,0	200	60	20	20	184	13	37	53	61	66
	1b	3,0%	450,0	200	60	20	20	184	4	24	52	60	65
		3,0%	150,0	100	60	20	20	202	10	36	60	65	67
	1c	3,0%	225,0	100	60	20	20	202	5	48	63	65	69
		3,0%	300,0	100	60	20	20	202	14	44	60	68	70
		3,0%	450,0	100	60	20	20	202	12	42	61	63	68
2c	3,0%	225,0	100	60	40	20	186	11	32	56	71	77	
III	1a	5,0%	37,5	400	60	20	5	189	7	12	29	40	50
		7,5%	37,5 *	400	60	20	15	317	22	53	76	83	85
IV	1a	7,5%	75,0	400	60	20	15	317	9	42	71	79	82
		7,5%	37,5 *	400	60	20	15	259	22	52	73	77	82
	1b	7,5%	75,0	400	60	20	15	259	7	41	70	78	82
		7,5%	37,5 *	100	60	20	15	270	40	61	76	81	83
	1c	7,5%	75,0	100	60	20	15	270	13	49	73	81	84
		7,5%	150,0	100	60	20	15	270	8	28	39	45	48
	2a	7,5%	37,5	400	60	40	15	290	18	43	64	80	83
		7,5%	75,0	400	60	40	15	290	4	31	60	77	84
	2b	7,5%	37,5	200	60	40	15	266	9	34	66	77	83
		7,5%	75,0	200	60	40	15	266	7	25	62	76	83
	2c	7,5%	37,5	100	60	40	15	265	24	46	73	78	86
		7,5%	75,0	100	60	40	15	265	12	35	68	78	86
	3b	7,5%	37,5	200	60	80	15	256	18	32	62	73	80
		7,5%	75,0	200	60	80	15	256	9	13	52	69	81
3c	7,5%	37,5	100	60	80	15	229	12	26	58	74	83	
VII	1a	2,5%	37,5	100	15	20	30	129	5	22	49	62	67
		2,5%	37,5	100	15	40	20	129	5	15	26	39	43
	1b	2,5%	37,5	100	15	40	25	129	9	8	27	39	42
		2,5%	37,5	100	15	40	30	129	5	14	29	64	53
	2a	2,5%	37,5	200	15	20	25	86	1	10	23	37	49
VIII	1a	2,5%	37,5	100	30	20	15	125	3	8	41	57	64
		2,5%	37,5	100	30	20	20	125	2	21	51	66	71
		2,5%	37,5	100	30	20	25	125	1	25	63	70	77

* houve também remoção de turbidez a partir de 15 minutos de sedimentação

TABELA 5.7 - Sistematização dos parâmetros de controle: água bruta

Parâmetro	Série	Valores	
		Min.	Max.
pH	I	6,86	7,24
	II	6,66	7,08
	III	6,83	7,05
	IV	6,71	7,03
	V	6,61	7,19
	VI	6,82	7,07
	VII	6,84	7,31
	VIII	6,99	7,45
	IX	7,10	7,66
Cor aparente (mg PtCo/L)	I	157	191
	II	140	202
	III	132	189
	IV	229	317
	V	51	147
	VI	42	113
	VII	53	129
	VIII	95	125
	IX	59	86
Turbidez (NTU)	I	13,1	17,8
	II	11,8	16,9
	III	19,0	27,4
	IV	9,74	14,6
	V	3,11	11,3
	VI	3,11	7,58
	VII	3,67	10,0
	VIII	9,11	12,7
	IX	6,12	8,67
Condutividade elétrica (mS)	I	0,060	0,075
	II	0,060	0,070
	III	0,050	0,060
	IV	0,060	0,070
	V	0,050	0,060
	VI	0,050	0,060
	VII	0,050	0,060
	VIII	0,080	0,100
	IX	0,090	0,100
Gradiente de Mistura Rápida (s^{-1})	I, II, III e IV	100, 200 e 400	
	V, VI e VII	100 e 200	
Tempo de Agitação para Mistura Rápida (s)	I, II, III e IV	60	
	V e VI	30	
	VII	15	
	VII	30	
	IX	60	
Gradiente de Mistura Lenta (s^{-1})	I, II, III, IV, V, VI e VII	20, 40 e 80	
Tempo de Agitação para Mistura Lenta (min)	I	10	
	II	20	
	III	5	
	IV	15	
	V e VI	5, 10, 15 e 20	
	VII, VIII e IX	5, 10, 15, 20, 25 e 30	

De forma geral, 100s^{-1} foi o gradiente médio de mistura rápida que melhores resultados em termos de remoção proporcionou quando associado ao gradiente de mistura lenta igual a 20s^{-1} para períodos de agitação lenta igual a 30 minutos. Os piores resultados em termos de remoção foram obtidos quando da utilização de 200s^{-1} para promover a coagulação, 40s^{-1} para a floculação e pequenos períodos de agitação lenta, como 5 ou 10 minutos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 Com base no trabalho realizado, conclui-se que:

6.1a Para o tipo de água utilizada, de maneira geral as melhores dosagens foram 37,5 e 75,0 mg/L; a utilização de dosagens acima de 150,0 mg/L não acarretam resultados significativamente diferentes;

6.1b Quanto maior foi o tempo utilizado para a mistura lenta, maior foi a eficiência em termos de remoção, contudo, períodos de floculação acima de 20 minutos não proporcionaram uma melhora significativa;

6.1c Os resultados obtidos indicam que haja uma interação entre a concentração da suspensão coagulante e o tempo de mistura lenta necessitando, contudo, de maiores repetições;

6.1d Períodos de sedimentação maiores que 90 minutos não contribuem para uma melhora significativa da qualidade da água clarificada; e,

6.1e As maiores interações entre os tempos de floculação e sedimentação foram observadas para $G_{mr} = 100s^{-1}$, $T_{mr} = 15s$ e $G_{ml} = 20s^{-1}$ assim como para $G_{mr} = 200s^{-1}$, $T_{mr} = 30s$ e $G_{ml} = 40s^{-1}$;

6.1f As maiores eficiências foram observadas quando foi empregado o gradiente de mistura rápida igual a $100s^{-1}$ por um período de 60s seguido por uma agitação lenta da ordem de $20s^{-1}$ durante 15 minutos; e,

6.1g O grande potencial do coagulante estudado diz respeito à filtração direta.

6.2 Recomenda-se:

6.2a A realização de um estudo utilizando sementes de um mesmo lote, porém agrupadas segundo suas características para que se possa comparar o desempenho das sementes leves e pesadas em relação à propriedade coagulante;

6.2b tendo em vista que o tempo de sedimentação igual a 120min tenha sido o melhor para a remoção de cor/turbidez, estudar a otimização do processo de clarificação a fim de que se obtenha flocos características que permitam uma maior velocidade de sedimentação;

6.2c para a mistura rápida utilizar como gradiente médio de agitação $100s^{-1}$ quando não dispuser de dados sobre a tratabilidade da água e utilizar para a mistura lenta gradiente inferiores a $80s^{-1}$ (por exemplo, $40s^{-1}$) e iniciar as investigações a cerca da melhor dosagem com valores compreendidos entre 37,5 mg/L e 150,0 mg/L para águas com turbidez baixa e cor moderada;

6.2d é necessário que se faça mais repetições a fim de se comprovar qual a interação que ocorre entre a mistura lenta e a dosagem utilizada; e,

6.2e para obter resultados mais representativos, recomenda-se uma maior número de repetições (referenciadas nos resultados do presente estudo) e o adequado tratamento estatístico dos dados para sistemas operando em fluxo contínuo.

ANEXOS

BANCO DE DADOS GERADO COM OS RESULTADOS DOS ENSAIOS DE CLARIFICAÇÃO

SÉRIE I - Todos os ensaios desta série foram realizados com $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 10 min.$
As dosagens utilizadas ($C = 1,5\%$) foram: 37.5, 75.0, 150.0, 187.5 e 225.0 mg/L

A intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s^{-1})		Mistura Lenta		
		20	40	80
Mistura Rápida	400	1a	2a	3a
	200	1b	2b	3b
	100	1c	2c	3c

Série I - Ensaio 1a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s^{-1}	rpm		s^{-1}	rpm		
		400	230	60	20	35	10	
Características da água bruta		pH: 7,05			Turbidez: 14,3 NTU			
		Cor: 183 mg PtCo / L			Condutividade: 0,07 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS ($C= 1,5 \%$)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,76	6,89	6,88	6,84	6,89	6,83
		Cor aparente	183	221	232	320	331	319
		Turbidez	16,1	20,9	22,4	44,9	46,2	41,1
		Cond. elétrica	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	185	223	239	300	293	272
		Turbidez	14,9	20,9	22,5	35,4	29,6	26,9
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	188	216	236	286	250	211
		Turbidez	14,1	19,8	23,6	36,6	26,3	22,1
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	188	219	240	284	231	199
		Turbidez	14,6	19,1	24,5	35,0	24,6	20,4
Ts ₅ =120min	Cor aparente	18,4	197	212	273	208	183	
	Turbidez	14,7	19,1	22,6	34,6	23,7	20,0	

Série I - Ensaio 1b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	20	35	10	
Características da água bruta		pH: 7,24			Turbidez: 16,1 NTU			
		Cor: 182 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,98	7,06	7,08	7,13	7,07	7,06
		Cor aparente	185	215	230	302	319	305
		Turbidez	15,1	20,3	24,7	40,8	41,7	41,4
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,065
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	184	213	226	299	301	255
		Turbidez	15,6	20,4	24,4	38,8	38,7	31,4
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	179	214	227	283	250	210
		Turbidez	15,2	20,5	23,0	35,6	30,4	23,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	178	211	227	281	232	200
		Turbidez	15,0	20,2	23,6	36,2	26,1	22,1
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	173	199	219	276	228	187
		Turbidez	14,9	18,7	22,7	35,4	26,5	20,7

Série I - Ensaio 1c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	20	35	10	
Características da água bruta		pH: 6,90			Turbidez: 14,6 NTU			
		Cor: 167 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,97	6,98	6,99	6,95	6,94	6,93
		Cor aparente	185	205	230	299	256	277
		Turbidez	15,9	20,1	25,6	43,7	42,7	42,5
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,065	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	181	210	232	306	259	228
		Turbidez	15,6	20,7	26,2	42,6	34,6	31,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	179	212	241	291	217	195
		Turbidez	15,2	20,2	26,0	38,0	27,4	24,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	181	209	233	286	202	186
		Turbidez	15,1	19,7	24,7	35,7	23,7	22,6
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	177	209	232	284	194	176
		Turbidez	15,0	19,5	24,6	34,7	22,9	20,5

Série I - Ensaio 2a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	40	60	10	
Características da água bruta		pH: 7,15			Turbidez: 15,3 NTU			
		Cor: 157 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 1,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,99	7,10	7,10	7,14	7,13	7,01
		Cor aparente	177	206	236	254	257	278
		Turbidez	14,3	18,7	27,4	32,9	37,9	35,0
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,065
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	180	206	230	230	222	240
		Turbidez	14,4	19,0	27,9	28,9	31,9	34,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	178	206	233	174	170	158
		Turbidez	14,7	19,1	27,5	23,3	22,4	20,3
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	175	204	233	160	135	131
		Turbidez	14,7	19,1	26,7	18,4	15,8	15,2
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	175	198	233	148	114	117
		Turbidez	13,9	18,5	26,1	15,8	11,7	11,3

Série I - Ensaio 2b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	40	60	10	
Características da água bruta		pH: 7,19			Turbidez: 14,4 NTU			
		Cor: 171 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,99	7,13	7,12	7,09	7,02	7,09
		Cor aparente	172	198	223	251	249	253
		Turbidez	14,2	19,5	26,2	39,0	37,5	38,1
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	171	205	229	236	230	220
		Turbidez	14,1	18,6	26,5	30,1	28,3	28,4
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	171	203	228	216	185	176
		Turbidez	14,3	18,8	26,3	26,5	22,2	21,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	171	204	230	204	162	158
		Turbidez	13,7	18,6	25,6	22,3	17,7	18,0
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	173	201	231	199	155	137
		Turbidez	13,5	18,0	25,5	21,6	15,4	14,8

Série I - Ensaio 2c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	40	60	10	
Características da água bruta		pH: 6,86			Turbidez: 16,5 NTU			
		Cor: 191 mg PtCo / L			Condutividade: 0,07 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,93	6,99	7,03	6,95	6,91	6,98
		Cor aparente	173	207	236	279	314	284
		Turbidez	14,6	19,0	28,0	37,0	39,9	38,5
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,065
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	177	214	235	245	213	223
		Turbidez	14,5	20,1	27,6	33,3	28,6	28,5
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	176	209	236	198	165	163
		Turbidez	14,4	19,5	27,7	23,4	19,6	20,2
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	176	202	231	175	142	132
		Turbidez	14,4	18,8	26,5	19,0	15,3	14,9
Ts ₅ =120min	Cor aparente	173	201	232	166	126	124	
	Turbidez	13,8	18,5	26,6	17,2	12,7	13,2	

Série I - Ensaio 3a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	80	80	10	
Características da água bruta		pH: 7,00			Turbidez: 13,1 NTU			
		Cor: 164 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 1,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,10	7,13	7,10	7,07	7,08	7,01
		Cor aparente	168	192	222	253	267	263
		Turbidez	13,6	18,1	26,5	36,4	37,4	38,2
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,065	0,07	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	169	192	218	218	248	229
		Turbidez	13,7	18,2	25,5	30,2	31,8	31,9
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	166	196	218	167	164	177
		Turbidez	13,6	18,2	26,3	21,3	20,6	21,2
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	172	194	223	146	118	125
		Turbidez	13,3	17,4	25,4	15,3	13,4	11,5
Ts ₅ =120min	Cor aparente	168	193	224	130	109	103	
	Turbidez	12,7	17,1	25,0	12,3	9,6	9,8	

Série I - Ensaio 3b								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	min		
	200	170	60	80	80	10		
Características da água bruta	pH: 6,91			Turbidez: 13,3 NTU				
	Cor: 173 mg PtCo / L			Condutividade: 0,075 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS	0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0		
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,08	---	7,07	6,93	6,99	6,98
		Cor aparente	173	--	228	266	283	291
		Turbidez	14,2	---	26,8	34,2	39,6	40,5
		Cond. elétrica	0,07	---	0,075	0,08	0,08	0,08
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	178	---	235	245	265	249
		Turbidez	14,3	---	26,5	29,2	30,3	30,3
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	181	---	237	225	160	157
		Turbidez	14,7	---	25,6	20,6	19,1	18,0
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	169	---	225	150	131	123
		Turbidez	13,8	---	25,0	15,9	14,3	13,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	171	---	219	138	111	107	
	Turbidez	13,7	---	23,9	12,4	10,0	9,9	

Série I - Ensaio 3c								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	min		
	100	90	60	80	80	10		
Características da água bruta	pH: 7,09			Turbidez: 17,8 NTU				
	Cor: 189 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS	0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0		
Tem	Ts ₁ = 15min	pH	---	---	7,18	7,08	7,03	7,03
		Cor aparente	---	---	241	260	305	278
		Turbidez	---	---	26,9	34,3	42,7	40,9
		Cond. elétrica	---	---	0,06	0,065	0,065	0,065
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	---	---	242	240	235	226
		Turbidez	---	---	26,2	31,1	29,9	30,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	---	---	234	180	158	162
		Turbidez	---	---	26,2	21,8	19,9	17,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	---	---	229	151	126	116
		Turbidez	---	---	25,2	17,0	13,2	12,7
Ts ₅ =120min	Cor aparente	---	---	224	140	104	106	
	Turbidez	---	---	24,8	14,0	10,7	10,0	

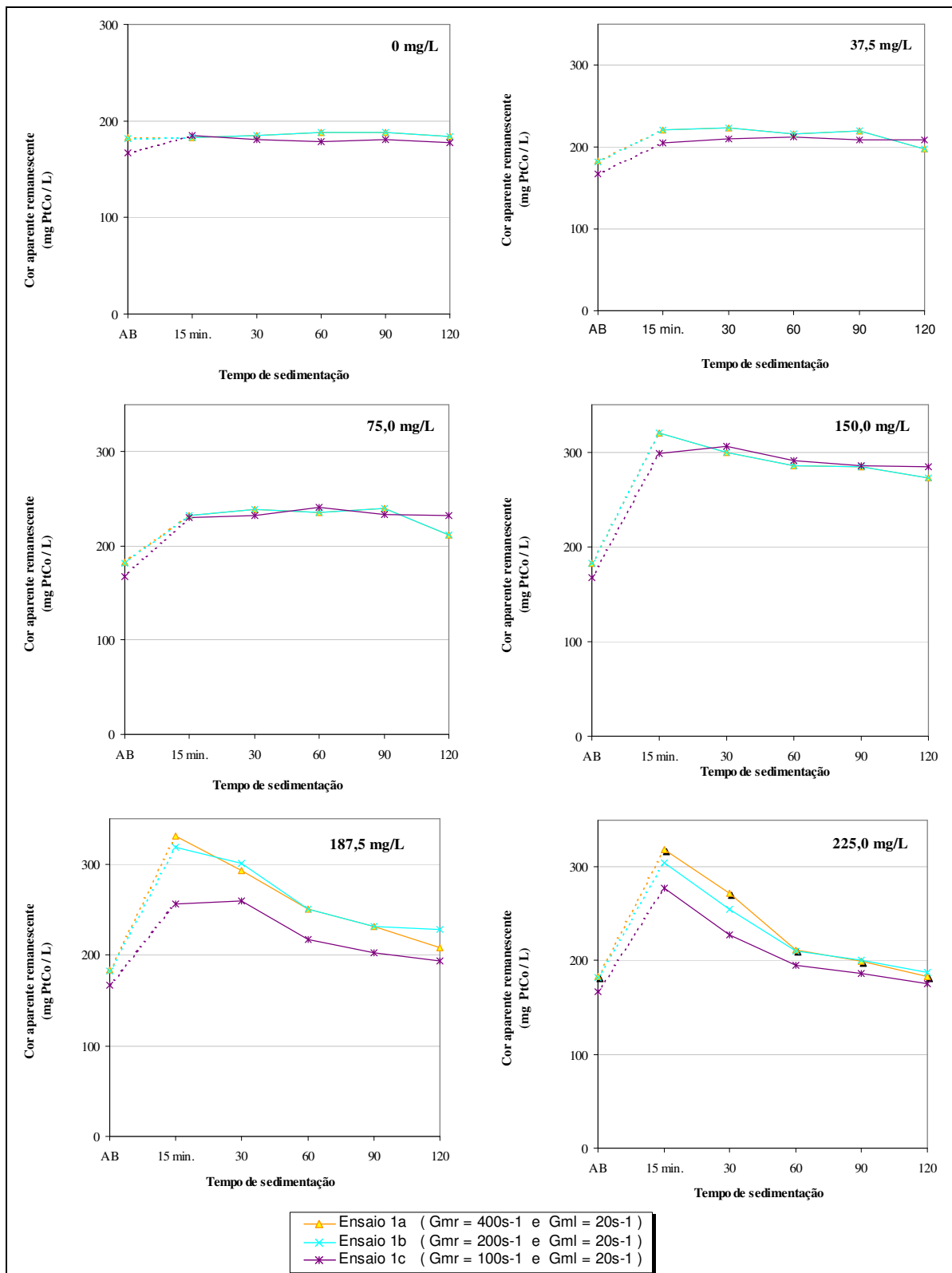


FIGURA A1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 20s^{-1}$ e $T_{ml} = 10min$

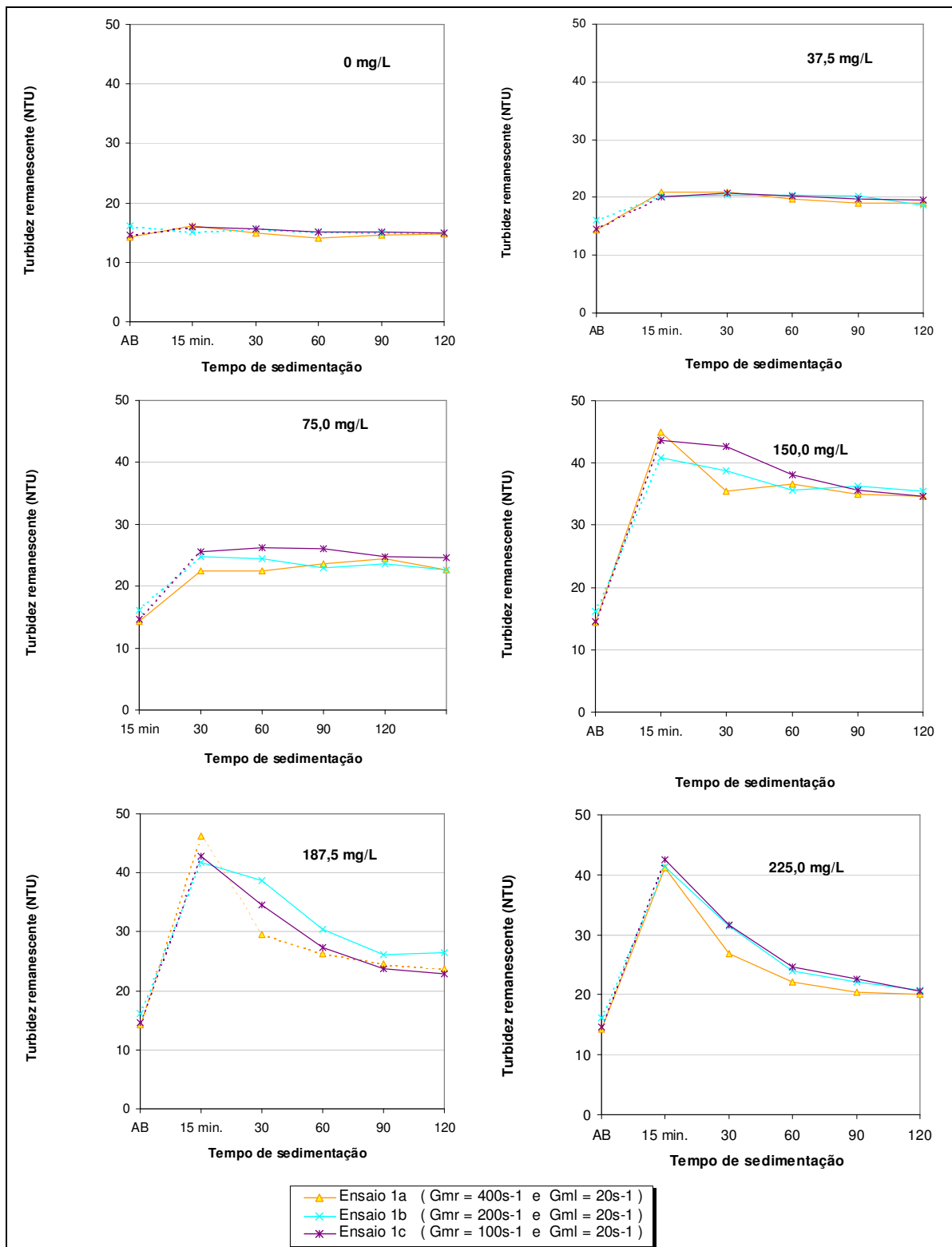


FIGURA A1.b - Curvas de remoção de turbidez (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C=1.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 20s^{-1}$ e $T_{ml} = 10min$

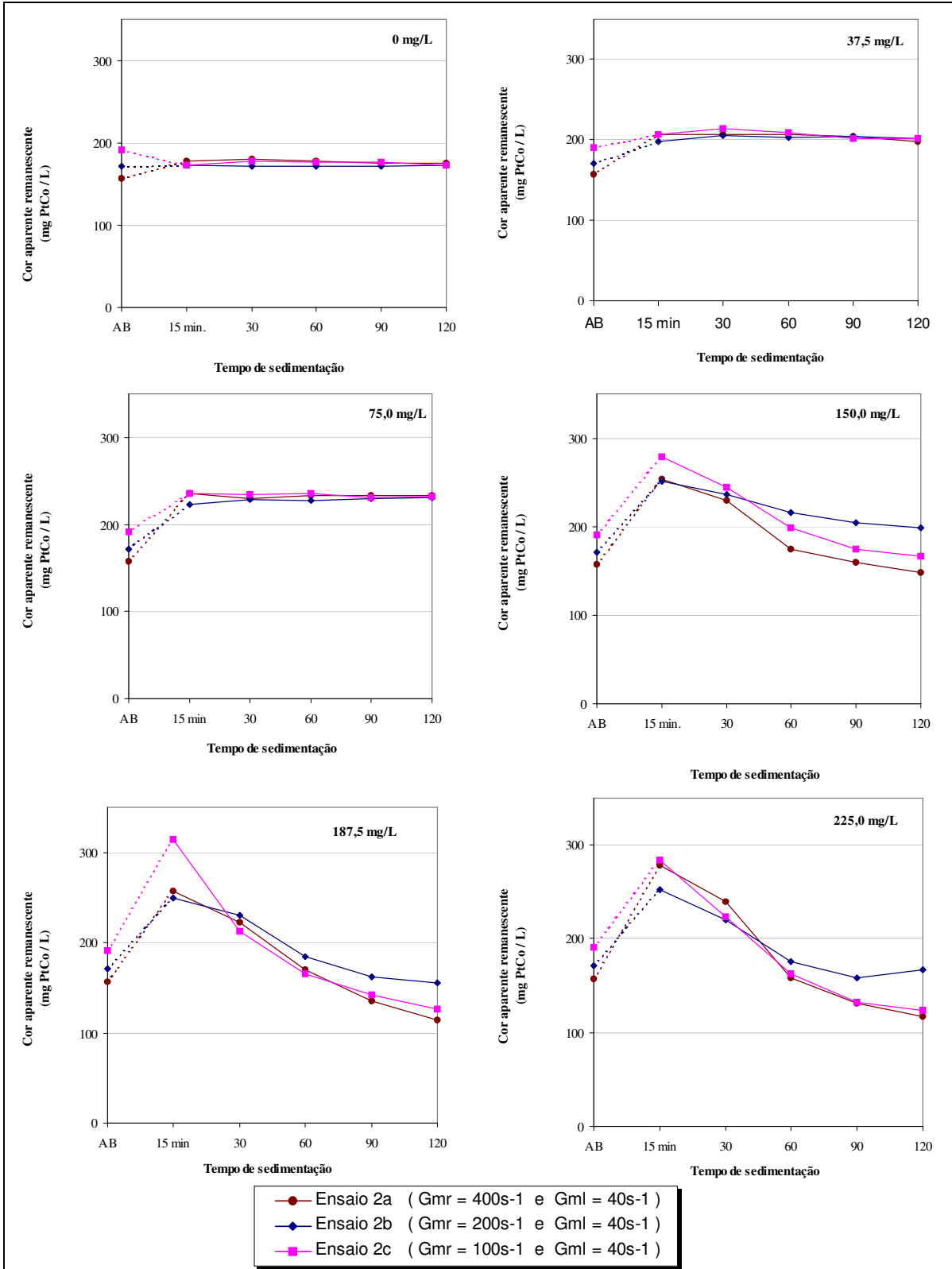


FIGURA A2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 40s^{-1}$ e $T_{ml} = 10min$

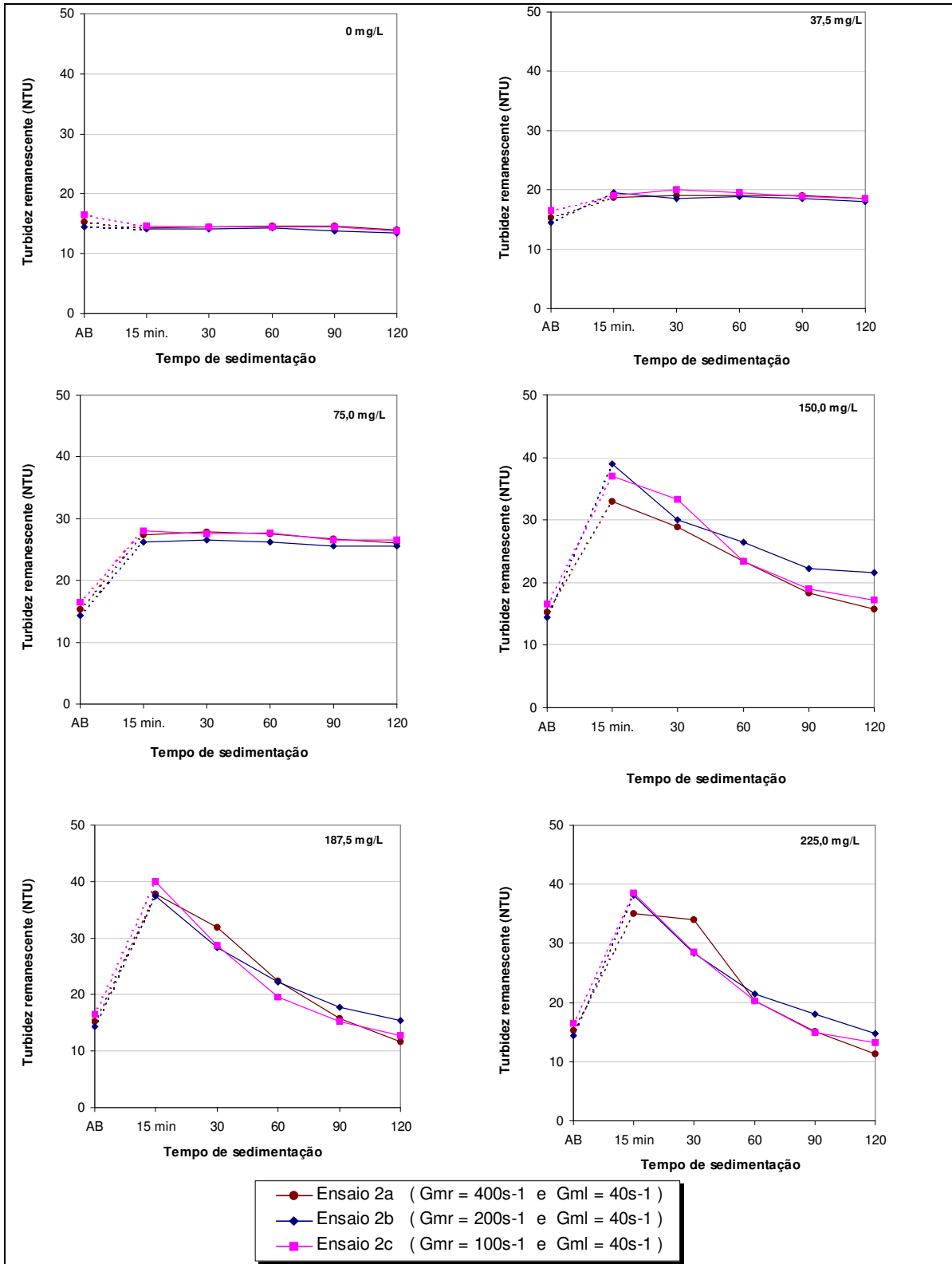


FIGURA A2.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 40s^{-1}$ e $T_{ml} = 10min$

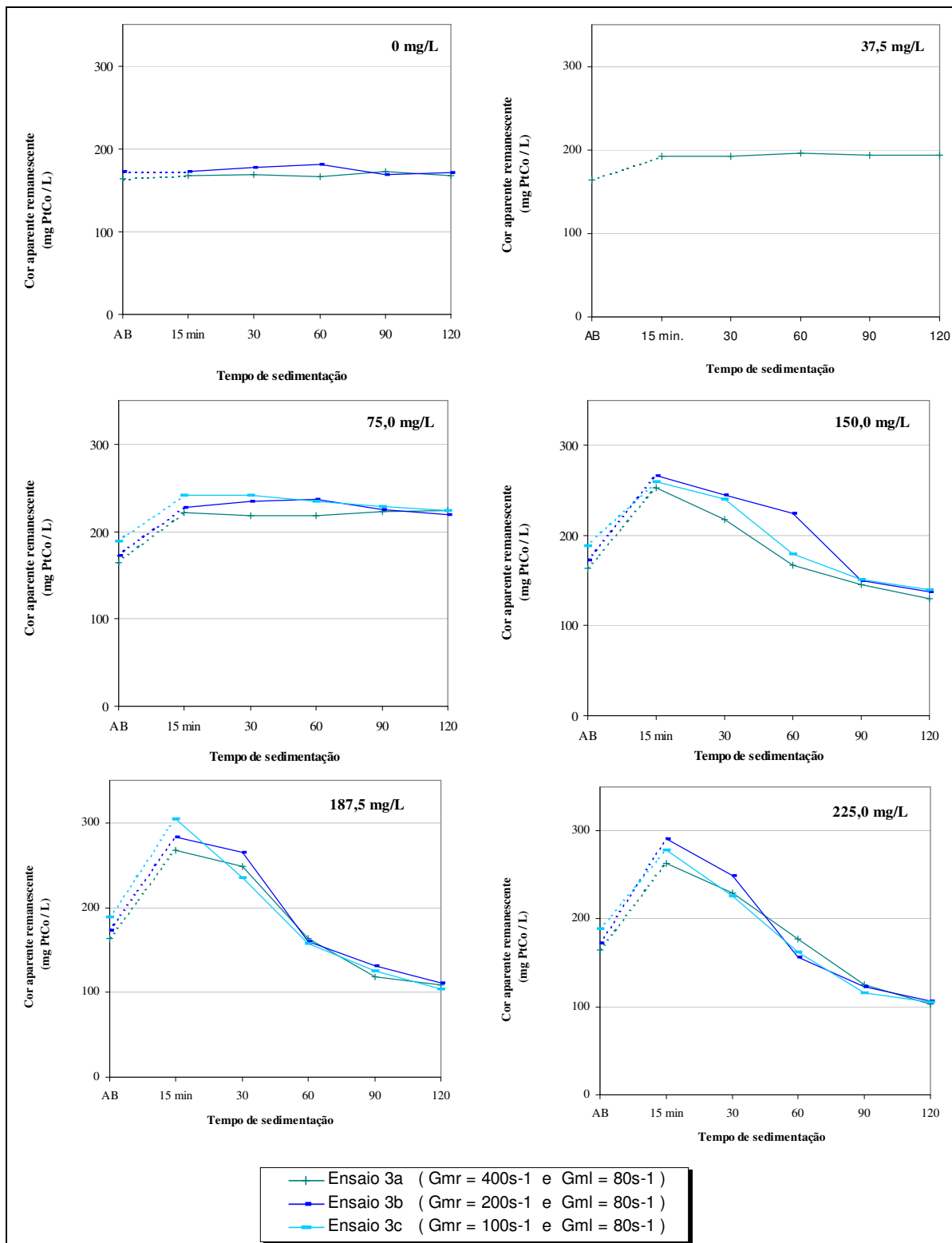


FIGURA A3.a - Curvas de remoção de *cor* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 80s^{-1}$ e $T_{ml} = 10min$

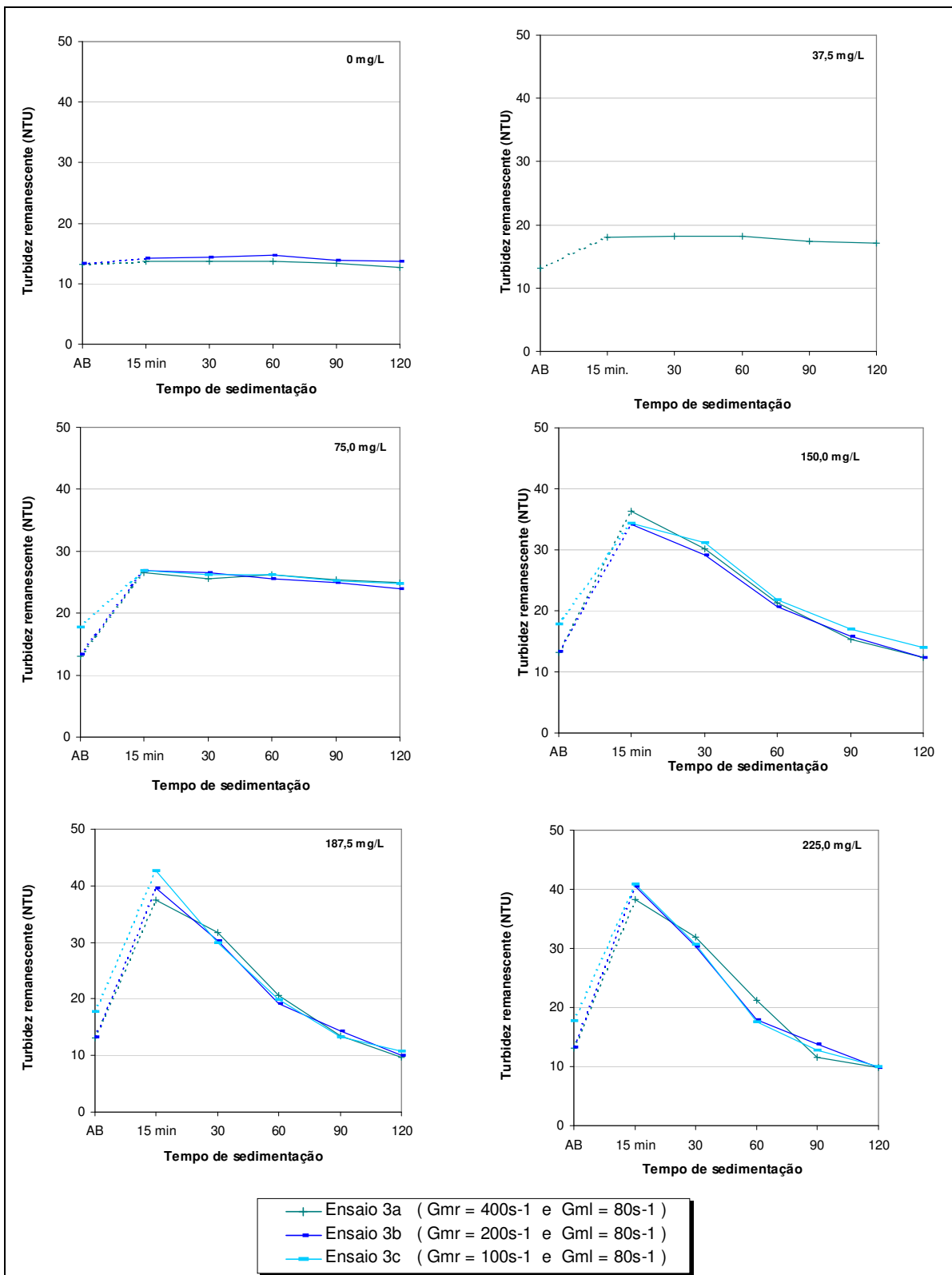


FIGURA A3.b - Curvas de remoção de turbidez (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gmr:
 $C = 1.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 80s^{-1}$ e $T_{ml} = 10min$

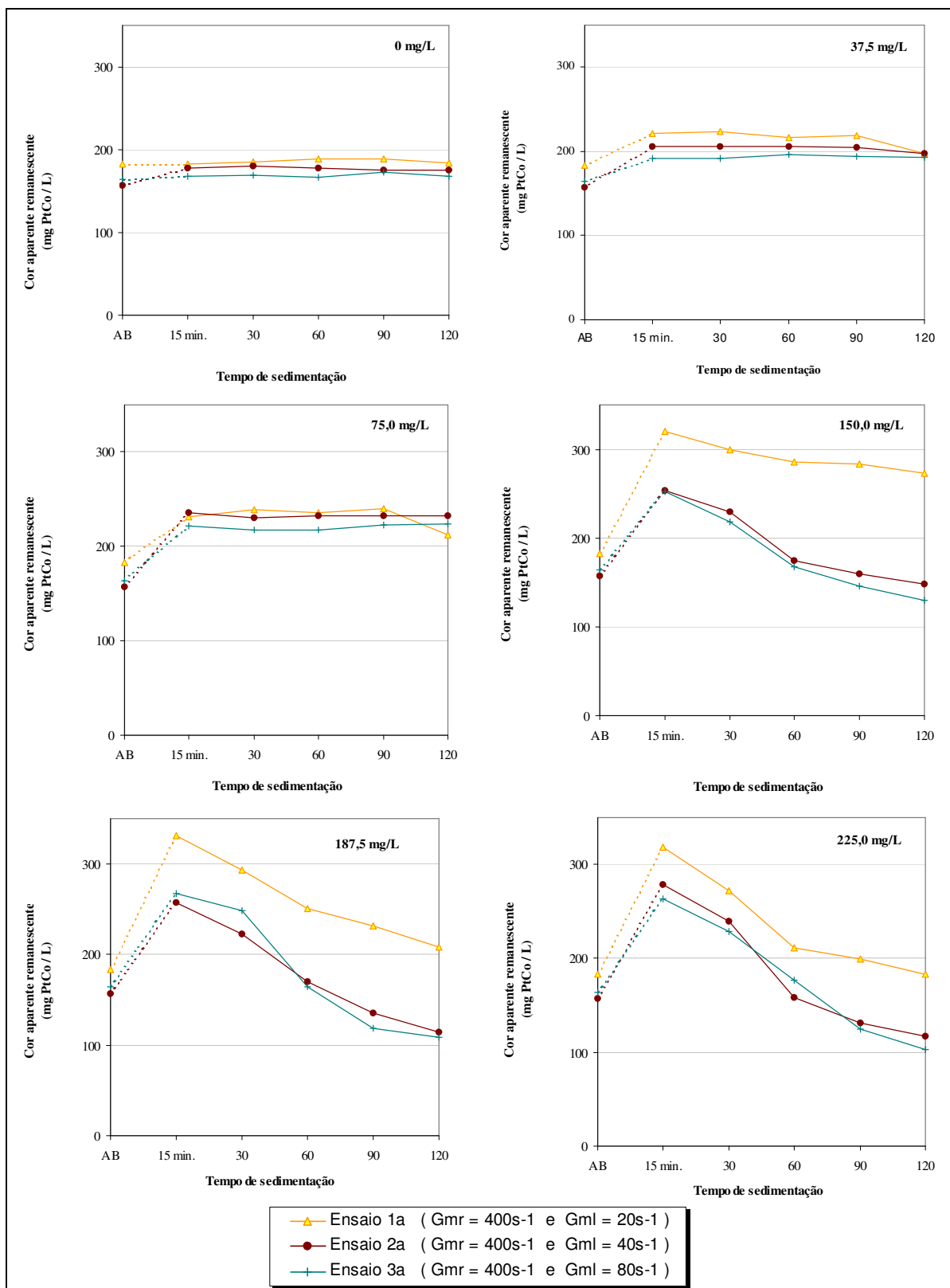


FIGURA A4.a - Curvas de remoção de cor (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 1.5%, Gmr = 400s⁻¹, Tmr = 60s⁻¹ e Tml = 10min

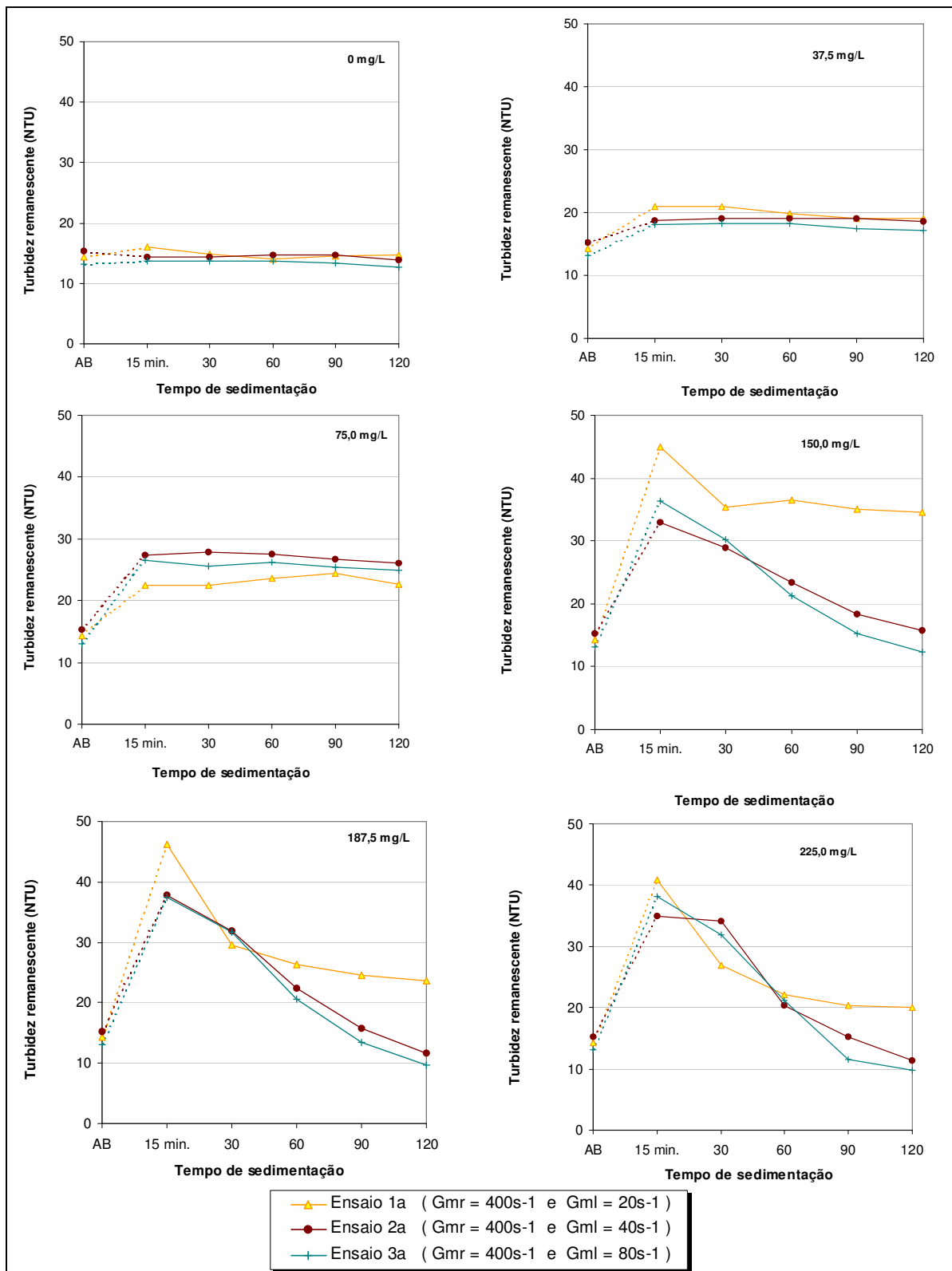


FIGURA A4.b - Curvas de remoção de turbidez (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: $C = 1.5\%$, $G_{mr} = 400s^{-1}$, $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 10min$

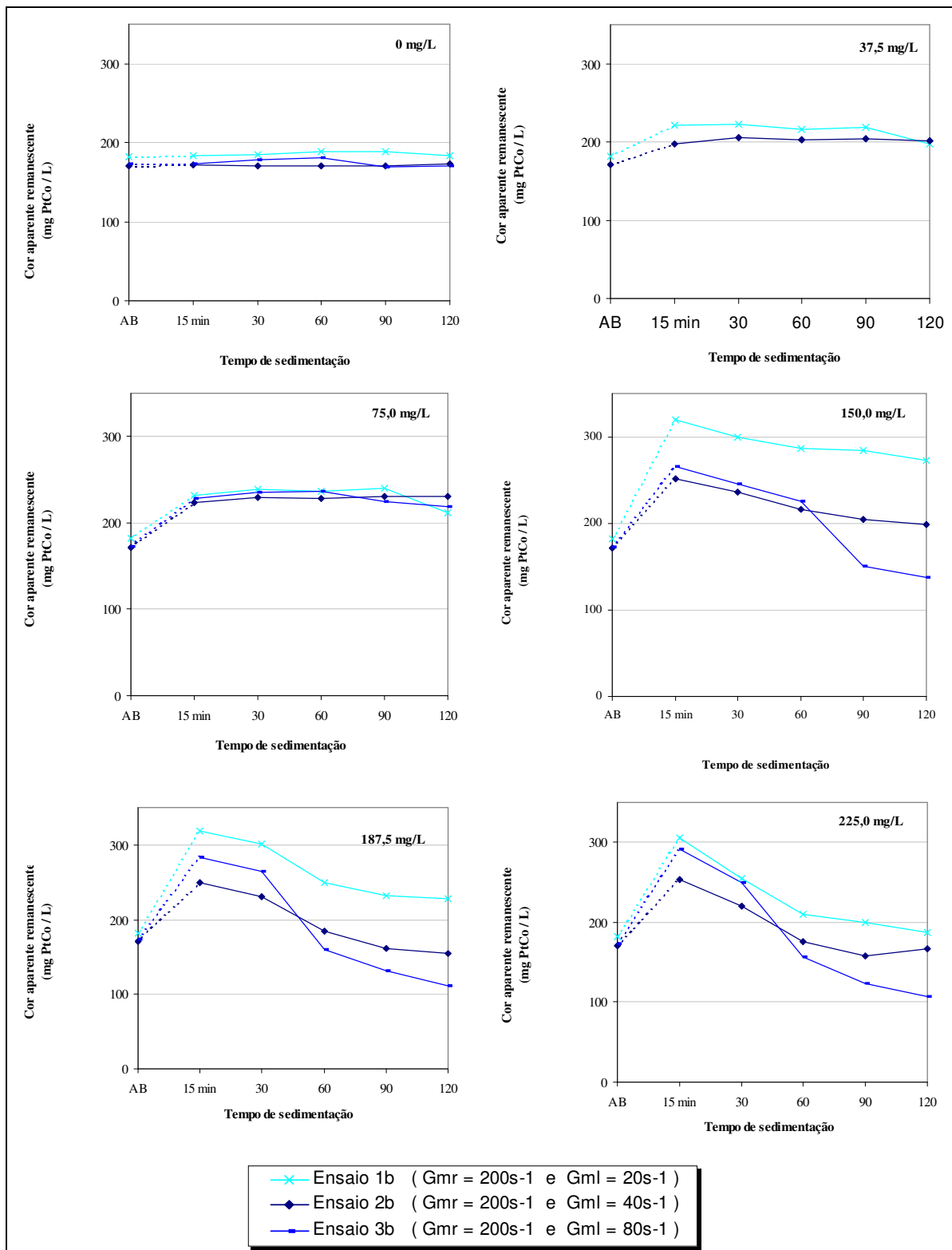


FIGURA A5.a - Curvas de remoção de *cor* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: $C = 1.5\%$, $Gmr = 200s^{-1}$, $Tmr = 60s$ e $Tml = 10min$

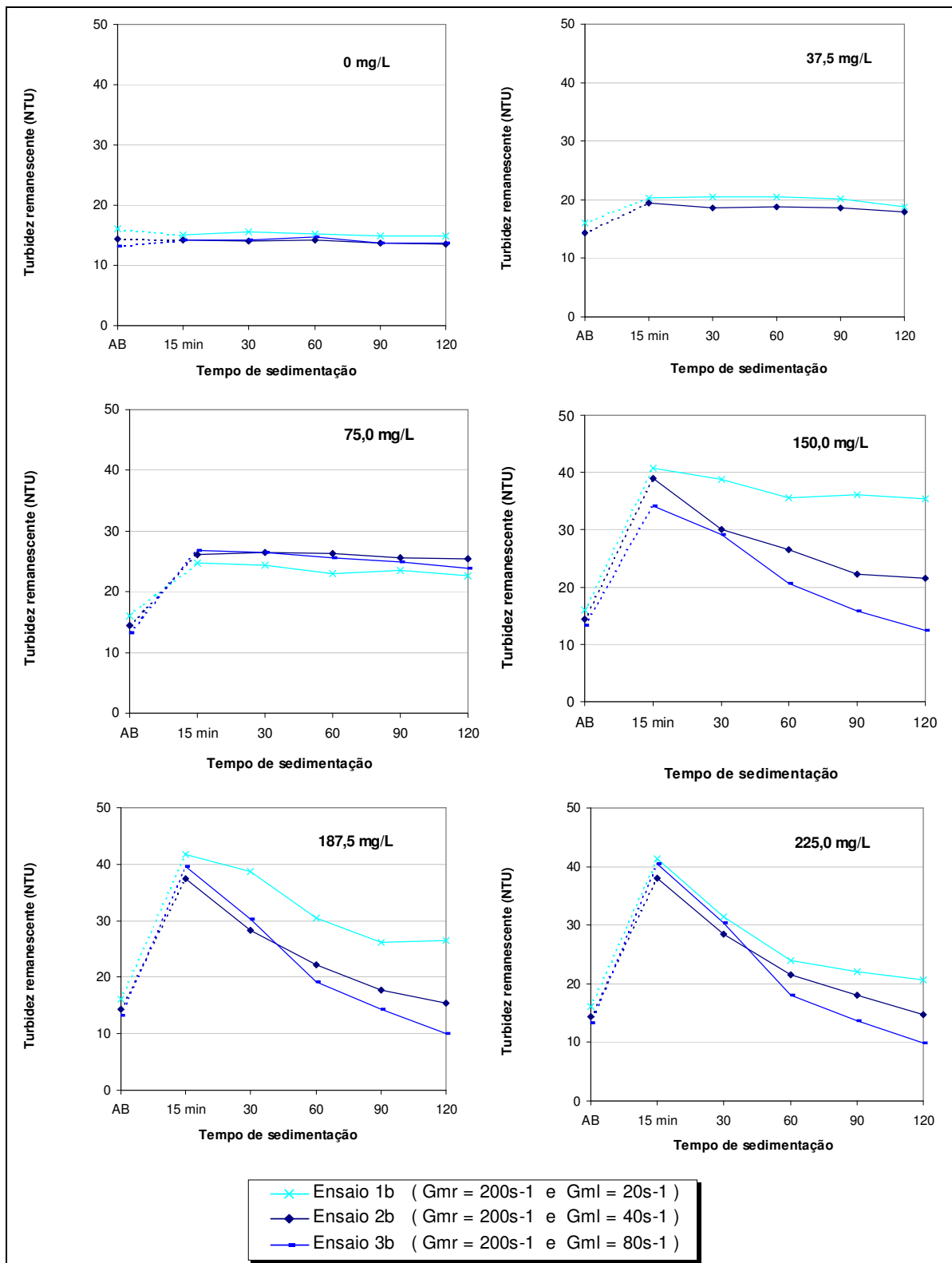


FIGURA A5.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 1.5%, Gmr = 200s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 10min

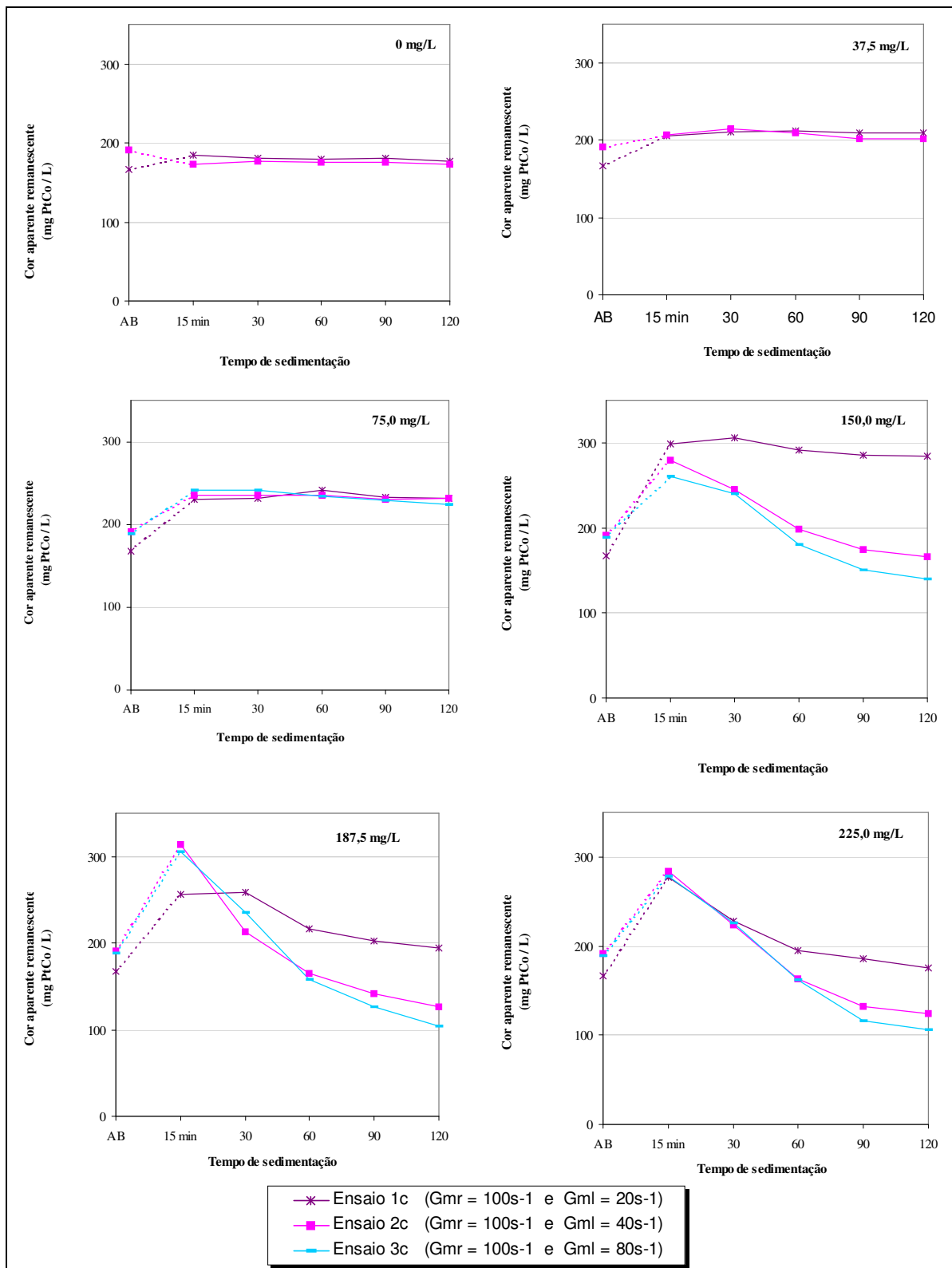


FIGURA A6.a - Curvas de remoção de *cor* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: $C = 1.5\%$, $G_{mr} = 100s^{-1}$, $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 10min$

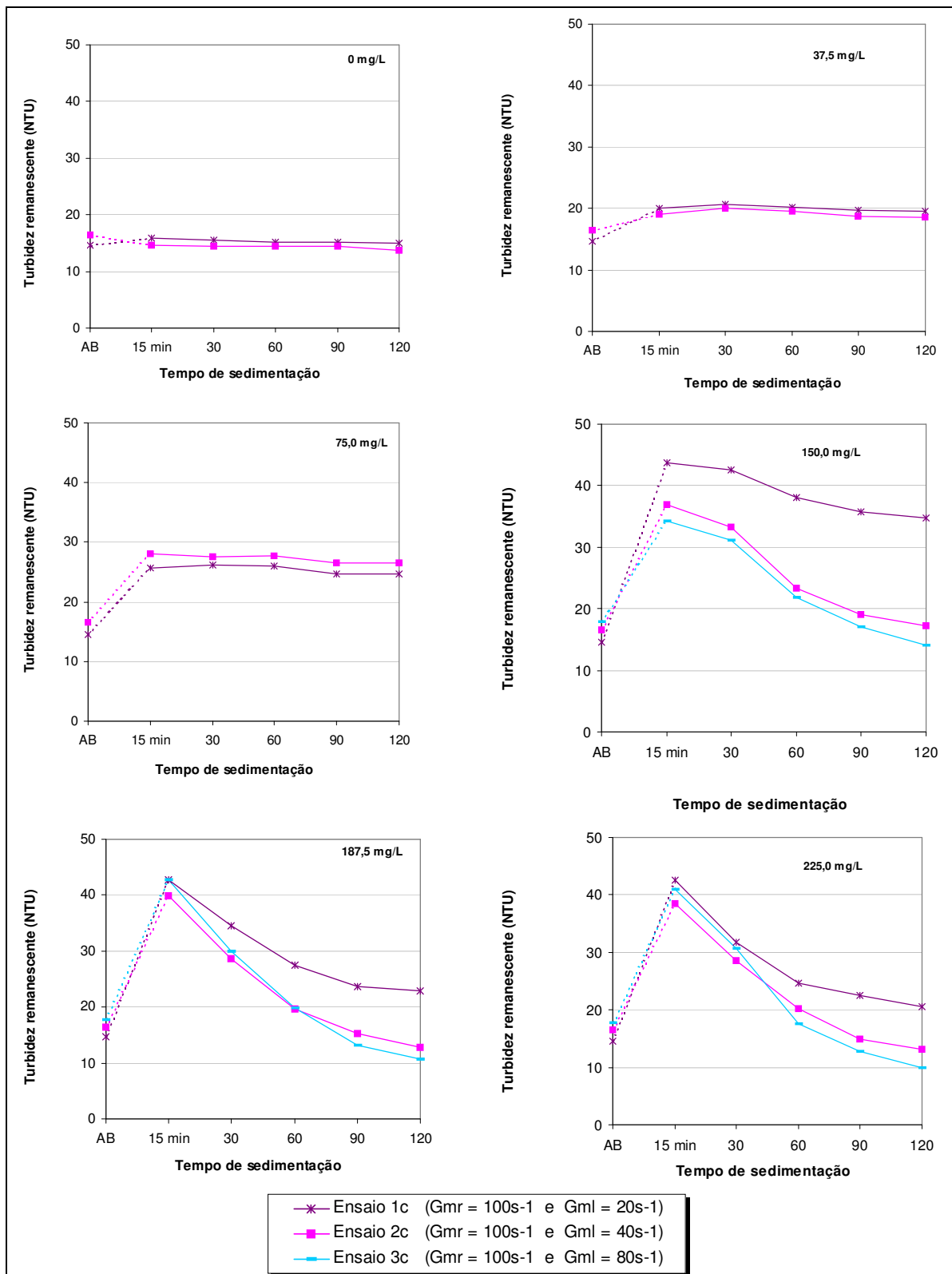


FIGURA A6.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série I) em função do tempo de sedimentação e do Gml: $C = 1.5\%$, $G_{mr} = 100s^{-1}$, $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 10min$

SÉRIE II - Todos os ensaios desta série foram realizados com $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 20 min.$
 As dosagens utilizadas ($C = 3.0\%$) foram: 75, 150, 225, 300 e 450 mg/L

A intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s^{-1})		Mistura Lenta		
		20	40	80
Mistura Rápida	400	1a	2a	3a
	200	1b	2b	3b
	100	1c	2c	3c

Série II - Ensaio 1a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s^{-1}	rpm		s^{-1}	rpm		
		400	230	60	20	35	20	
Características da água bruta		pH: 7,01			Turbidez: 15,4 NTU			
		Cor: 200 mg PtCo / L			Condutividade: 0,07 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS ($C= 3,0 \%$)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração direta	Turbidez	9,42	9,68	2,99	2,67	2,54	3,52	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,13	7,19	7,15	7,11	7,03	7,11
		Cor aparente	197	242	191	207	257	233
		Turbidez	16,2	27,7	24,5	27,3	29,1	30,0
		Cond. elétrica	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	196	209	154	130	144	147
		Turbidez	15,7	24,7	17,4	15,9	16,1	19,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	188	186	94	89	92	139
		Turbidez	15,7	21,4	10,2	9,73	9,94	9,84
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	193	180	82	76	69	80
		Turbidez	15,7	20,9	8,0	8,4	7,5	8,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	190	168	64	64	63	68	
	Turbidez	15,4	19,9	7,7	7,4	7,0	7,7	

Série II - Ensaio 1b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	20	35	20	
Características da água bruta		pH: 6,98			Turbidez: 16,2 NTU			
		Cor: 184 mg PtCo / L			Condutividade: 0,07 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração Direta	Turbidez	10,0	8,4	3,2	3,2	2,7	3,5	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,9	7,0	7,1	7,0	7,0	7,0
		Cor aparente	185	224	197	160	191	177
		Turbidez	15,6	27,3	25,1	19,0	22,4	22,9
		Cond. elétrica	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	190	196	142	115	139	139
		Turbidez	15,5	24,5	15,2	12,2	14,8	15,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	193	179	89	87	79	89
		Turbidez	15,3	21,8	9,3	8,9	9,2	10,0
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	189	171	72	71	65	74
		Turbidez	15,2	20,4	7,42	7,82	7,14	8,34
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	185	163	65	63	61	64
		Turbidez	15,5	19,5	7,1	7,3	6,8	7,8

Série II - Ensaio 1c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	20	35	20	
Características da água bruta		pH: 6,9			Turbidez: 16,2 NTU			
		Cor: 202 mg PtCo / L			Condutividade: 0,065 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração direta	Turbidez	8,5	8,2	2,5	2,2	2,2	2,9	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,88	6,96	7,01	7,03	6,96	6,95
		Cor aparente	186	220	182	191	173	178
		Turbidez	15,6	27,0	23,3	23,5	22,2	23,2
		Cond. elétrica	0,065	0,065	0,07	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	189	193	130	104	113	118
		Turbidez	15,5	24,2	14,8	12,8	13,2	13,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	191	177	81	75	80	79
		Turbidez	15,3	20,8	8,6	8,6	8,6	8,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	190	164	71	70	64	75
		Turbidez	14,9	19,1	7,0	7,4	6,6	7,7
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	188	162	66	62	60	64
		Turbidez	14,9	18,3	6,6	6,6	6,0	7,0

Série II - Ensaio 2a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	40	60	20	
Características da água bruta		pH: 7,08			Turbidez: 16,9 NTU			
		Cor: 183 mg PtCo / L			Condutividade: 0,07 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração direta	Turbidez	8,0	6,9	2,1	2,1	1,8	1,7	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,07	7,07	7,12	6,95	7,07	6,96
		Cor aparente	171	204	218	206	236	267
		Turbidez	14,5	29,4	26,8	27,8	31,3	35,3
		Cond. elétrica	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,075
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	185	205	179	148	196	204
		Turbidez	14,6	26,3	23,0	18,1	22,9	22,6
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	178	172	112	93	93	102
		Turbidez	14,3	20,8	11,2	11,1	10,8	10,3
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	183	151	74	65	65	73
		Turbidez	14,5	18,2	7,98	6,84	6,87	7,96
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	181	134	65	57	59	61
		Turbidez	14,0	15,6	6,4	6,0	6,4	6,1

Série II - Ensaio 2b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	40	60	20	
Características da água bruta		pH: 6,89			Turbidez: 15,2 NTU			
		Cor: 177 mg PtCo / L			Condutividade: 0,065 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração direta	Turbidez	7,4	5,9	2,8	2,6	2,6	2,8	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,78	6,92	6,77	6,91	6,85	6,95
		Cor aparente	155	202	201	180	238	256
		Turbidez	15,9	27,0	31,1	28,9	34,4	41,4
		Cond. elétrica	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	185	194	161	132	141	125
		Turbidez	15,0	24,1	19,6	18,3	21,9	19,2
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	184	149	103	87	89	83
		Turbidez	15,1	19,4	12,2	10,4	11,5	10,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	181	140	68	59	60	68
		Turbidez	14,6	16,8	8,0	6,3	8,4	8,0
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	173	126	54	43	44	45
		Turbidez	13,9	14,7	6,0	5,1	5,3	5,7

Série II - Ensaio 2c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	40	60	20	
Características da água bruta		pH: 6,97			Turbidez: 14,9 NTU			
		Cor: 186 mg PtCo / L			Condutividade: 0,065 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,93	6,92	6,84	6,92	6,79	7,00
		Cor aparente	178	206	207	166	194	243
		Turbidez	14,9	27,5	26,0	29,5	30,6	34,8
		Cond. elétrica	0,06	0,065	0,065	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	179	177	163	126	148	141
		Turbidez	14,5	24,3	20,6	16,7	19,4	20,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	177	142	87	82	90	83
		Turbidez	14,5	17,4	10,0	8,7	9,8	9,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	167	121	62	54	58	60
		Turbidez	13,7	14,2	6,9	6,0	6,5	6,3
Ts ₅ =120min	Cor aparente	177	109	50	43	51	46	
	Turbidez	13,5	12,5	5,6	4,9	5,2	5,1	

Série II - Ensaio 3a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	80	80	20	
Características da água bruta		pH: 7,06			Turbidez: 12,8 NTU			
		Cor: 140 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração direta	Cor	107	44	18	15	16	19	
	Turbidez	8,0	5,4	2,3	1,6	1,5	1,8	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,97	7,03	6,95	6,96	6,88	6,88
		Cor aparente	155	181	219	215	269	289
		Turbidez	12,4	29,2	30,8	33,6	36,4	42,0
		Cond. elétrica	0,065	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	157	158	183	197	222	221
		Turbidez	12,0	25,6	24,7	25,3	29,7	28,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	157	154	101	100	129	120
		Turbidez	11,8	23,9	16,2	13,6	15,9	16,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	154	139	75	66	73	74
		Turbidez	12,4	20,3	10,5	9,0	10,9	9,2
Ts ₅ =120min	Cor aparente	150	142	67	57	58	60	
	Turbidez	11,5	16,3	7,3	5,6	6,7	7,3	

Série II - Ensaio 3b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	80	80	20	
Características da água bruta		pH: 6,85			Turbidez: 12,4 NTU			
		Cor: 159 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração direta	Cor	99	43	13	12	10	12	
	Turbidez	7,4	5,9	2,0	1,5	1,7	1,9	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,98	7,01	6,98	7,02	7,10	6,95
		Cor aparente	147	162	182	185	225	268
		Turbidez	12,4	25,0	26,5	25,3	30,4	35,1
		Cond. elétrica	0,065	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	167	173	178	166	184	187
		Turbidez	11,7	21,5	19,5	16,6	21,5	20,9
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	160	168	114	102	112	112
		Turbidez	12,2	22,9	16,5	12,1	14,2	14,0
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	155	155	83	72	80	75
		Turbidez	11,6	22,2	10,6	8,7	9,6	9,7
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	148	127	49	44	44	36
		Turbidez	11,5	17,8	6,8	5,5	6,2	6,3

Série II - Ensaio 3c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	80	80	20	
Características da água bruta		pH: 6,66			Turbidez: 11,8 NTU			
		Cor: 152 mg PtCo / L			Condutividade: 0,065 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 3,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	450,0	
Filtração direta	Cor	88	32	17	15	14	17	
	Turbidez	6,8	4,1	2,0	1,7	1,5	2,3	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,85	6,88	6,93	6,97	6,96	6,95
		Cor aparente	140	151	162	188	228	239
		Turbidez	11,2	24,0	24,0	25,9	29,0	30,9
		Cond. elétrica	0,065	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	145	155	164	172	172	187
		Turbidez	11,2	23,8	25,4	21,8	25,7	27,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	147	146	102	98	107	110
		Turbidez	11,1	20,9	15,5	13,7	15,4	14,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	143	125	71	62	73	69
		Turbidez	11,1	16,6	10,2	8,9	9,5	9,2
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	143	106	53	44	49	43
		Turbidez	11,0	14,3	7,1	5,8	7,1	7,0

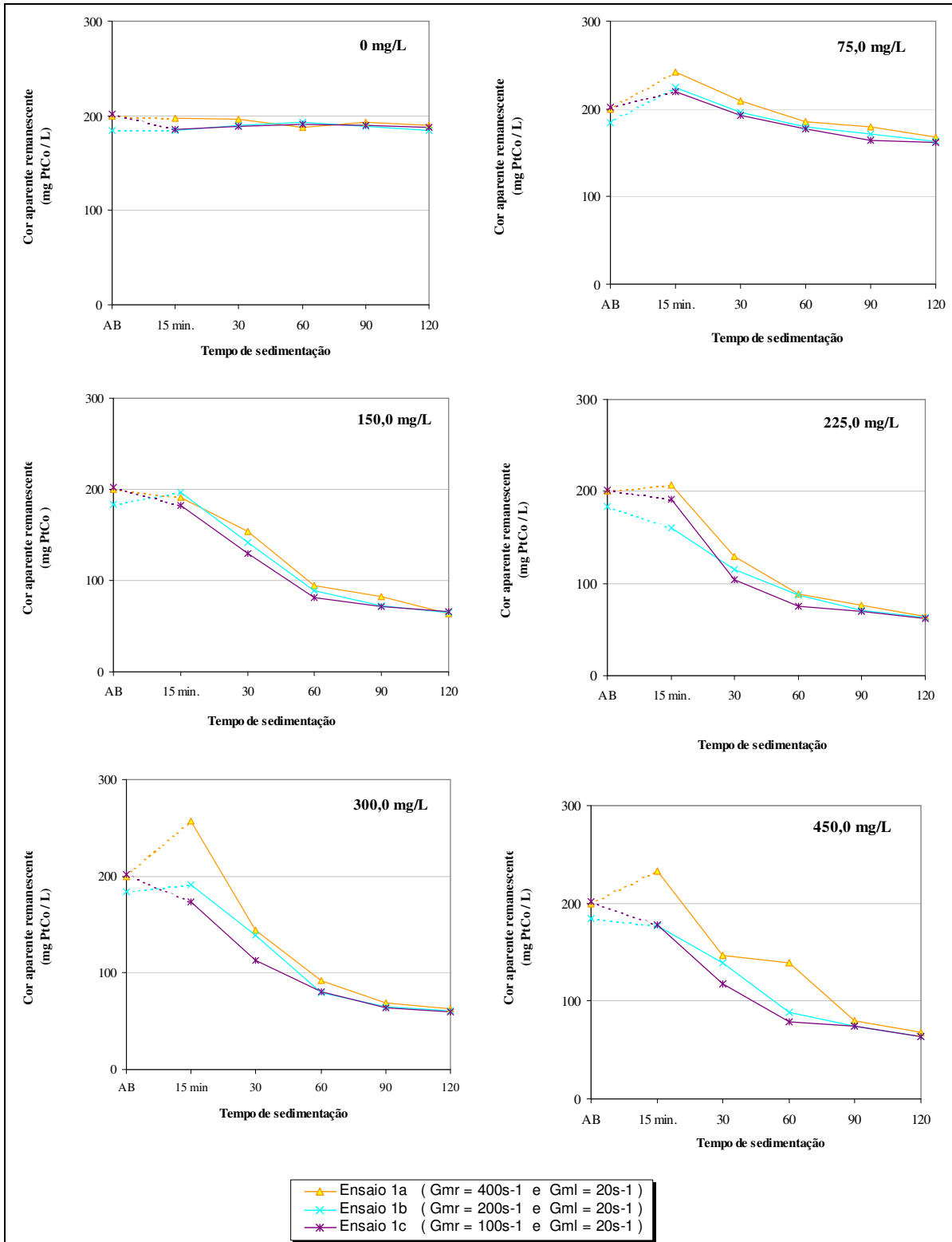


FIGURA B1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 3\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 20s^{-1}$ e $T_{ml} = 20min$

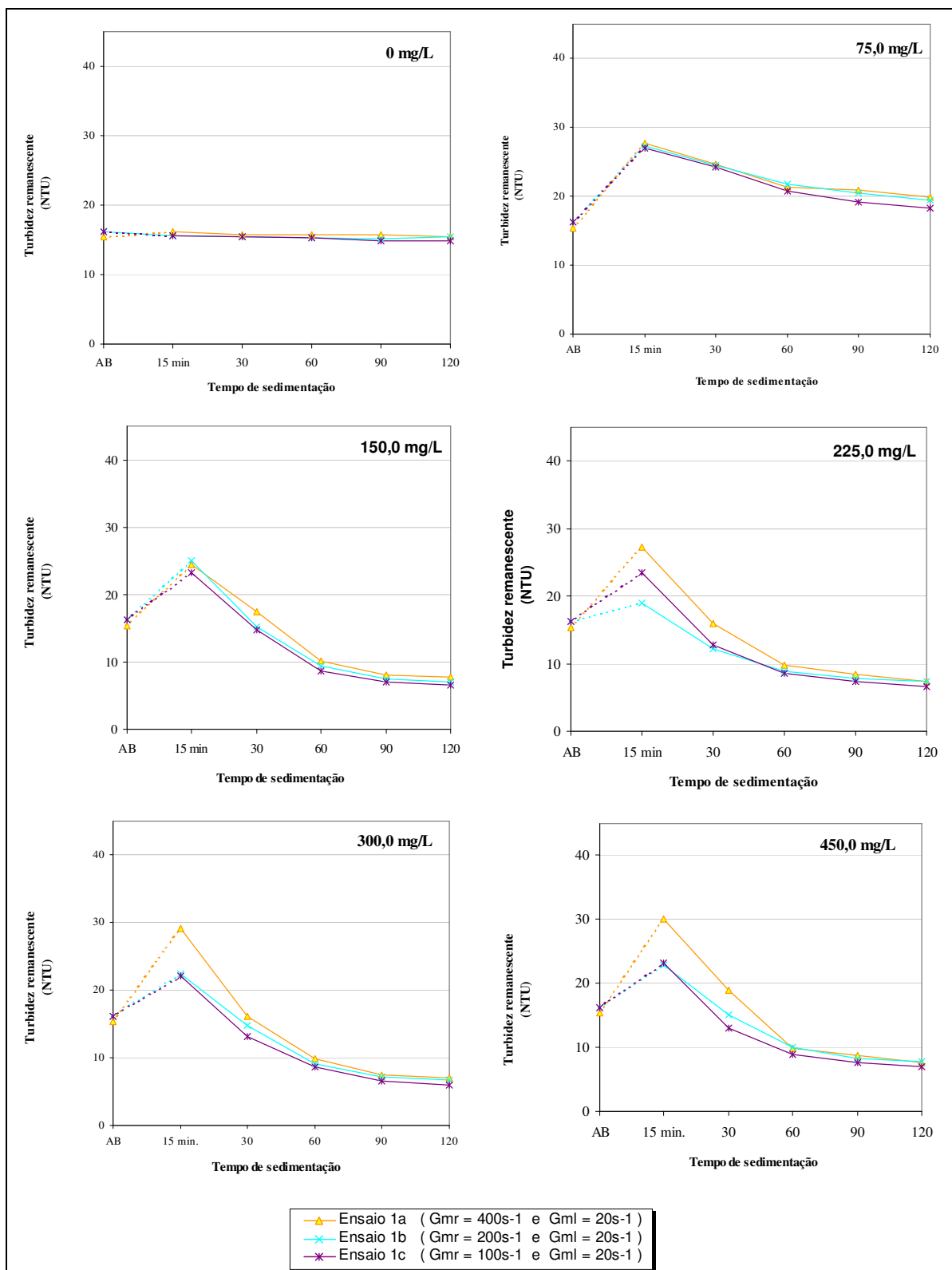


FIGURA B1b - Curvas de remoção de turbidez (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 3\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 20s^{-1}$ e $T_{ml} = 20min$

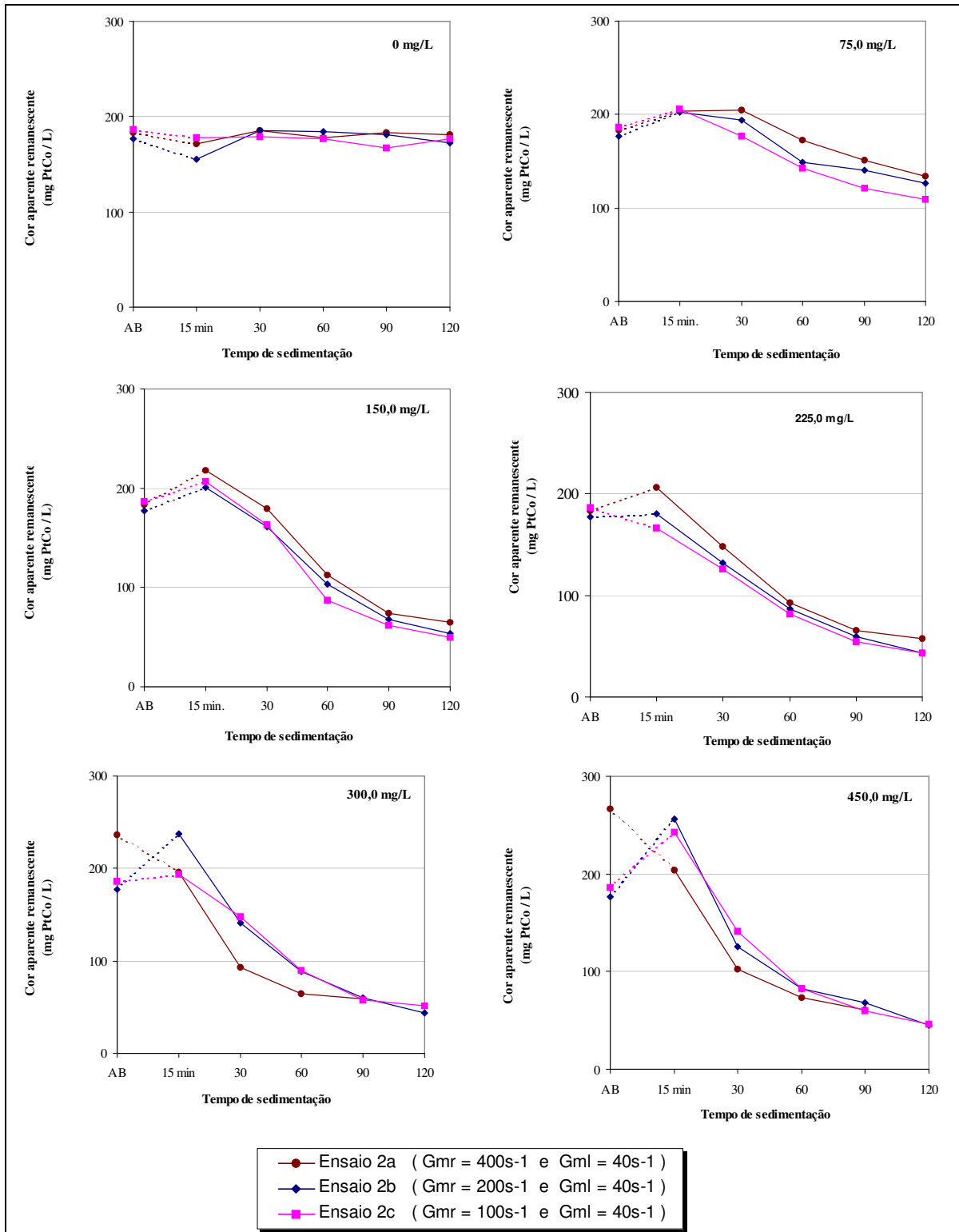


FIGURA B2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3%, **T_{mr} = 60s**, Gml = 40s⁻¹, e Tml = 20min

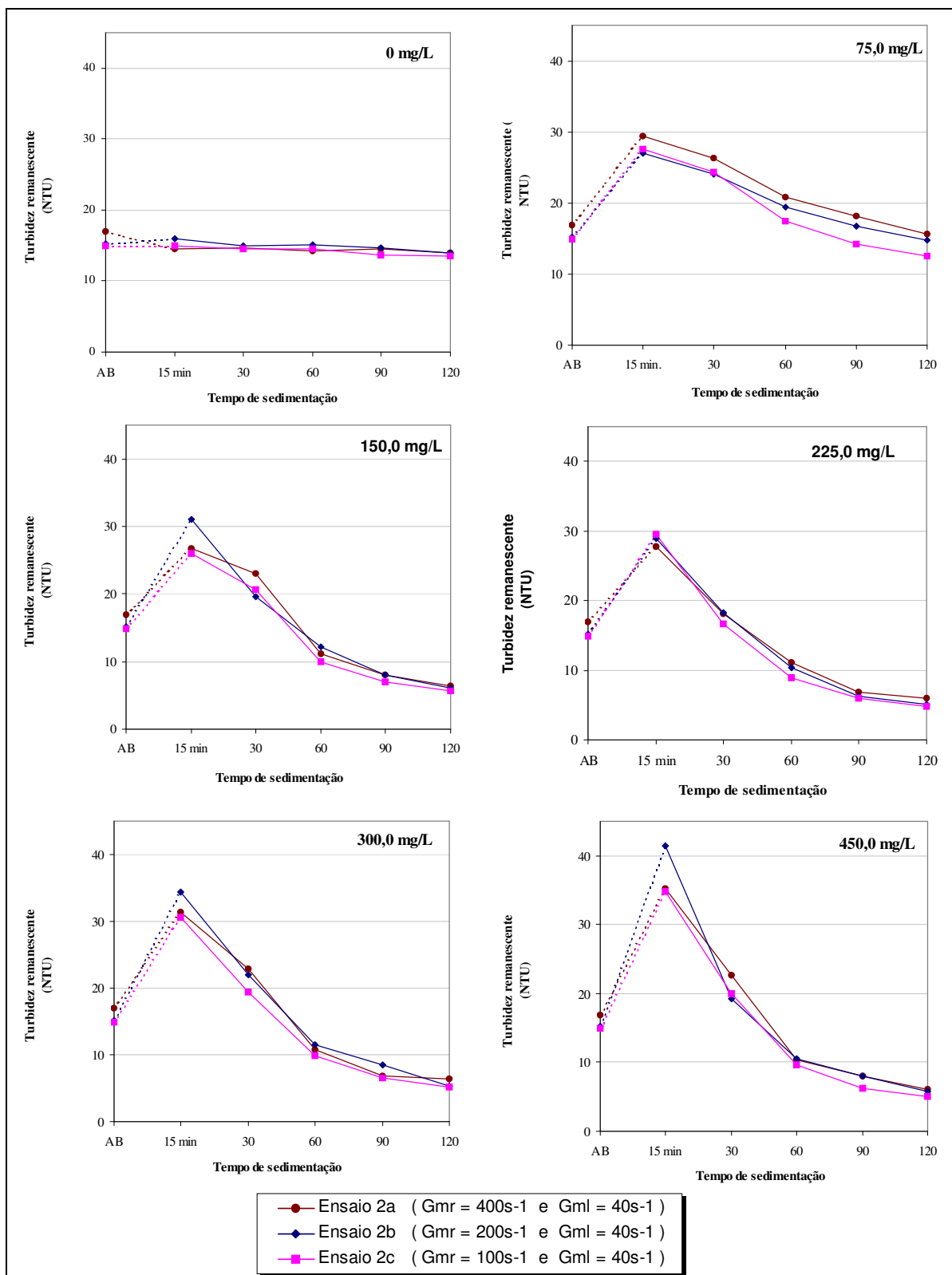


FIGURA B2b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3%, T_{mr} = 60s, G_{ml} = 40s⁻¹ e T_{ml} = 20min

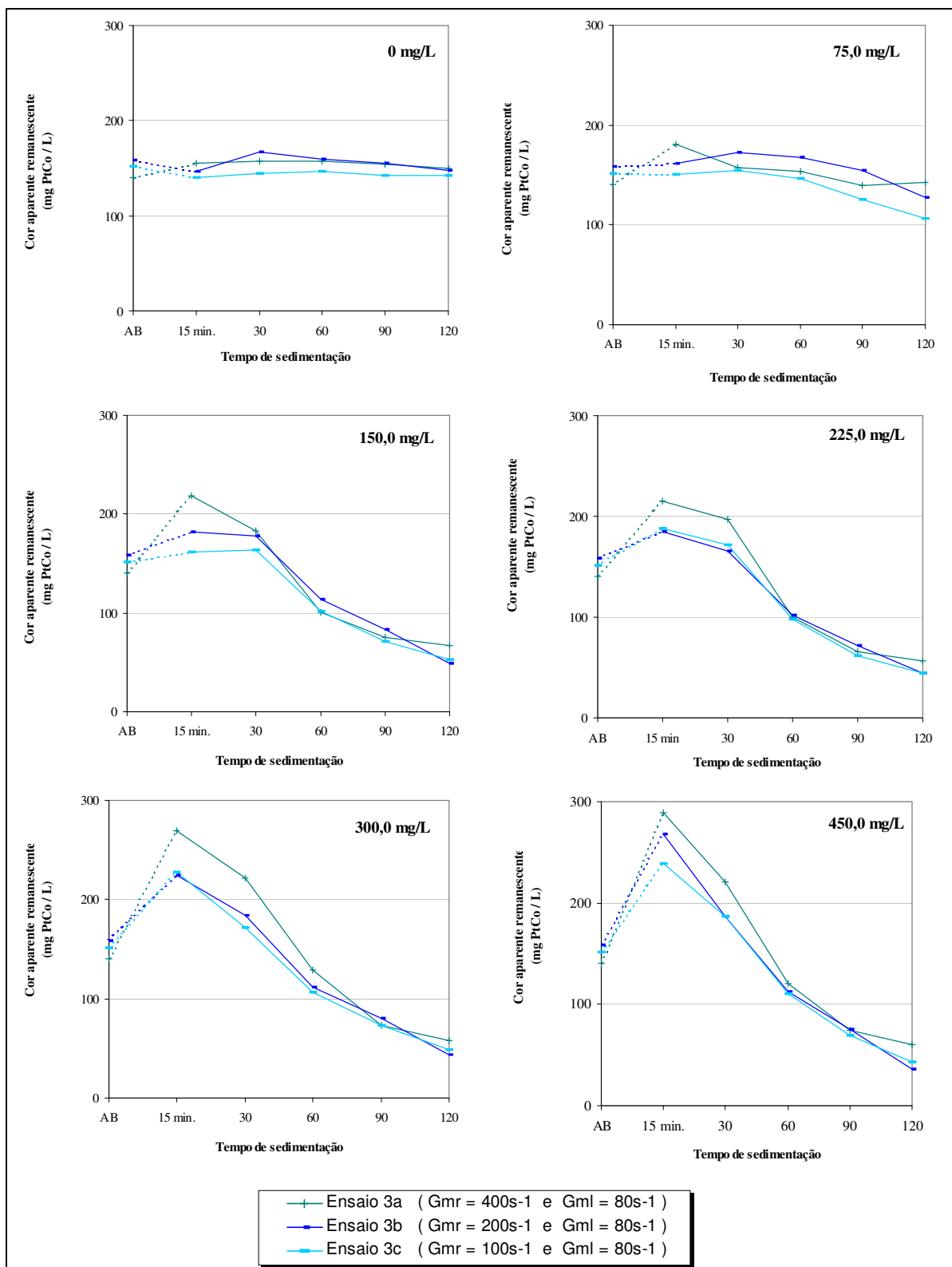


FIGURA B3a - Curvas de remoção de *cor* (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 3%, T_{mr} = 60s, Gml = 80s⁻¹ e T_{ml} = 20min

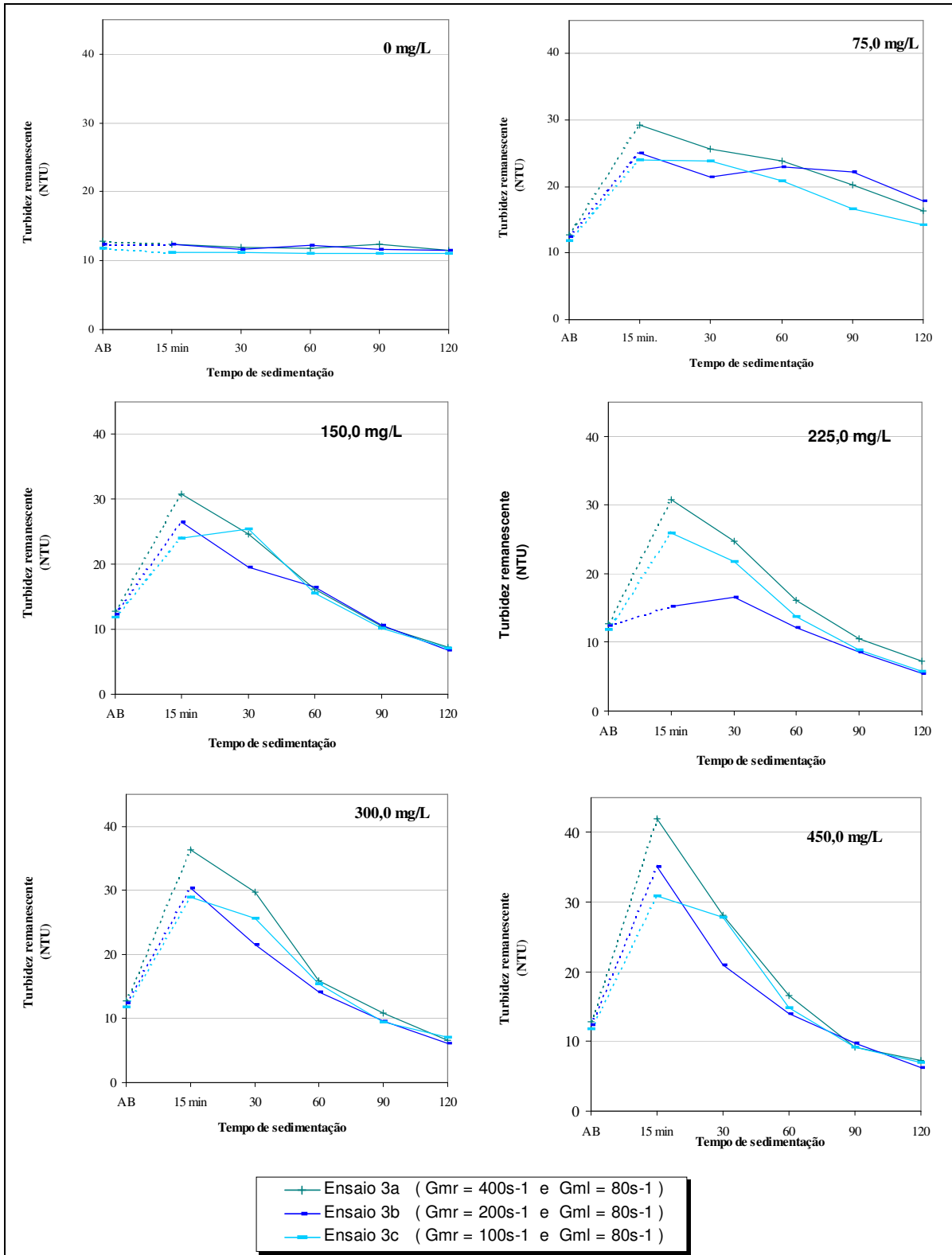


FIGURA B3.b - Curvas de remoção de turbidez (Série II) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 3\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 80s^{-1}$ e $T_{ml} = 20min$

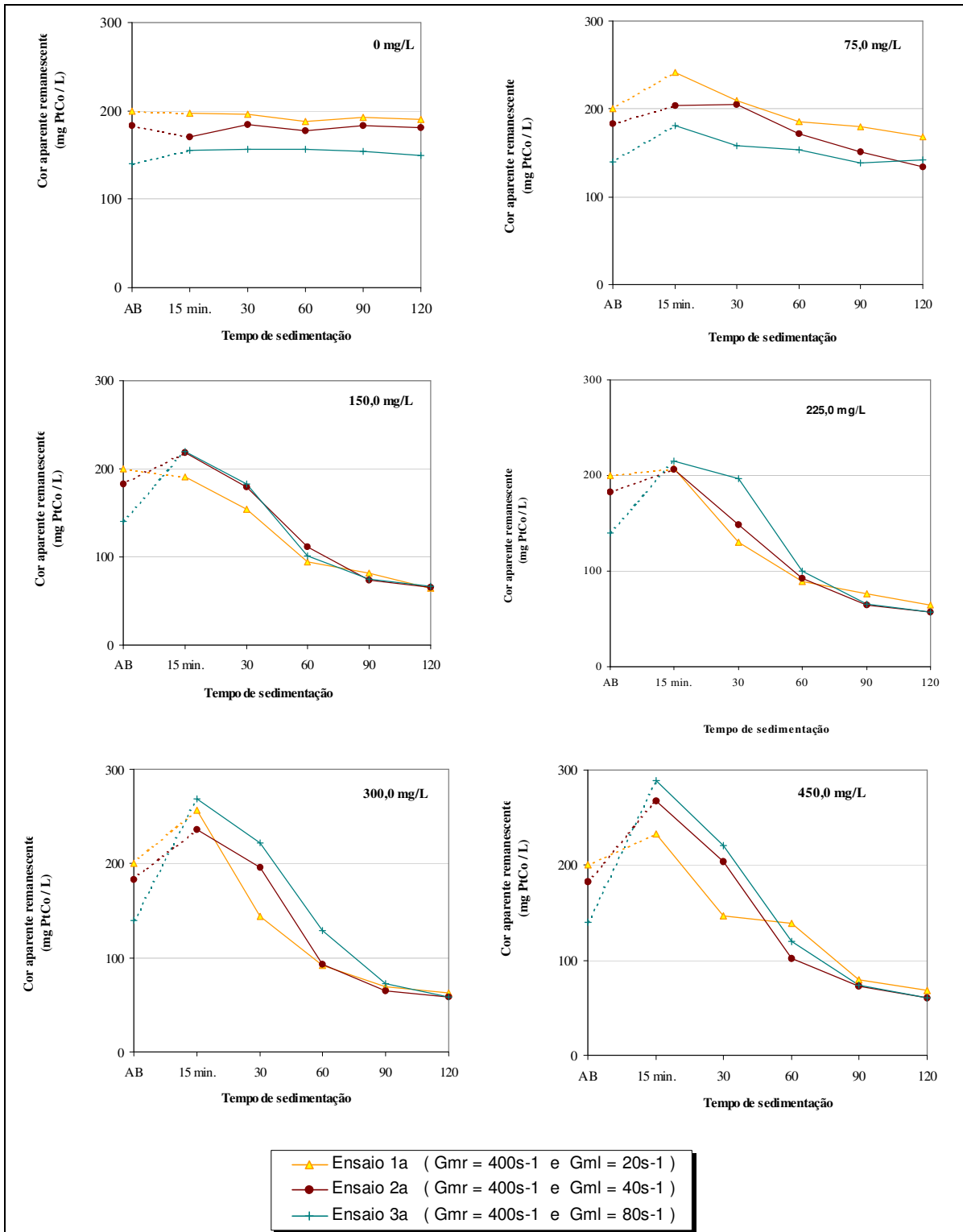


FIGURA B4.a - Curvas de remoção de *cor* (série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3%, Gmr = 400s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 20min

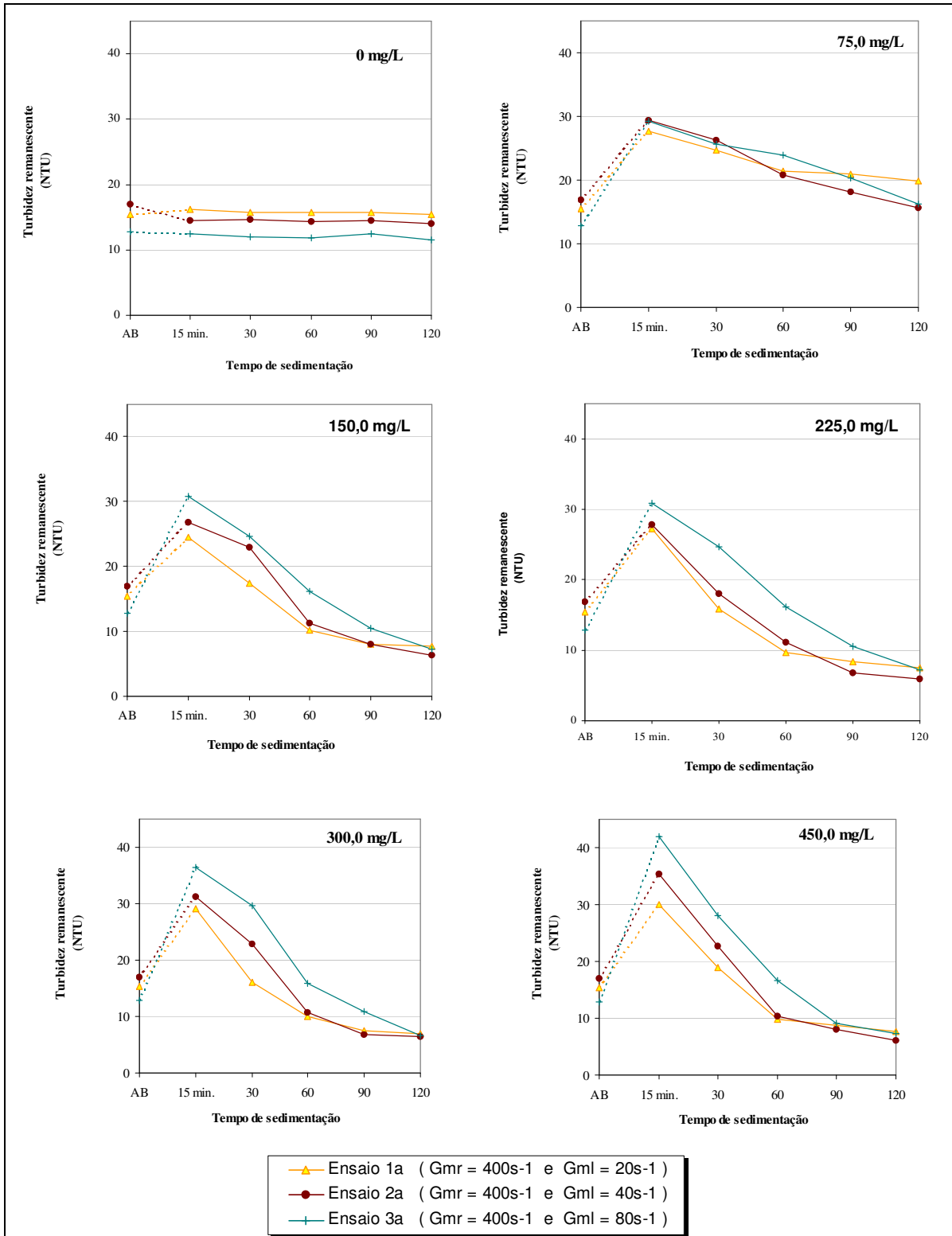


FIGURA B4b - Curvas de remoção de *turbidez* (série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3%, Gmr = 400s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 20min

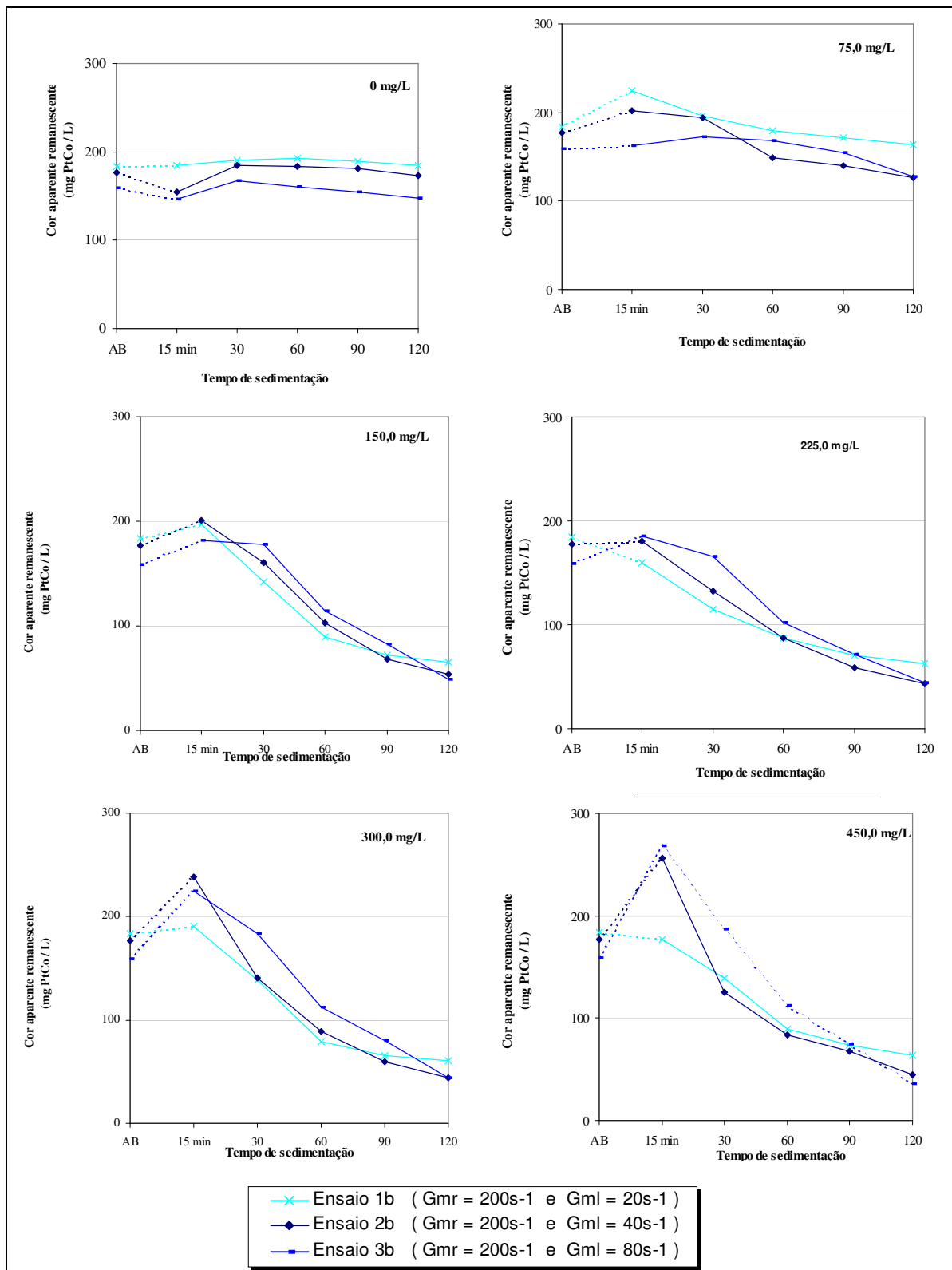


FIGURA B5.a - Curvas de remção de *cor* (série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3%, Gmr = 200s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 20min

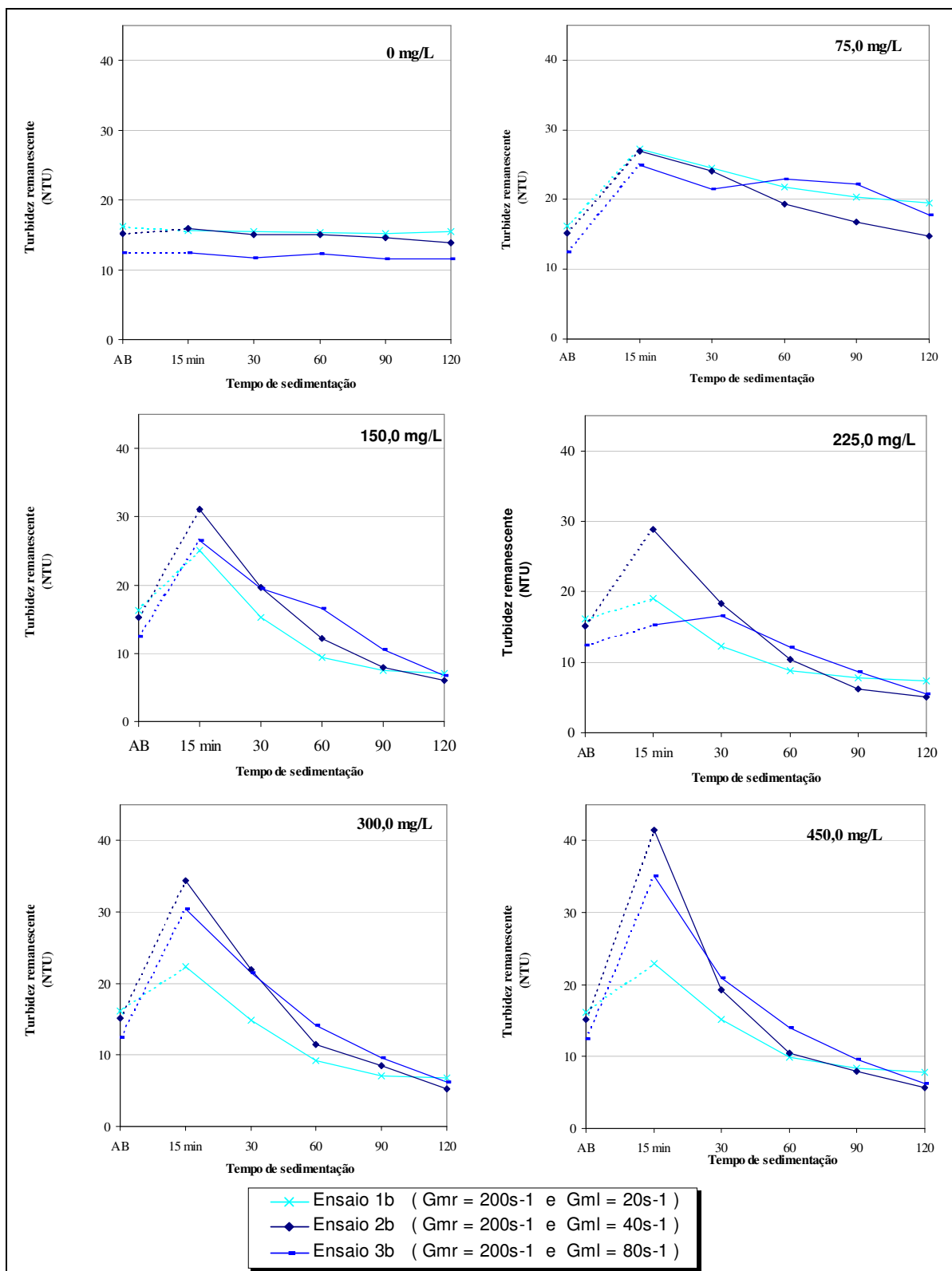


FIGURA B5.b - Curvas de remoção de turbidez (série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3%, Gmr = 200s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 20min

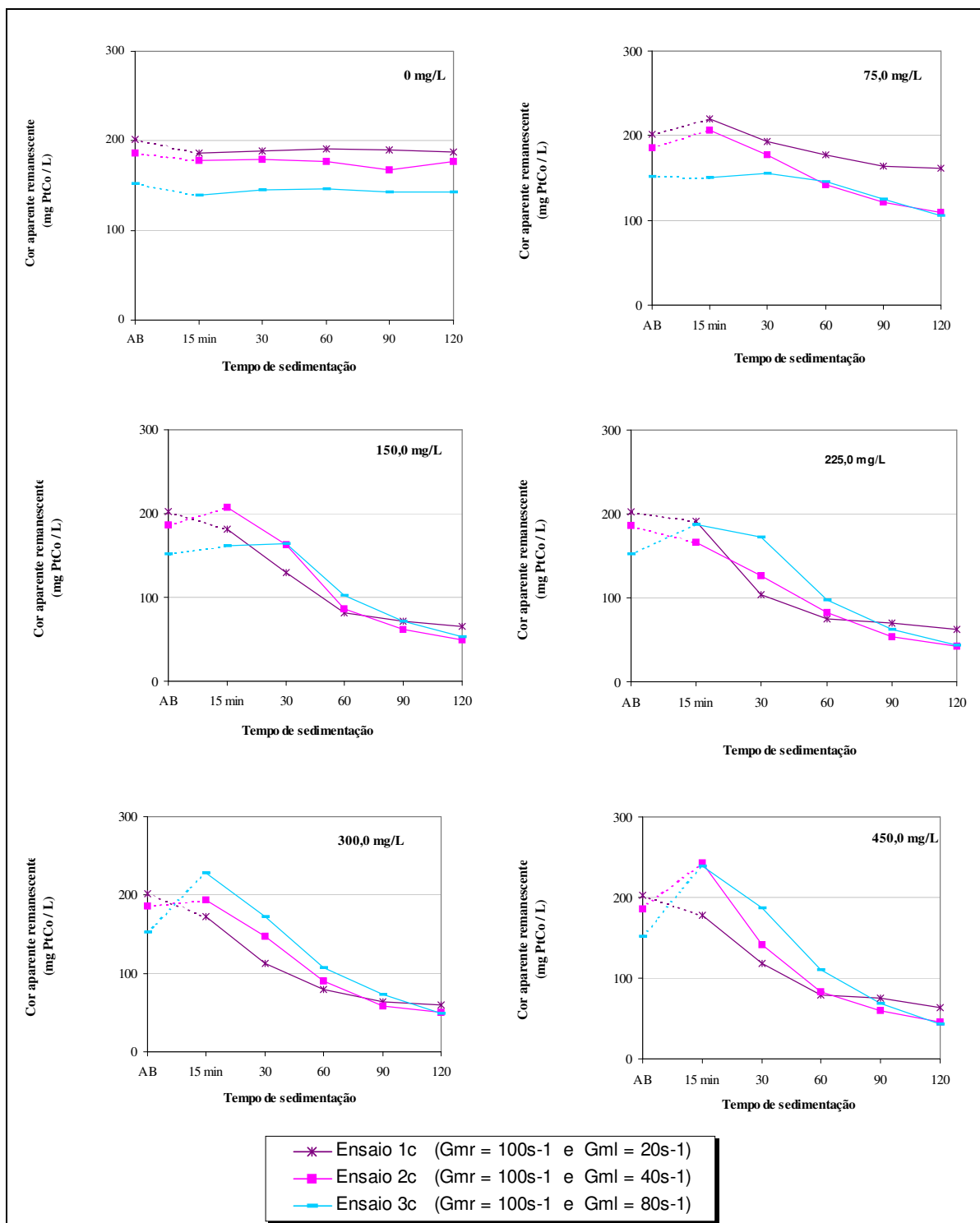


FIGURA B6.a - Curvas de remoção de *cor* (série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3%, Gmr = 100s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 20min

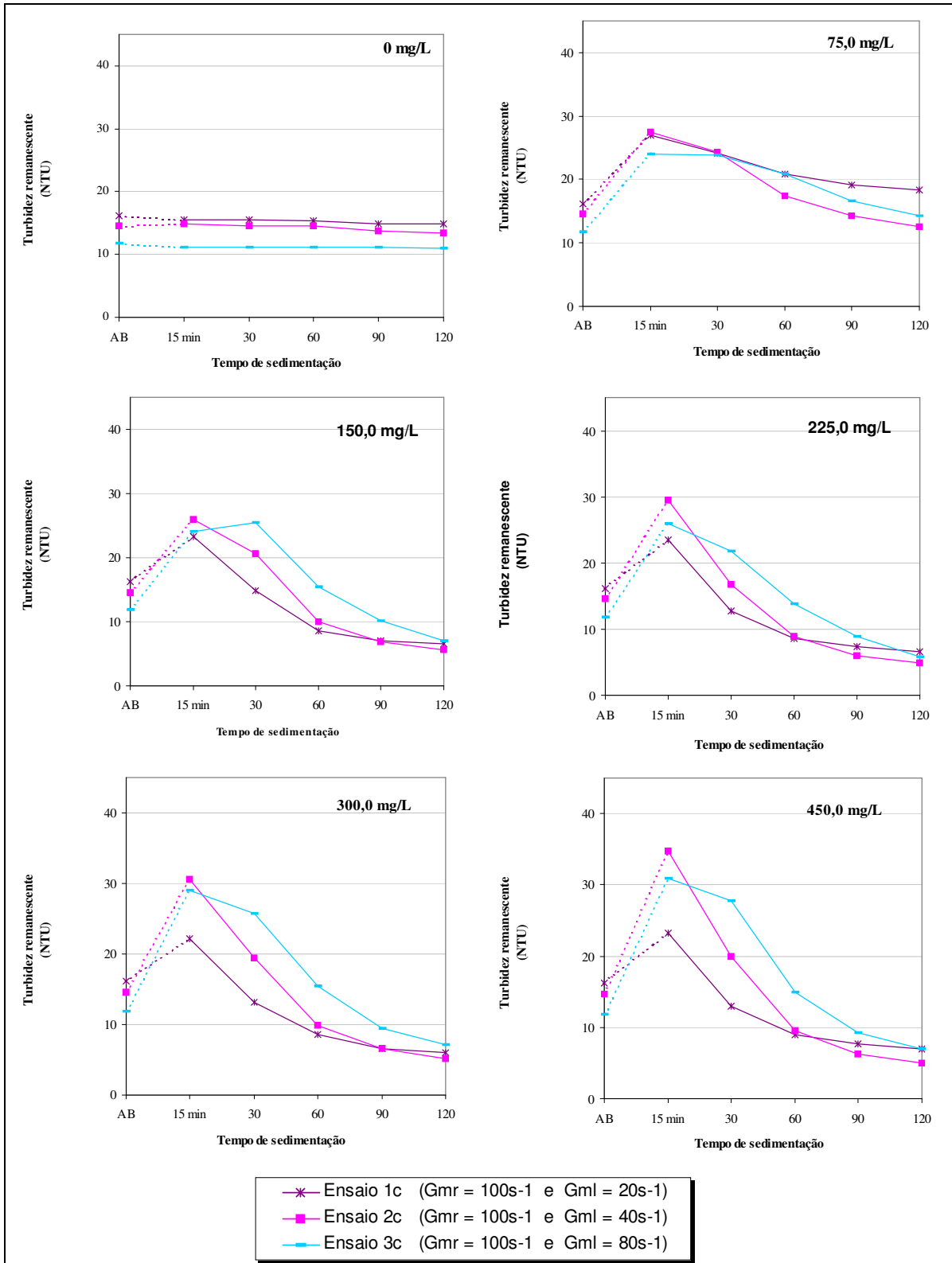


FIGURA B6.b - Curvas de remoção de turbidez (série II) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 3%, Gmr = 100s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 20min

SÉRIE III - Todos os ensaios desta série foram realizados com $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 5 min.$
As dosagens utilizadas ($C = 5.0\%$) foram: 75.0, 150.0, 225.0, 300 e 600 mg/L

A intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s^{-1})		Mistura Lenta		
		20	40	80
Mistura Rápida	400	1a	2a	3a
	200	1b	2b	3b
	100	1c	2c	3c

Série III - Ensaio 1a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s^{-1}	rpm		s^{-1}	rpm		
		400	230	60	20	35	5	
Características da água bruta		pH: 6,72			Turbidez: 14,6 NTU			
		Cor: 189 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS ($C= 5,0 \%$)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	30	27	27	27	36	
	Turbidez	---	2,4	3,5	3,2	2,7	3,5	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,79	6,82	6,77	6,66	6,79	6,73
		Cor aparente	162	176	203	217	241	273
		Turbidez	14,4	21,8	23,6	26,3	28,0	33,7
		Cond. elétrica	0,06	0,07	0,07	0,065	0,07	0,08
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	168	166	179	188	206	226
		Turbidez	14,8	20,0	21,0	22,3	25,2	27,2
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	186	135	130	144	144	174
		Turbidez	13,8	14,8	14,3	16,1	16,3	21,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	189	113	106	119	118	143
		Turbidez	13,6	11,9	11,7	13,0	12,8	15,9
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	158	94	93	108	103	126
		Turbidez	13,4	9,9	10,0	11,2	11,3	14,1

Série III - Ensaio 1b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	20	35	5	
Características da água bruta		pH: 7,03			Turbidez: 14,5 NTU			
		Cor: 160 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	21	20	26	29	36	
	Turbidez	---	2,3	2,5	2,8	3,1	3,2	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,86	6,88	6,82	6,84	6,88	6,82
		Cor aparente	169	194	209	211	228	285
		Turbidez	14,2	21,9	22,5	23,5	27,1	37,3
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	168	167	177	196	197	235
		Turbidez	13,6	19,3	19,8	22,7	23,5	29,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	187	136	137	154	150	189
		Turbidez	14,2	14,7	15,7	17,2	17,3	20,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	168	111	109	126	121	146
		Turbidez	13,6	12,0	12,1	14,0	13,7	16,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	168	91	92	101	97	115	
	Turbidez	13,3	10,4	10,3	11,9	11,8	14,7	

Série III - Ensaio 1c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	20	35	5	
Características da água bruta		pH: 6,97			Turbidez: 13,8 NTU			
		Cor: 173 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	84	17	---	20	25	30	
	Turbidez	7,3	2,0	---	2,3	3,2	3,5	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,82	6,91	6,73	6,81	6,93	6,80
		Cor aparente	151	182	198	222	229	273
		Turbidez	13,1	21,3	22,2	25,9	26,3	41,1
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	175	174	169	191	190	234
		Turbidez	13,3	19,8	20,6	23,4	23,4	30,4
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	170	138	132	151	148	182
		Turbidez	13,0	16,1	15,5	18,3	17,4	22,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	169	115	109	127	118	144
		Turbidez	12,9	12,8	12,6	13,9	13,3	17,3
Ts ₅ =120min	Cor aparente	170	96	87	100	95	115	
	Turbidez	12,7	10,7	10,6	11,4	10,6	14,3	

Série III - Ensaio 2a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	40	60	5	
Características da água bruta		pH: 6,94			Turbidez: 12,2 NTU			
		Cor: 143 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	27	27	24	21	31	
	Turbidez	---	2,6	3,0	2,7	2,2	3,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,83	6,83	6,79	6,66	6,76	6,91
		Cor aparente	155	177	200	213	217	289
		Turbidez	12,1	19,4	21,2	24,3	25,3	36,3
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	147	152	183	195	202	264
		Turbidez	11,6	17,2	18,9	21,5	23,4	31,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	150	137	160	166	173	211
		Turbidez	11,9	14,2	17,7	18,5	19,7	25,4
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	150	104	117	128	128	153
		Turbidez	11,8	10,4	12,5	13,6	14,7	18,8
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	148	83	90	96	100	121
		Turbidez	11,4	8,6	7,9	9,0	9,1	14,0

Série III - Ensaio 2b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	40	60	5	
Características da água bruta		pH: 6,76			Turbidez: 12,0 NTU			
		Cor: 155 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	17	15	17	22	27	
	Turbidez	---	2,0	1,7	2,2	2,2	3,2	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,86	6,67	6,95	6,79	6,73	6,79
		Cor aparente	147	170	191	207	208	255
		Turbidez	11,6	18,4	21,2	23,2	24,1	31,0
		Cond. elétrica	0,06	0,065	0,07	0,07	0,07	0,075
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	173	161	176	179	193	235
		Turbidez	11,4	17,4	20,0	21,3	23,6	30,2
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	169	133	150	155	164	199
		Turbidez	11,7	14,5	16,4	18,2	19,0	24,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	174	100	110	118	120	120
		Turbidez	11,3	10,7	12,7	12,7	13,6	16,3
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	159	81	80	87	89	104
		Turbidez	11,4	8,6	9,5	9,9	10,9	13,7

Série III - Ensaio 2c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	40	60	5	
Características da água bruta		pH: 6,89			Turbidez: 11,4 NTU			
		Cor: 156 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	13	23	23	26	34	
	Turbidez	---	1,6	2,7	3,1	3,4	4,1	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,91	6,82	6,84	6,77	6,82	6,77
		Cor aparente	144	169	191	210	248	312
		Turbidez	11,7	18,7	24,5	25,9	30,7	45,1
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	164	157	175	198	217	258
		Turbidez	12,0	17,6	21,5	24,6	28,6	36,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	161	136	143	151	164	181
		Turbidez	11,3	14,0	16,1	17,0	19,4	22,0
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	154	103	105	115	116	133
		Turbidez	11,4	10,3	11,7	12,3	13,8	17,0
Ts ₅ =120min	Cor aparente	148	85	81	90	88	106	
	Turbidez	11,1	8,9	9,4	10,5	10,7	13,7	

Série III - Ensaio 3a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	80	80	5	
Características da água bruta		pH: 6,95			Turbidez: 11,6 NTU			
		Cor: 153 mg/L PtCo			Condutividade: 0,07 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	13	17	19	20	24	
	Turbidez	---	1,8	2,01	2,3	2,3	2,7	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,08	6,87	6,89	6,97	6,98	6,95
		Cor aparente	144	160	186	204	218	285
		Turbidez	11,0	17,5	21,1	23,7	25,8	37,5
		Cond. elétrica	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	158	153	183	192	233	257
		Turbidez	10,8	17,2	20,2	22,3	25,6	35,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	151	123	160	158	183	214
		Turbidez	10,5	14,1	16,9	18,2	22,1	26,8
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	146	101	124	121	141	159
		Turbidez	10,2	11,0	13,9	14,9	16,6	21,0
Ts ₅ =120min	Cor aparente	134	73	87	89	102	117	
	Turbidez	10,1	7,12	9,4	10,2	13,1	17,6	

Série III - Ensaio 3b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	80	80	5	
Características da água bruta		pH: 6,75			Turbidez: 9,74 NTU			
		Cor: 132 mg PtCo / L			Condutividade: 0,07 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	9	13	14	17	18	
	Turbidez	---	1,3	2,0	2,2	2,5	3,5	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,77	6,82	6,73	6,77	6,85	6,87
		Cor aparente	130	161	181	200	212	263
		Turbidez	9,65	17,2	20,6	22,2	24,8	38,5
		Cond. elétrica	0,065	0,07	0,07	0,07	0,07	0,075
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	126	145	174	201	213	266
		Turbidez	9,6	16,3	20,4	20,5	23,8	36,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	140	131	152	161	186	214
		Turbidez	9,9	15,6	18,9	21,1	22,8	29,8
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	135	106	133	101	141	164
		Turbidez	9,6	12,1	15,9	15,2	18,7	25,2
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	126	77	85	86	93	108
		Turbidez	9,5	9,0	10,9	12,3	13,0	17,5

Série III - Ensaio 3c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	80	80	5	
Características da água bruta		pH: 6,71			Turbidez: 11,9 NTU			
		Cor: 139 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 5,0 %)		0 mg/L	75,0	150,0	225,0	300,0	600,0	
Filtração direta	Cor	---	12	11	14	15	21	
	Turbidez	---	1,6	1,9	2,5	2,4	3,3	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,95	6,98	6,90	6,93	6,93	6,80
		Cor aparente	127	147	168	174	195	238
		Turbidez	10,4	17,1	19,1	21,2	22,3	29,4
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,065	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	124	137	156	164	172	211
		Turbidez	10,3	14,8	16,7	18,7	19,6	24,5
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	141	123	145	155	166	191
		Turbidez	10,1	13,5	16,4	17,9	18,3	22,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	129	90	108	118	129	150
		Turbidez	9,8	10,3	13,3	13,7	15,1	19,0
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	130	68	73	78	86	96
		Turbidez	9,7	8,8	10,3	10,4	12,6	14,8

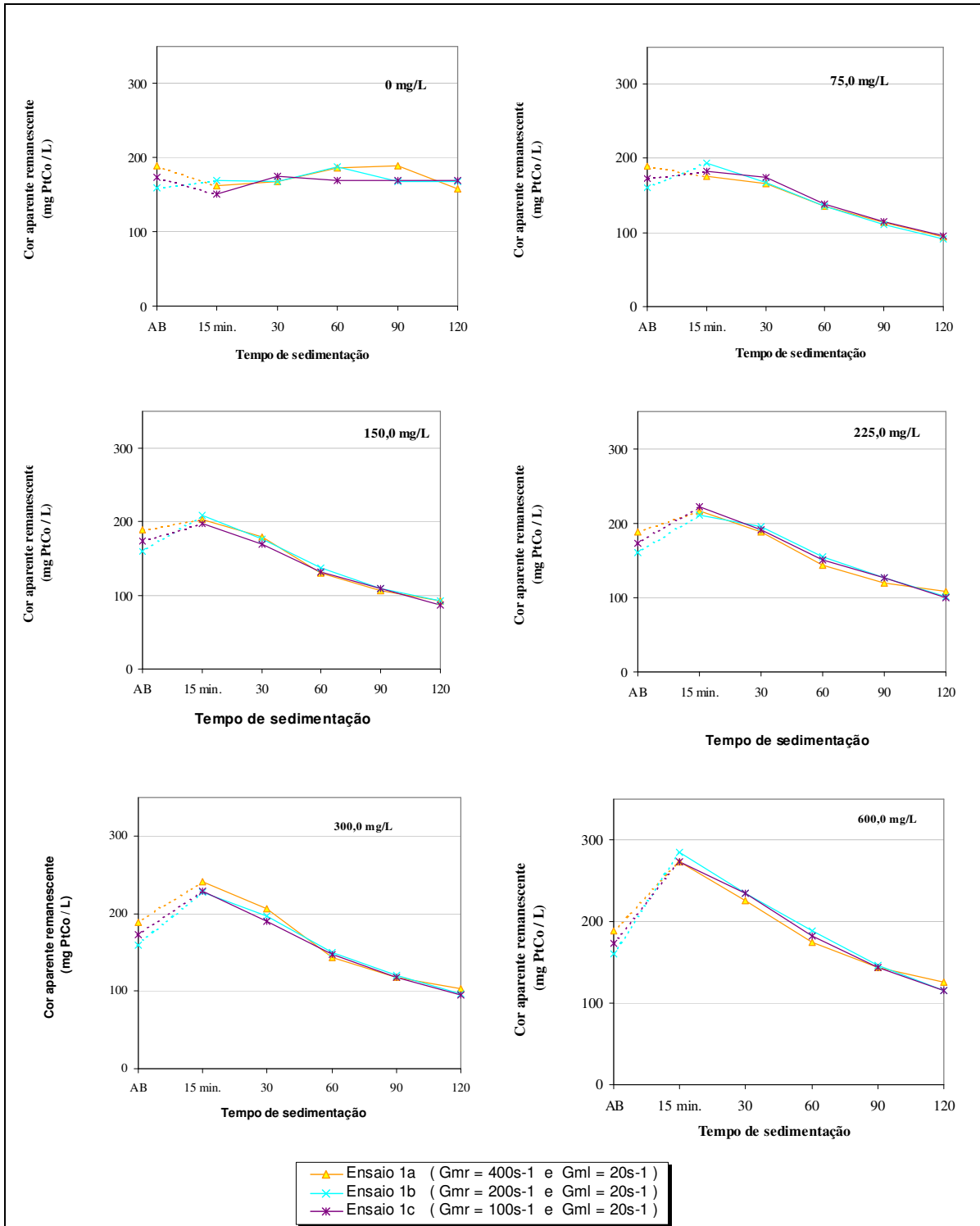


FIGURA C1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 5%, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 20s^{-1}$ e $T_{ml} = 5 min$

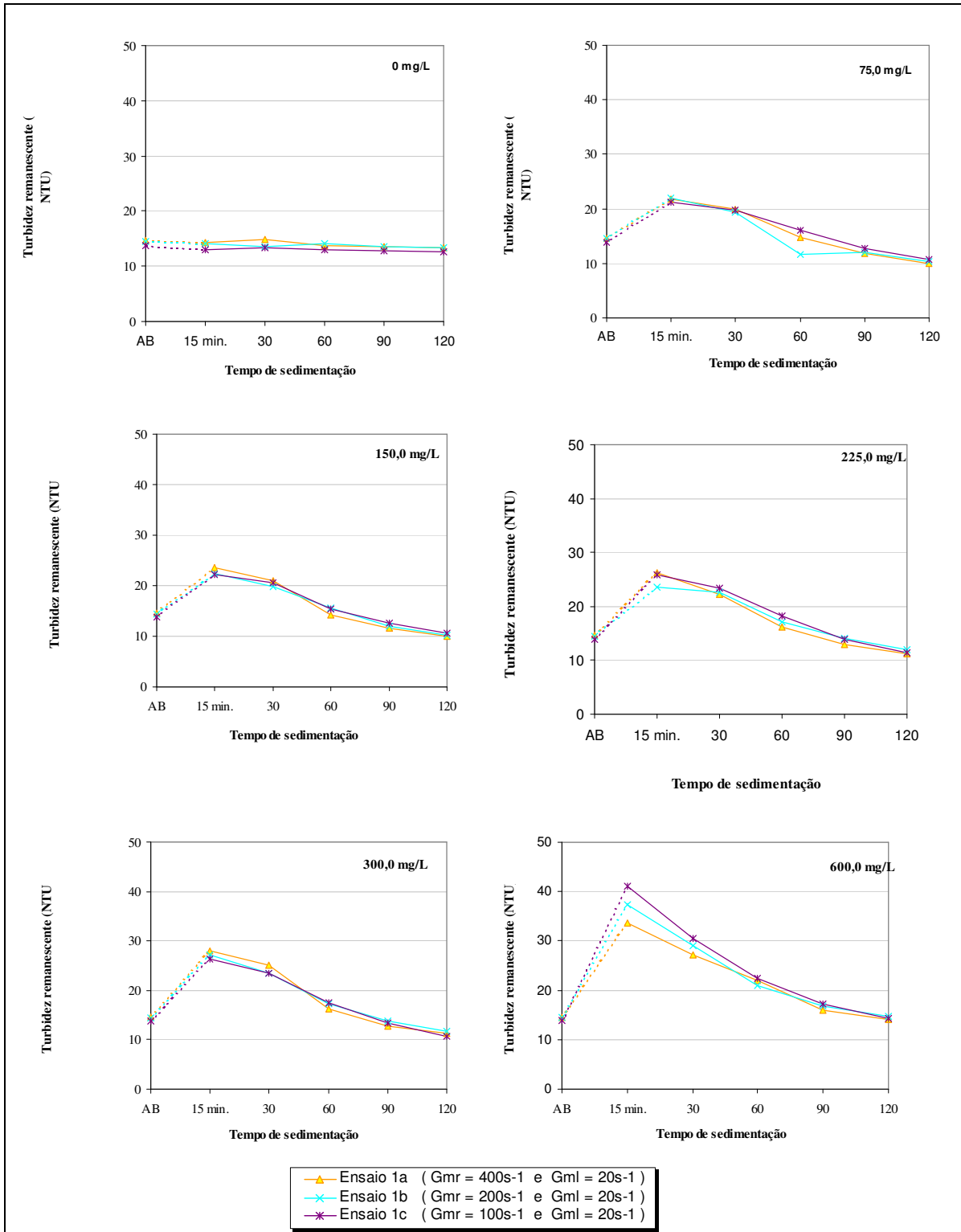


FIGURA C1.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 20s^{-1}$ e $T_{ml} = 5min$

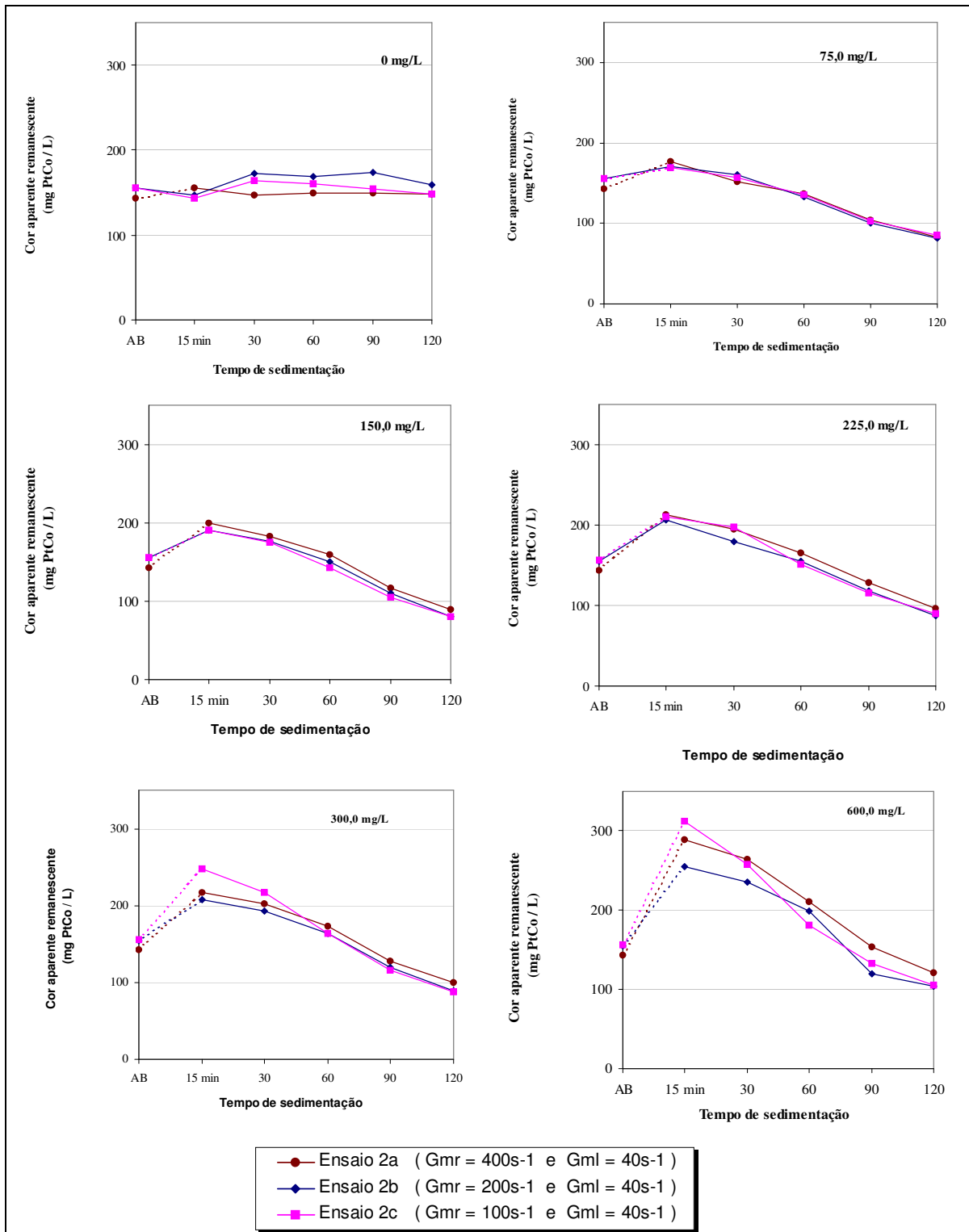


FIGURA C2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 5%, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 40s^{-1}$ e $T_{ml} = 5min$

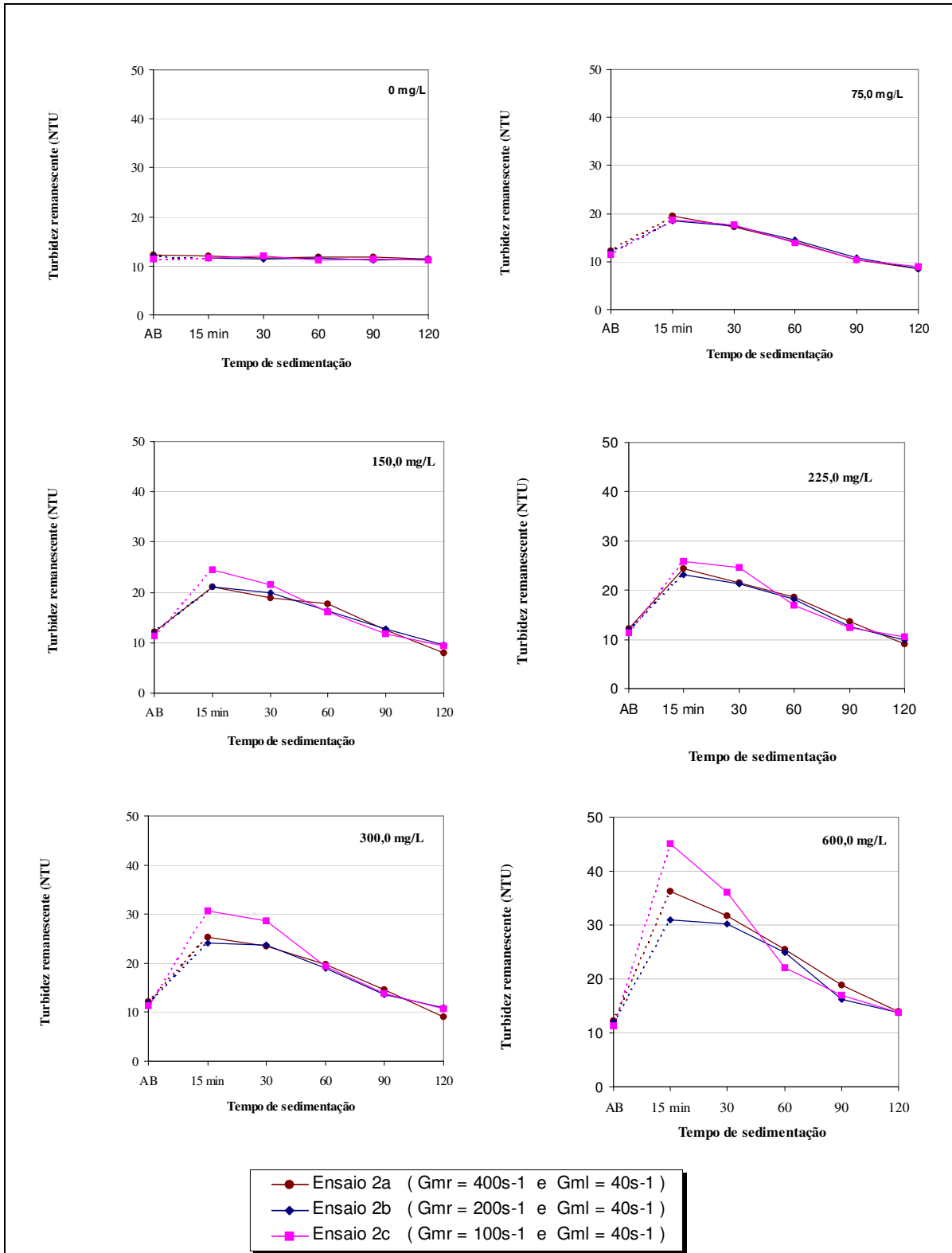


FIGURA C2.b - Curvas de remoção de turbidez (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 5%, T_{mr} = 60s, Gml = 40s⁻¹ e T_{ml} = 5min

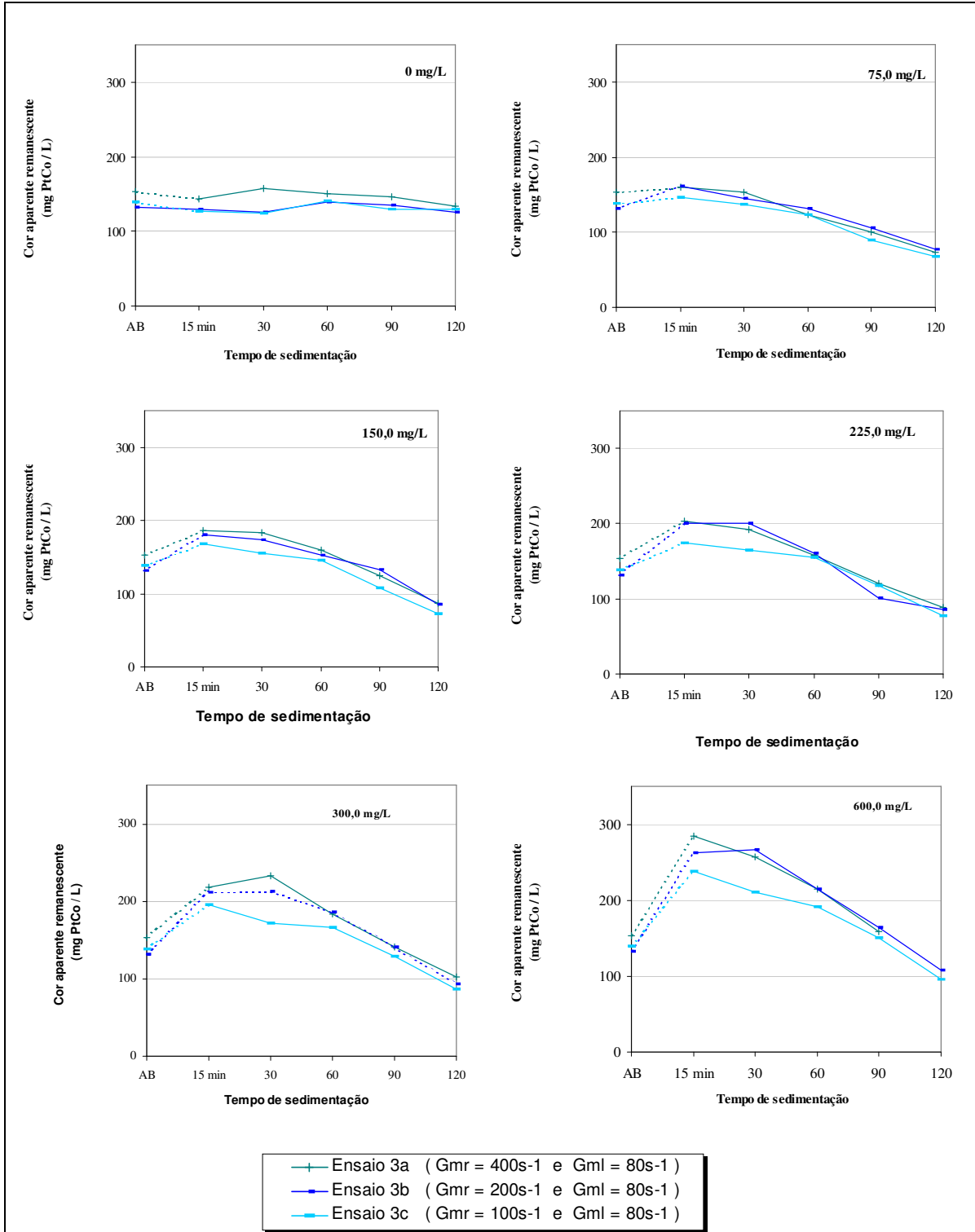


FIGURA C3.a - Curvas de remoção de *cor* (Série III 3) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 5%, **Tmr = 60s**, Gml = 80s⁻¹ e **Tml = 5min**

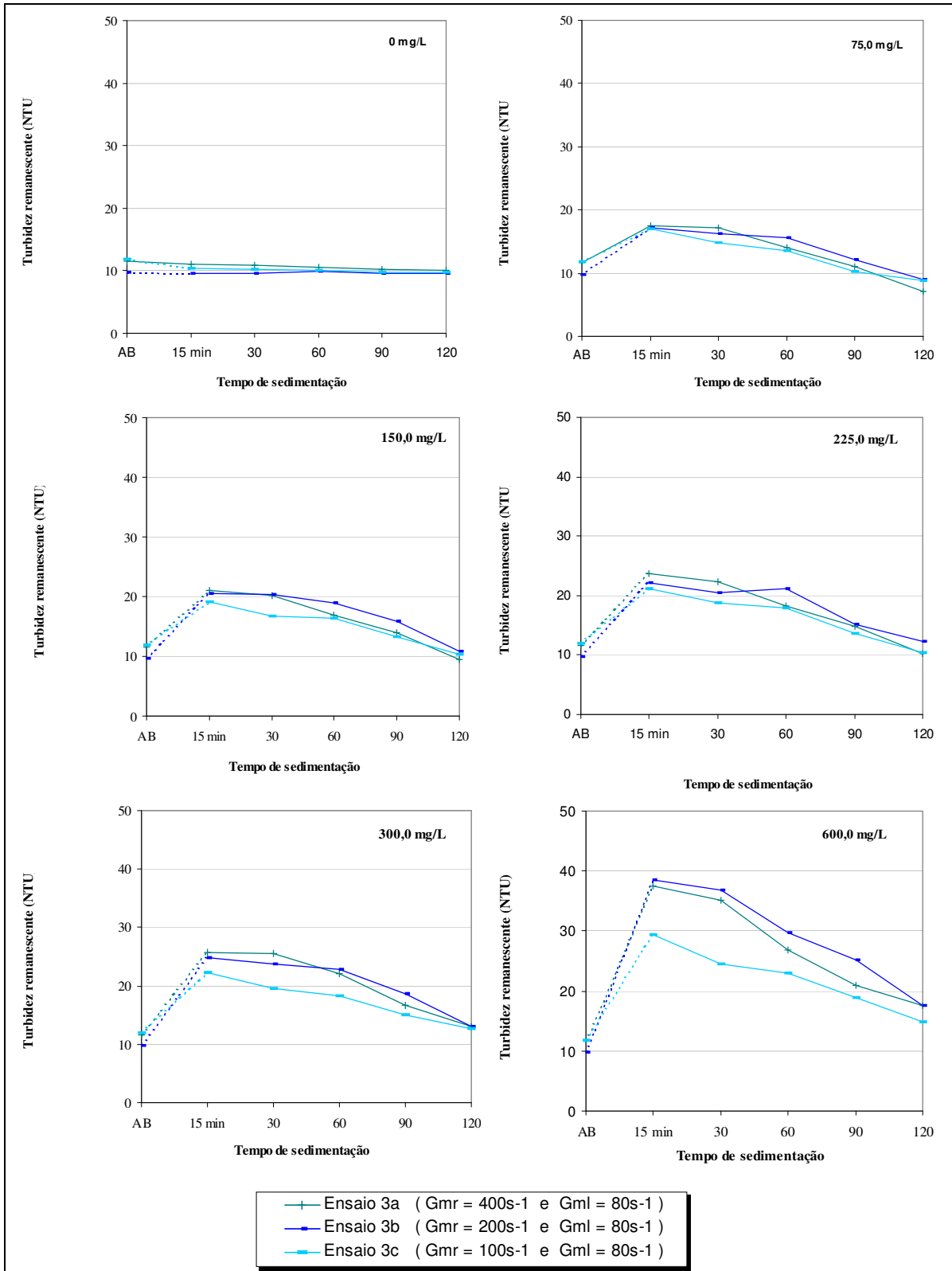


FIGURA C3.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série III) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 5%, Tmr = 60s, Gml = 80s⁻¹ e Tml = 5min

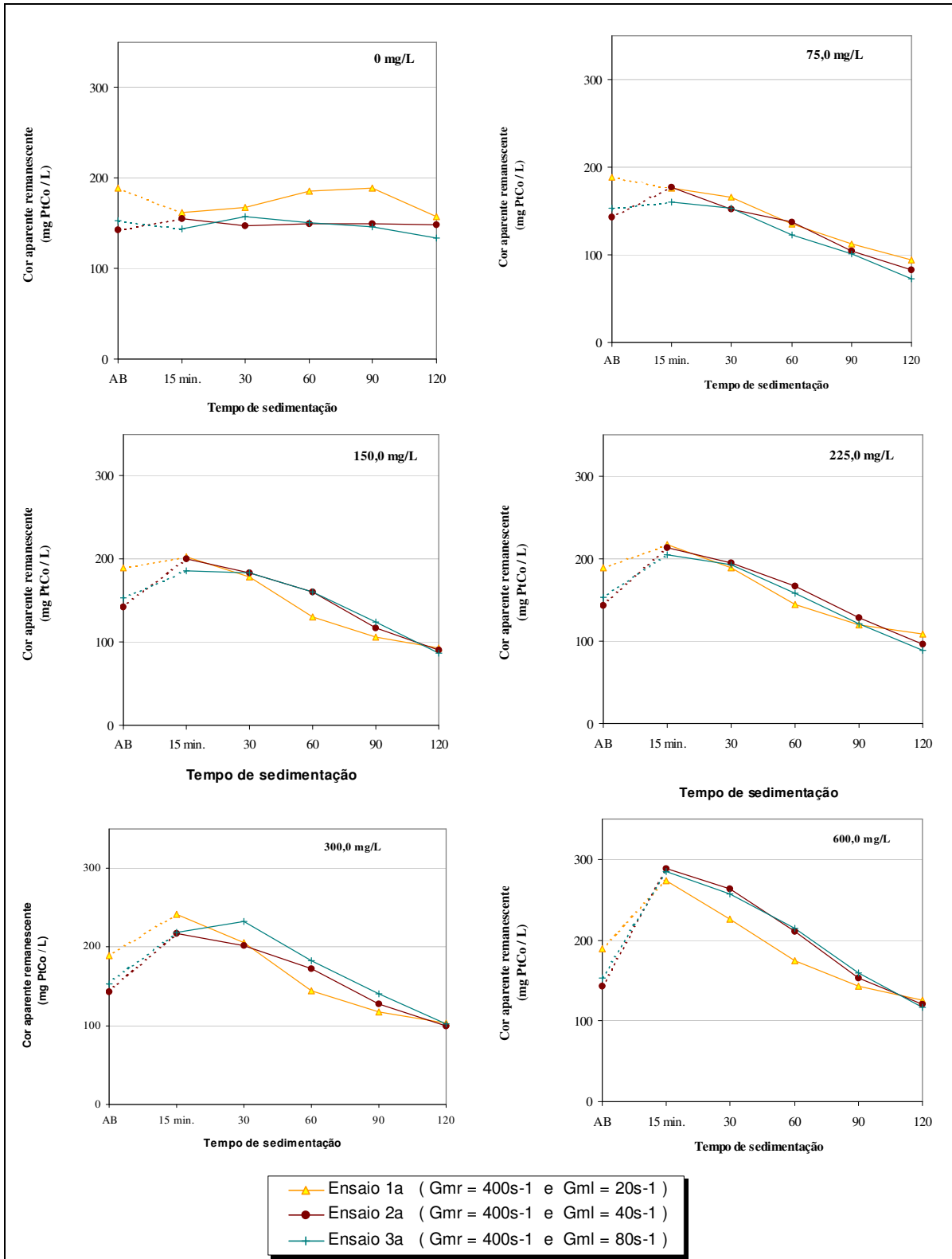


FIGURA C4.a - Curvas de *cor* remanescente (série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml:
 $C = 5\%$, $G_{mr} = 400s^{-1}$, $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 5min$

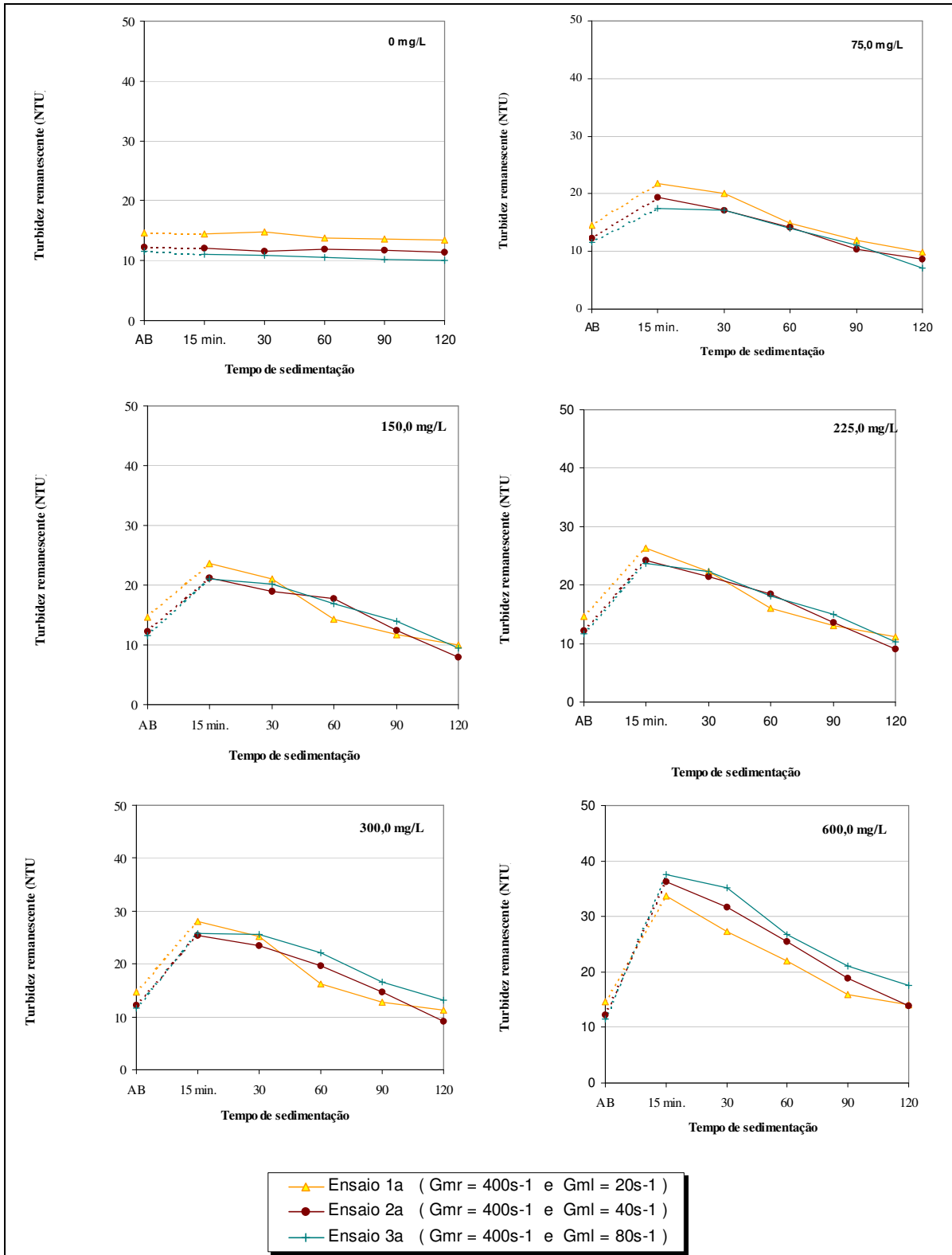


FIGURA C4.b - Curvas de *turbidez* remanescente (série III) em função do tempo de sedimentação e do G_{ml}: C = 5%, G_{mr} = 400s⁻¹, T_{mr} = 60s e T_{ml} = 5min

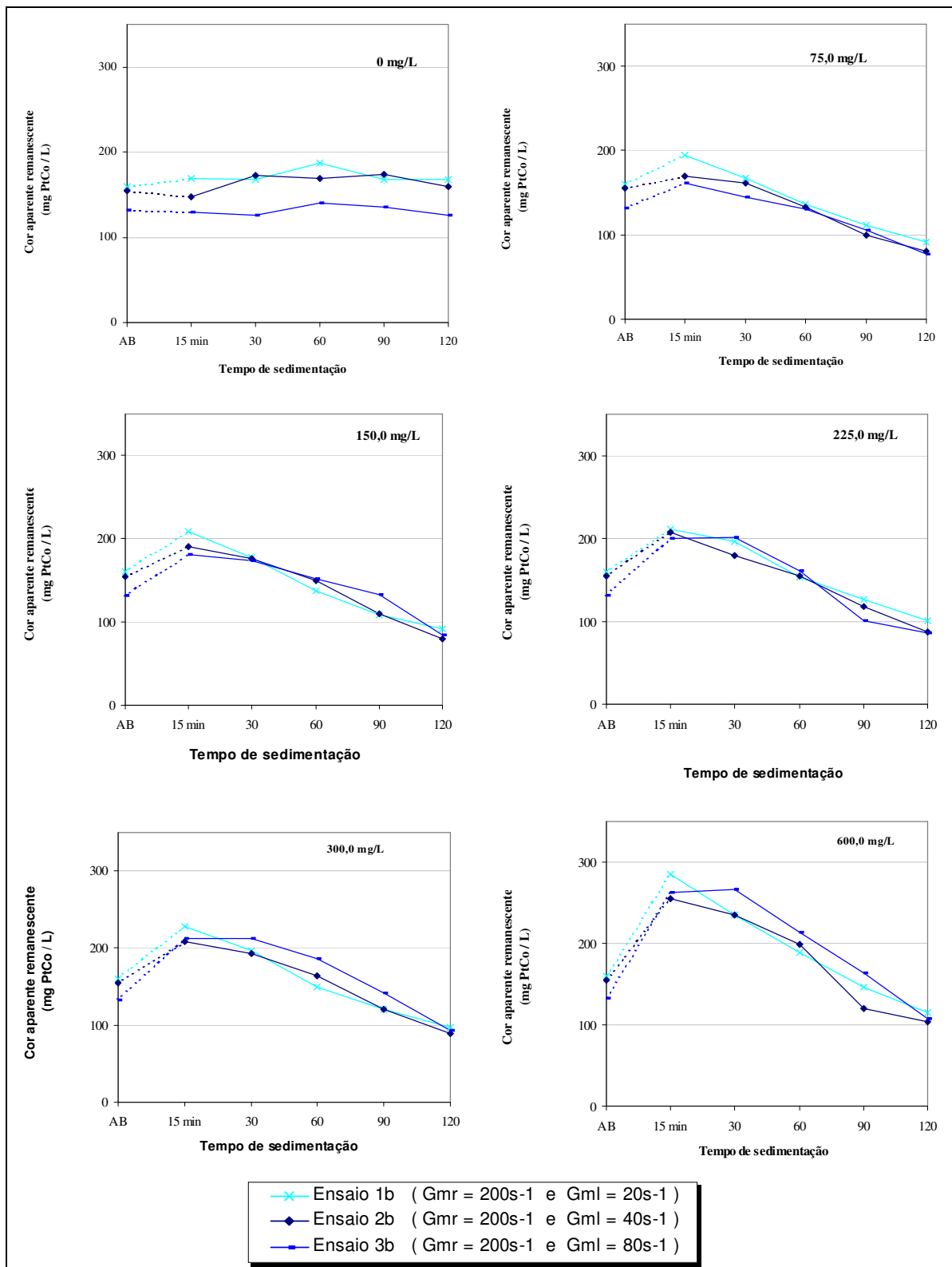


FIGURA C5.a - Curvas de *cor* remanescente (série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 200s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 5min

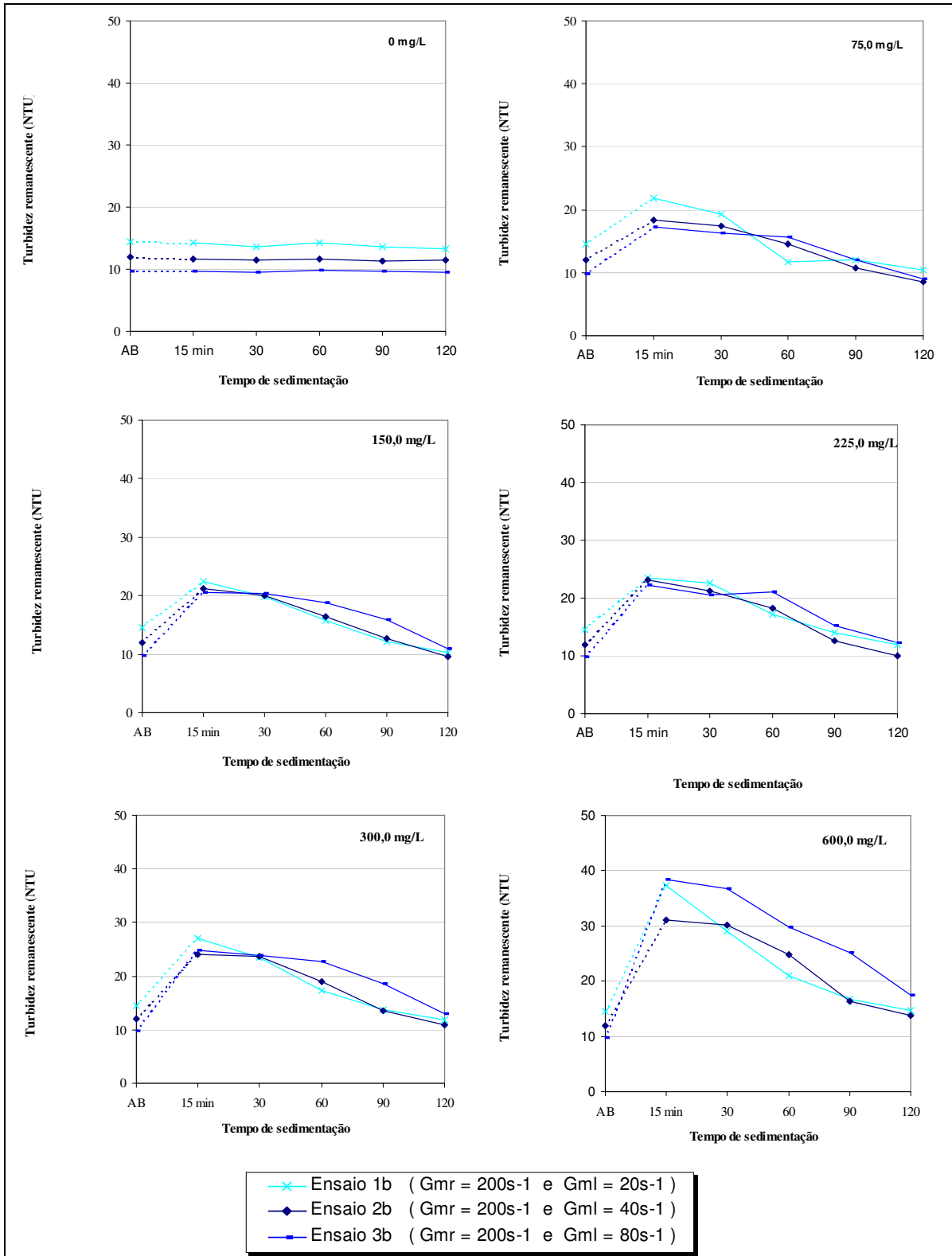


FIGURA C5.b - Curvas de *turbidez* remanescente (série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 200s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 5min

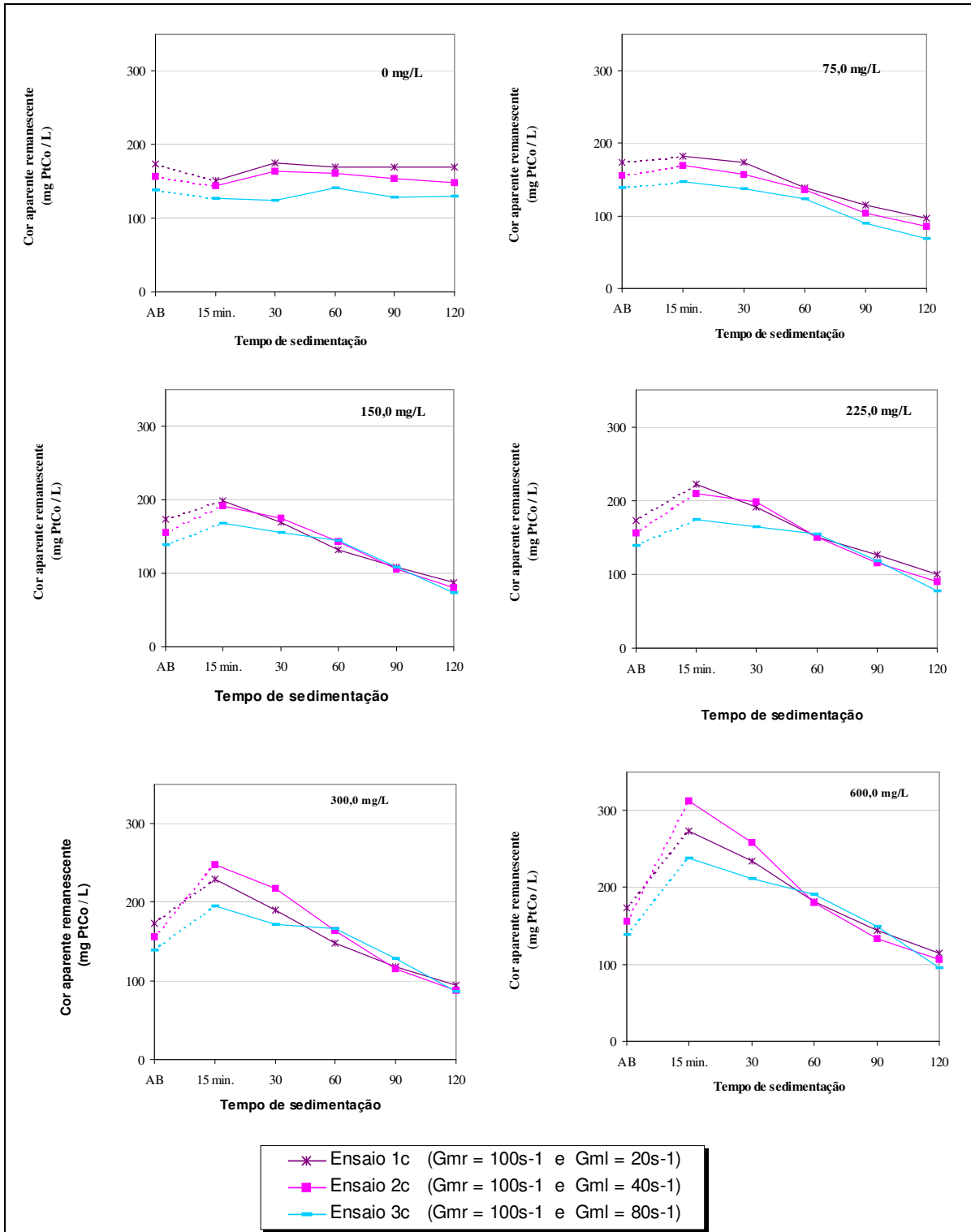


FIGURA C6.a - Curvas de *cor* remanescente (série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 100s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 5min

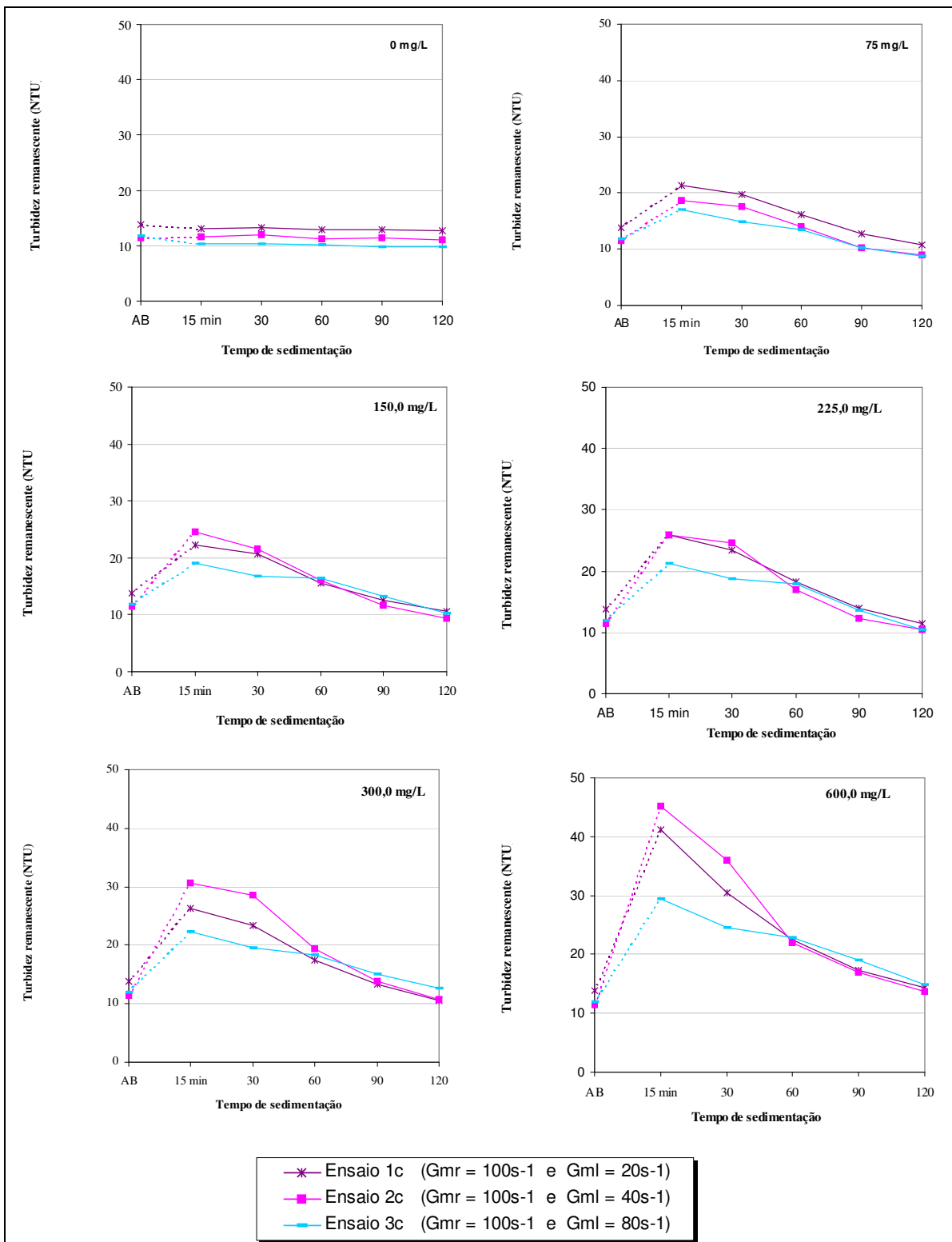


FIGURA C6.b - Curvas de turbidez remanescente (série III) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 5%, Gmr = 100s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 5min

SÉRIE IV - Todos os ensaios desta série foram realizados com $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 15 min.$
As dosagens utilizadas ($C = 7.5\%$) foram: 37.5, 75.0, 150.0, 300 e 600 mg/L

A intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s^{-1})		Mistura Lenta		
		20	40	80
Mistura Rápida	400	1a	2a	3a
	200	1b	2b	3b
	100	1c	2c	3c

Série IV - Ensaio 1a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s^{-1}	rpm		s^{-1}	rpm		
		400	230	60	20	35	15	
Características da água bruta		pH: 6,83			Turbidez: 27,4 NTU			
		Cor: 317 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS ($C = 7,5\%$)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D.	Cor (filt. rápida)	257	25	60	103	205	229	
	Turbidez (filt. ")	19,9	2,6	3,4	8,2	17,2	21,9	
	(filt. média)	24,1	2,5	9,1	15,9	23,1	26,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,81	6,90	6,85	6,80	6,82	6,81
		Cor aparente	307	247	288	352	452	543
		Turbidez	27,0	25,4	30,5	38,8	51,2	65,7
		Cond. elétrica	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	312	148	183	284	404	463
		Turbidez	27,1	14,3	19,5	31,4	47,7	57,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	344	75	93	234	341	395
		Turbidez	27,3	7,2	10,0	24,9	37,2	44,1
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	315	55	66	212	317	368
		Turbidez	26,9	4,8	7,2	23,3	34,7	40,8
Ts ₅ = 120min	Cor aparente	330	48	56	208	306	353	
	Turbidez	26,4	3,8	5,7	22,3	33,6	40,0	

ANEXO D

Série IV - Ensaio 1b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	20	35	15	
Características da água bruta		pH: 6,96			Turbidez: 22,7			
		Cor: 259 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D.	Cor (filt. rápida)	---	34	22	77	182	218	
	Turbidez (filt. ")	---	2,1	2,1	5,7	16,0	19,2	
	(filt. média)	---	3,8	3,1	9,7	20,6	24,9	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,86	6,94	6,93	6,87	6,90	6,78
		Cor aparente	278	203	240	305	398	470
		Turbidez	23,2	20,4	26,1	33,5	51,6	64,6
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	306	123	153	235	362	434
		Turbidez	23,4	12,4	16,2	25,4	42,0	53,3
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	286	71	78	187	305	361
		Turbidez	22,7	6,51	8,13	20,0	33,5	42,4
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	290	60	56	172	288	338
		Turbidez	22,8	5,0	5,9	18,4	31,6	38,4
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	280	47	46	164	274	320
		Turbidez	22,2	4,0	4,8	17,6	30,6	38,6

Série IV - Ensaio 1c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	20	35	15	
Características da água bruta		pH: 6,93			Turbidez: 22,7 NTU			
		Cor: 270 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D.	Cor (filt. rápida)	---	22	38	81	184	233	
	Turbidez (filt. ")	---	1,0	2,0	6,8	13,8	19,1	
	(filt. média)	---	3,03	5,0	9,2	20,3	24,6	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,83	6,93	6,88	6,85	6,92	6,78
		Cor aparente	262	161	236	249	383	448
		Turbidez	22,3	16,4	25,8	26,5	46,5	56,5
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	294	106	138	195	345	414
		Turbidez	22,1	10,0	14,4	24,4	37,8	46,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	275	65	72	164	311	375
		Turbidez	22,1	5,9	8,0	18,1	34	41,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	275	50	52	149	280	345
		Turbidez	21,5	4,5	5,4	16,2	30,6	38,2
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	281	47	44	139	265	320
		Turbidez	21,3	3,8	4,8	15,3	29,2	37,1

ANEXO D

Série IV - Ensaio 2a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	40	60	15	
Características da água bruta		pH: 6,96			Turbidez: 22,1 NTU			
		Cor: 290 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D.	Cor (filt. rápida)	---	27	26	72	141	183	
	Turbidez (filt. ")	---	1,4	1,5	6,3	14,1	14,0	
	(filt. média)	---	4,1	4,2	9,2	16,6	20,7	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,87	6,92	6,89	6,84	6,87	6,81
		Cor aparente	278	237	278	308	395	487
		Turbidez	21,5	24,7	30,0	34,8	47,7	64,7
		Cond. elétrica	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	254	164	200	240	341	411
		Turbidez	21,3	16,9	23,0	27,3	41,4	57,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	264	104	116	184	299	354
		Turbidez	21,2	10,1	12,9	20,1	33,9	41,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	259	58	67	146	249	300
		Turbidez	20,9	5,5	7,5	16,1	28,2	35,9
Ts ₅ =120min	Cor aparente	264	48	45	131	226	281	
	Turbidez	20,5	3,9	5,3	14,4	25,9	33,3	

Série IV - Ensaio 2b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	40	60	15	
Características da água bruta		pH: 7,24			Turbidez: 16,1 NTU			
		Cor: 182 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D.	Cor (filt. rápida)	---	28	36	66	149	182	
	Turbidez (filt. ")	---	1,8	2,0	5,6	12,8	16,1	
	(filt. média)	---	4,5	4,5	8,1	17,1	22,1	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,94	6,81	6,94	6,95	6,80	6,85
		Cor aparente	253	243	246	292	396	464
		Turbidez	20,6	24,5	27,3	31,4	46,4	58,0
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	288	176	200	226	347	426
		Turbidez	21,1	17,3	21,2	26,2	41,9	56,3
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	271	90	100	167	289	340
		Turbidez	21,6	8,7	10,9	18,7	33,2	41,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	269	60	63	139	256	310
		Turbidez	20,8	5,5	6,9	15,6	28,9	35,9
Ts ₅ =120min	Cor aparente	255	44	46	129	234	284	
	Turbidez	21,0	3,7	5,1	14,2	26,2	33,1	

ANEXO D

Série IV - Ensaio 2c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	40	60	15	
Características da água bruta		pH: 7,05			Turbidez: 19,6 NTU			
		Cor: 265 mg PtCo / L			Condutividade: 0,05 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D. Cor (filt. rápida)		200	29	23	88	179	221	
Turbidez (filt. ")		17,2	2,8	2,5	12,4	19,9	23,7	
(filt. média)		---	1,3	1,3	---	---	---	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,86	6,88	6,9	6,96	6,81	6,68
		Cor aparente	244	201	232	299	359	473
		Turbidez	19,2	20,3	23,7	32,8	41,3	55,9
		Cond. elétrica	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	273	144	173	226	338	420
		Turbidez	19,5	14,4	17,3	24,6	38,0	50,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	247	71	84	180	296	369
		Turbidez	19,3	6,9	9,0	19,4	34,1	41,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	262	57	59	164	281	340
		Turbidez	19,1	4,6	6,4	17,5	30,5	38,4
Ts ₅ =120min	Cor aparente	257	37	38	142	250	302	
	Turbidez	18,8	3,3	4,9	15,7	29,2	37,5	

Série IV - Ensaio 3a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	80	80	15	
Características da água bruta		pH: 6,92			Turbidez: 20,2 NTU			
		Cor: 229 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D. Cor (filt. rápida)		214	51	29	73	144	206	
Turbidez (filt. ")		18,0	3,7	4,8	9,6	17,0	23,9	
(filt. média)		---	1,63	2,19	---	---	---	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,86	6,87	6,94	6,87	6,90	6,75
		Cor aparente	266	244	269	298	374	540
		Turbidez	20,2	24,8	28,5	34,1	45,4	60,8
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	238	218	241	265	351	424
		Turbidez	19,9	21,9	25,7	30,7	42,4	50,4
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	250	134	144	188	299	356
		Turbidez	19,7	13,4	16,2	20,9	35,4	42,4
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	246	78	89	148	266	320
		Turbidez	19,6	7,51	10,0	16,5	31,2	38,3
Ts ₅ =120min	Cor aparente	269	53	51	126	232	288	
	Turbidez	19,6	5,3	6,9	14,4	27,3	35,4	

Série IV- Ensaio 3b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	80	80	15	
Características da água bruta		pH: 7,05			Turbidez: 19,0 NTU			
		Cor: 256 mg PtCo / L			Condutividade: 0,055 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D. Cor (filt. rápida)		196	27	22	79	157	209	
Turbidez (filt. ")		16,8	2,0	2,3	7,7	17,6	23,2	
(filt. média)		---	2,2	2,6	---	---	---	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,79	6,95	6,87	6,85	6,74	6,80
		Cor aparente	226	211	232	282	345	416
		Turbidez	18,8	22,4	26,8	34,1	43,3	62,3
		Cond. elétrica	0,05	0,05	0,055	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	260	174	222	263	328	412
		Turbidez	18,9	18,3	25,3	31,3	43,4	57,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	238	97	122	174	278	338
		Turbidez	16,9	10,3	13,6	20,6	17,4	22,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	240	69	79	145	253	320
		Turbidez	18,7	7,3	9,3	17,2	30,9	41,0
Ts ₅ =120min	Cor aparente	223	51	49	124	224	289	
	Turbidez	18,5	4,7	5,5	13,8	26,4	34,5	

Série IV - Ensaio 3c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de velocidade		Tempo de agitação s	Gradiente de velocidade		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	80	80	15	
Características da água bruta		pH: 6,92			Turbidez: 20,3 NTU			
		Cor: 229 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 7,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	300,0	600,0	
F. D. Cor (filt. rápida)		193	18	14	49	124	183	
Turbidez (filt. ")		17	2,9	4,4	7,6	17,6	---	
(filt. média)		---	1,6	1,5	---	---	---	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,02	6,92	6,91	6,7	7,0	6,8
		Cor aparente	219	202	243	275	343	429
		Turbidez	19,5	21,7	26,1	32,4	44,0	57,6
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	255	169	231	194	323	389
		Turbidez	19,0	19,1	23,6	29,2	42,5	51,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	235	97	116	152	259	327
		Turbidez	19,1	9,1	13,8	19,6	31,8	41,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	237	59	63	126	217	287
		Turbidez	18,4	6,0	8,2	14,2	26,4	35,3
Ts ₅ =120min	Cor aparente	234	39	39	101	194	259	
	Turbidez	18,2	4,2	5,1	4,2	23,9	32,3	

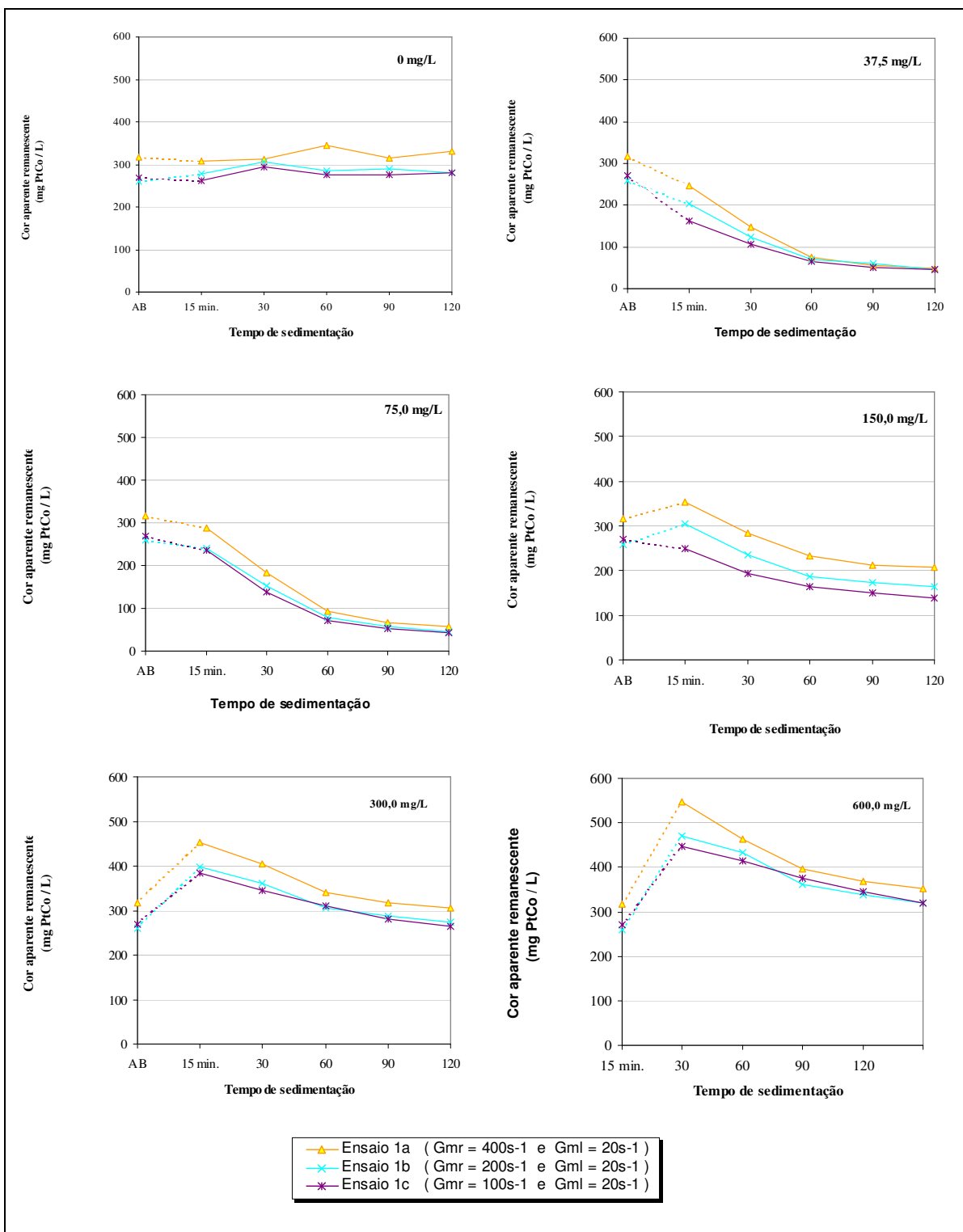


FIGURA D1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s⁻¹ e Tml = 15min

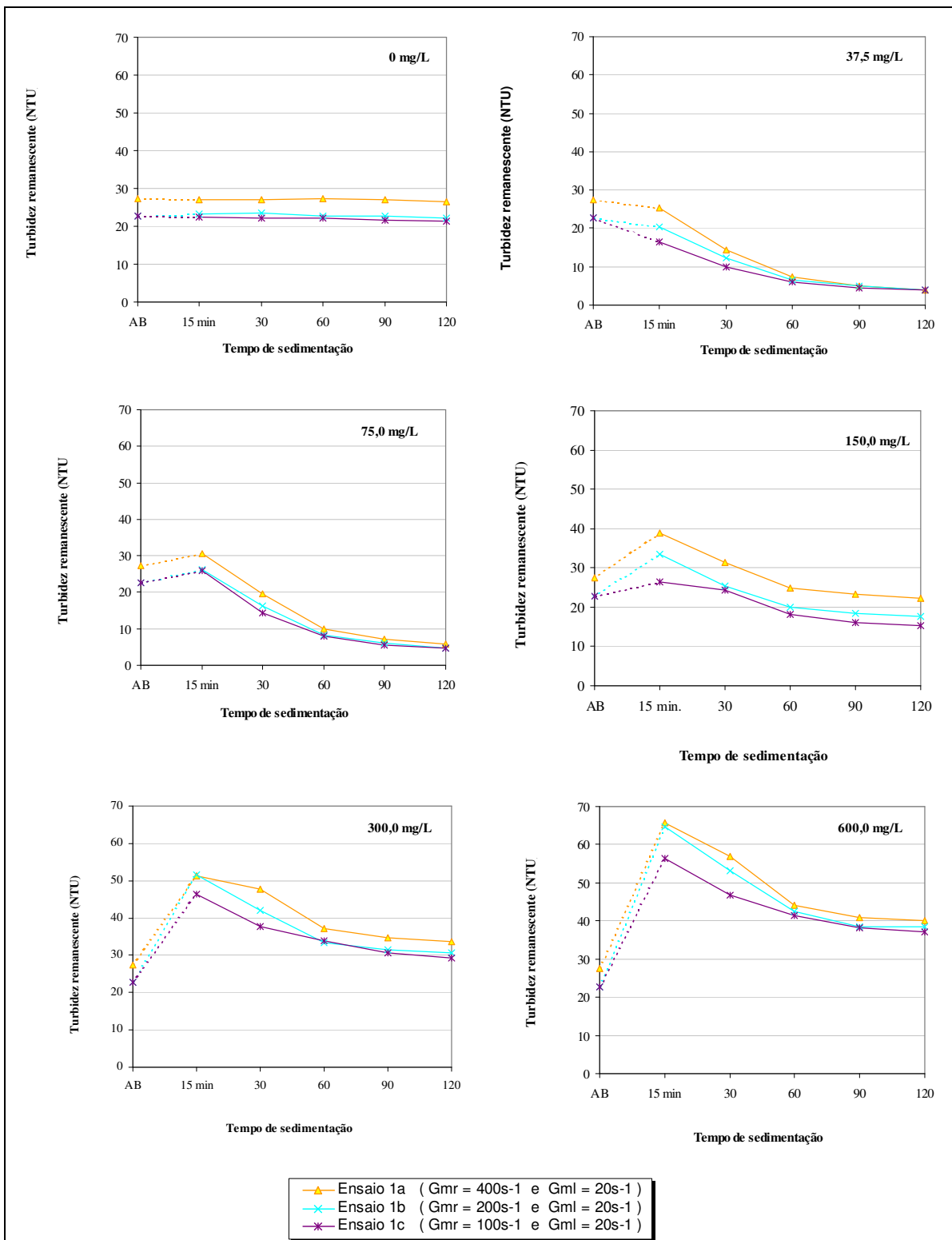


FIGURA D1.b - Curvas de remoção de turbidez (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 20s⁻¹ e Tml = 15min

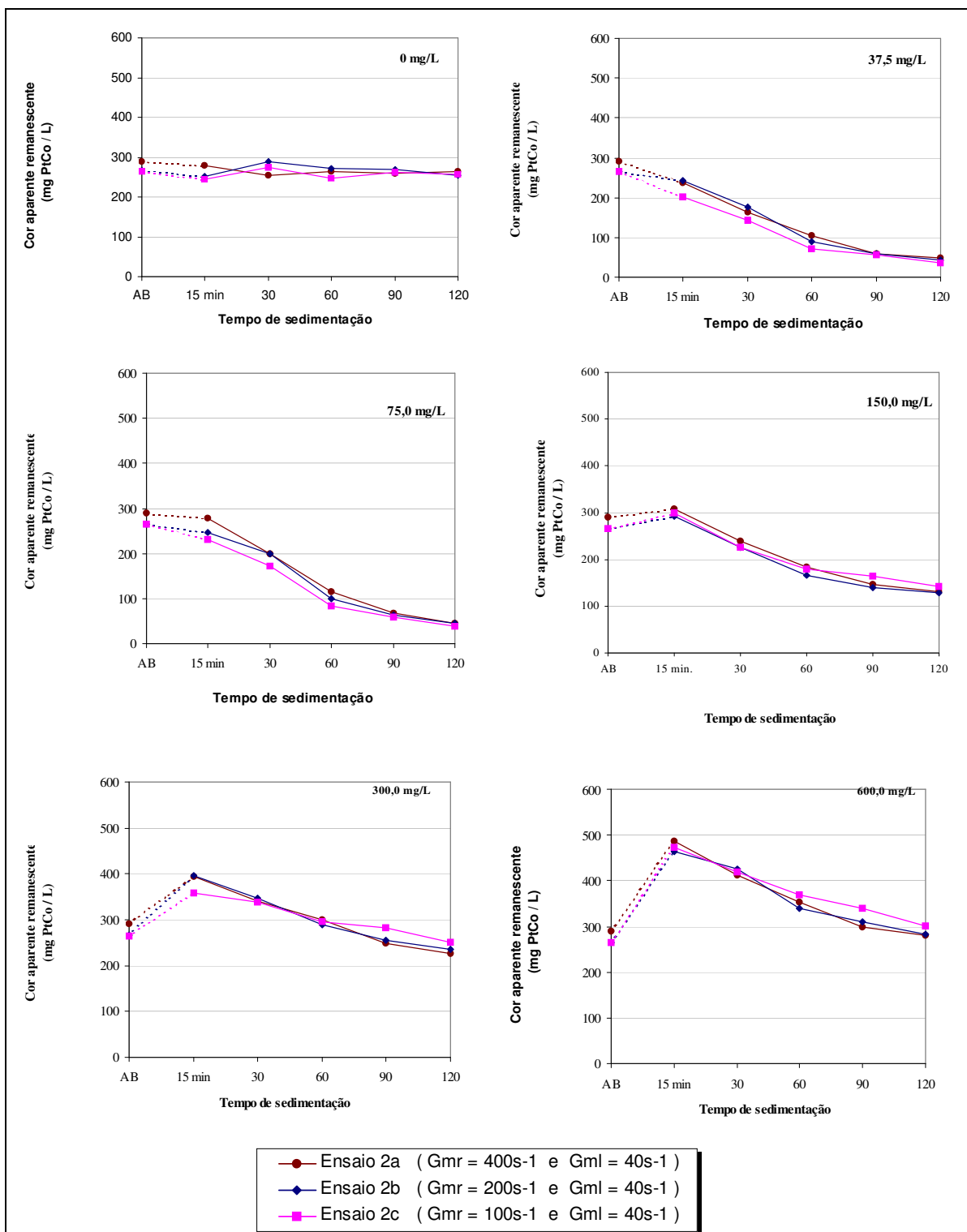


FIGURA D2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 7.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 40s^{-1}$ e $T_{ml} = 15min$

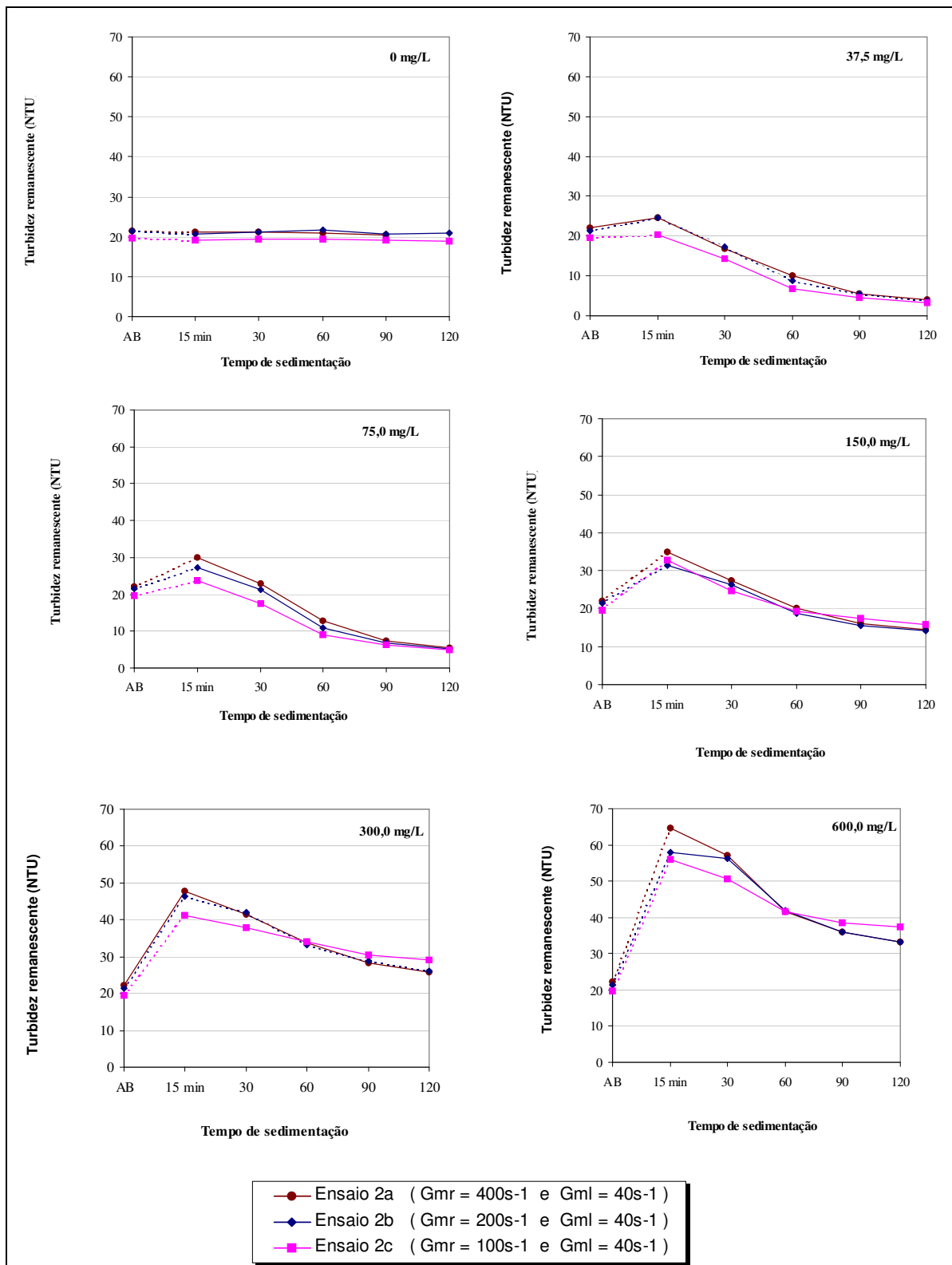


FIGURA D2.b - Curvas de remoção de turbidez (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: $C = 7.5\%$, $T_{mr} = 60s$, $G_{ml} = 40s^{-1}$ e $T_{ml} = 15min$

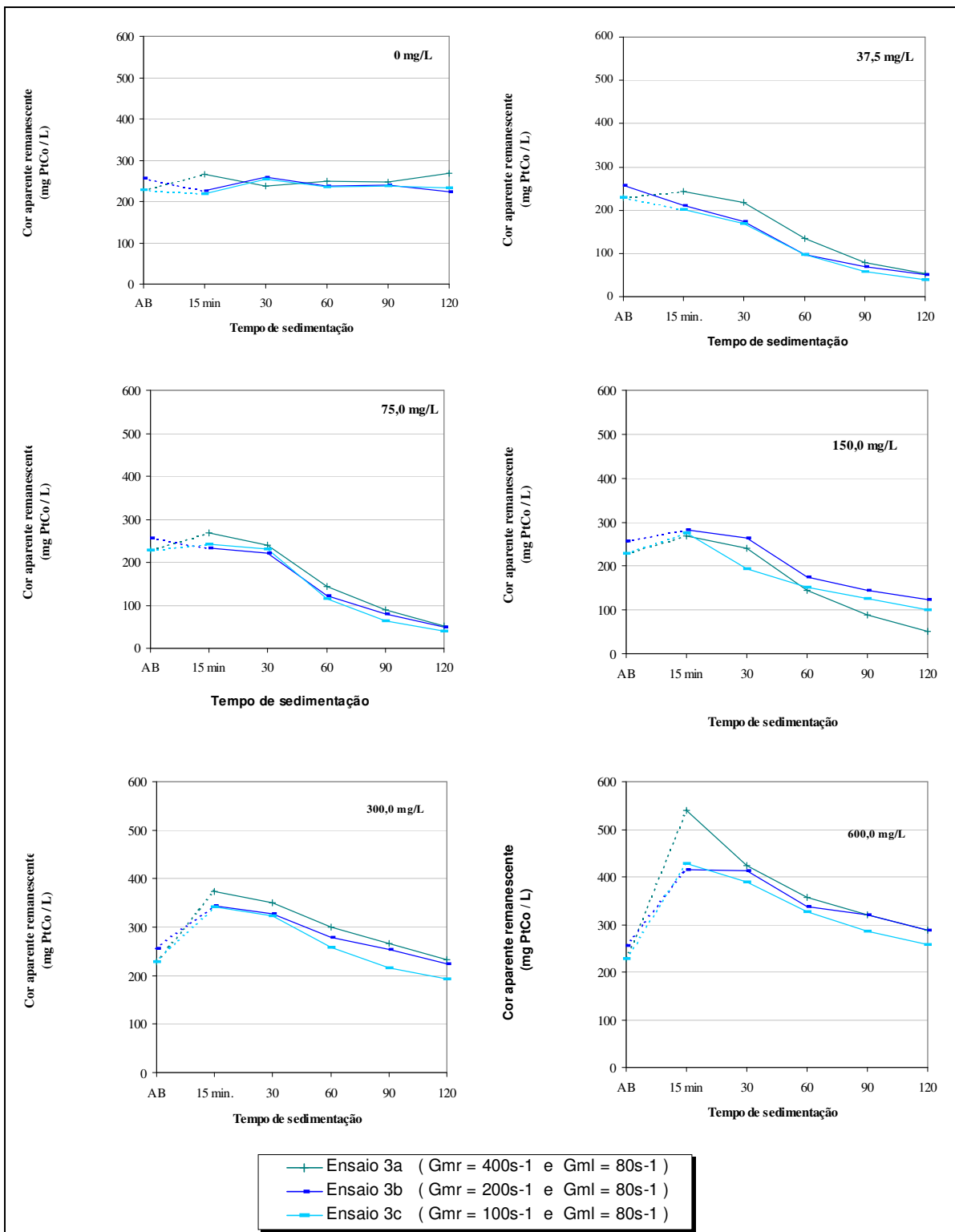


FIGURA D3.a - Curvas de remoção de *cor* (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, T_{mr} = 60s, Gml = 80s⁻¹ e T_{ml} = 15min

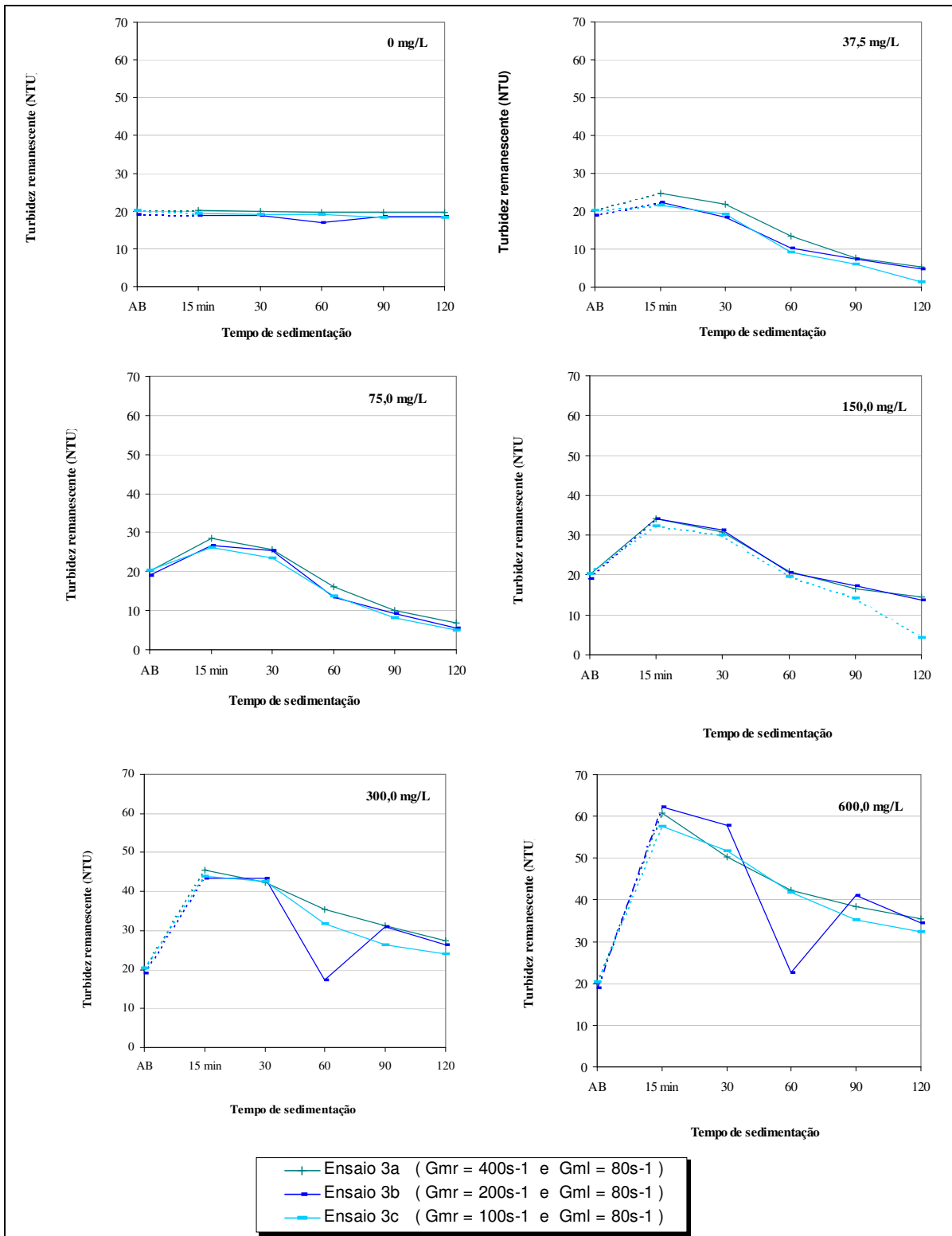


FIGURA D3.b - Curvas de remoção de turbidez (Série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Tmr = 60s, Gml = 80s⁻¹ e Tml = 15min

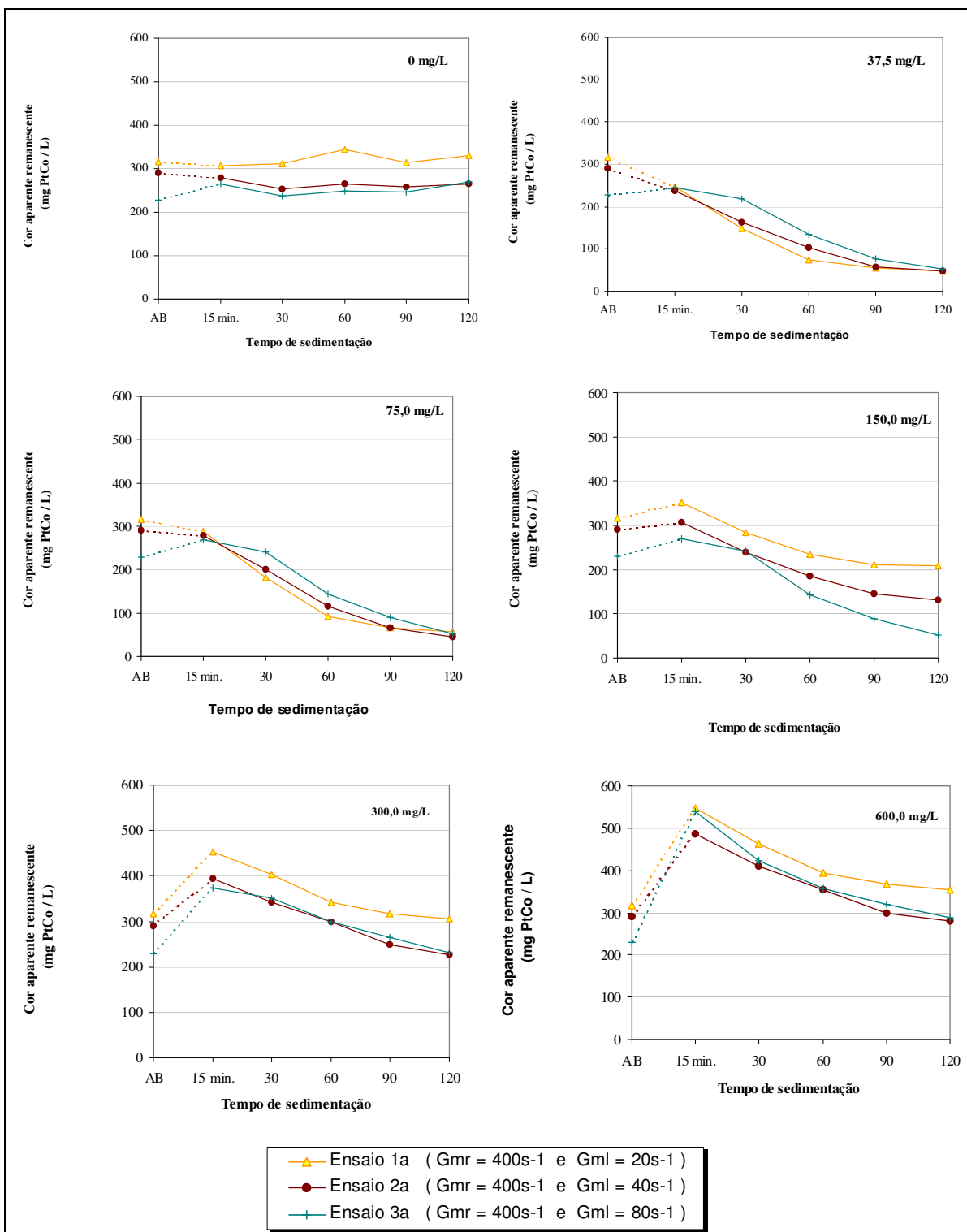


FIGURA D4.a - Curvas de remoção de *cor* (série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gml: $C = 7.5\%$, $G_{mr} = 400s^{-1}$, $T_{mr} = 60s$ e $T_{ml} = 15min$

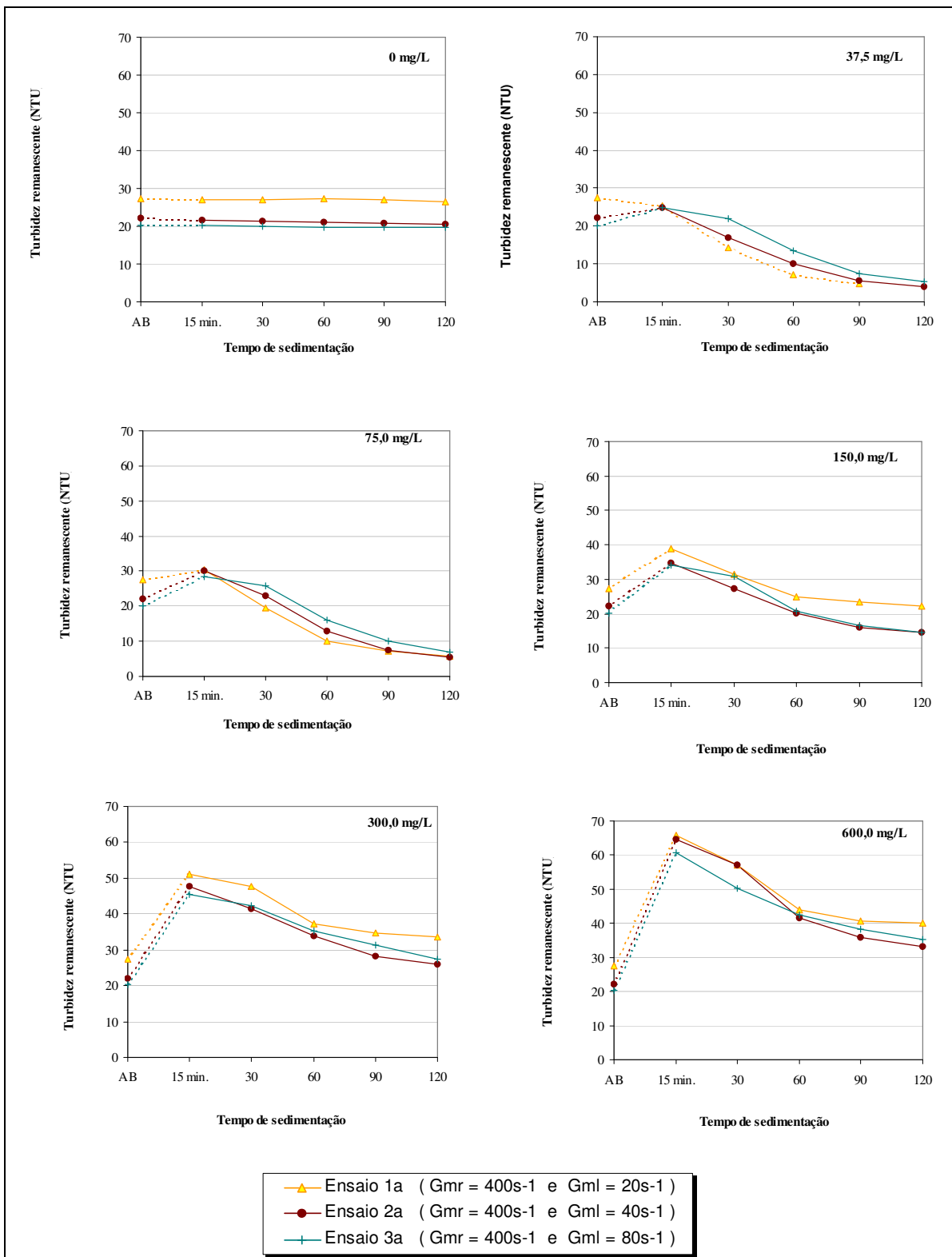


FIGURA D4.b - Curvas de remoção de *turbidez* (série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 7.5%, Gmr = 400s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 15min

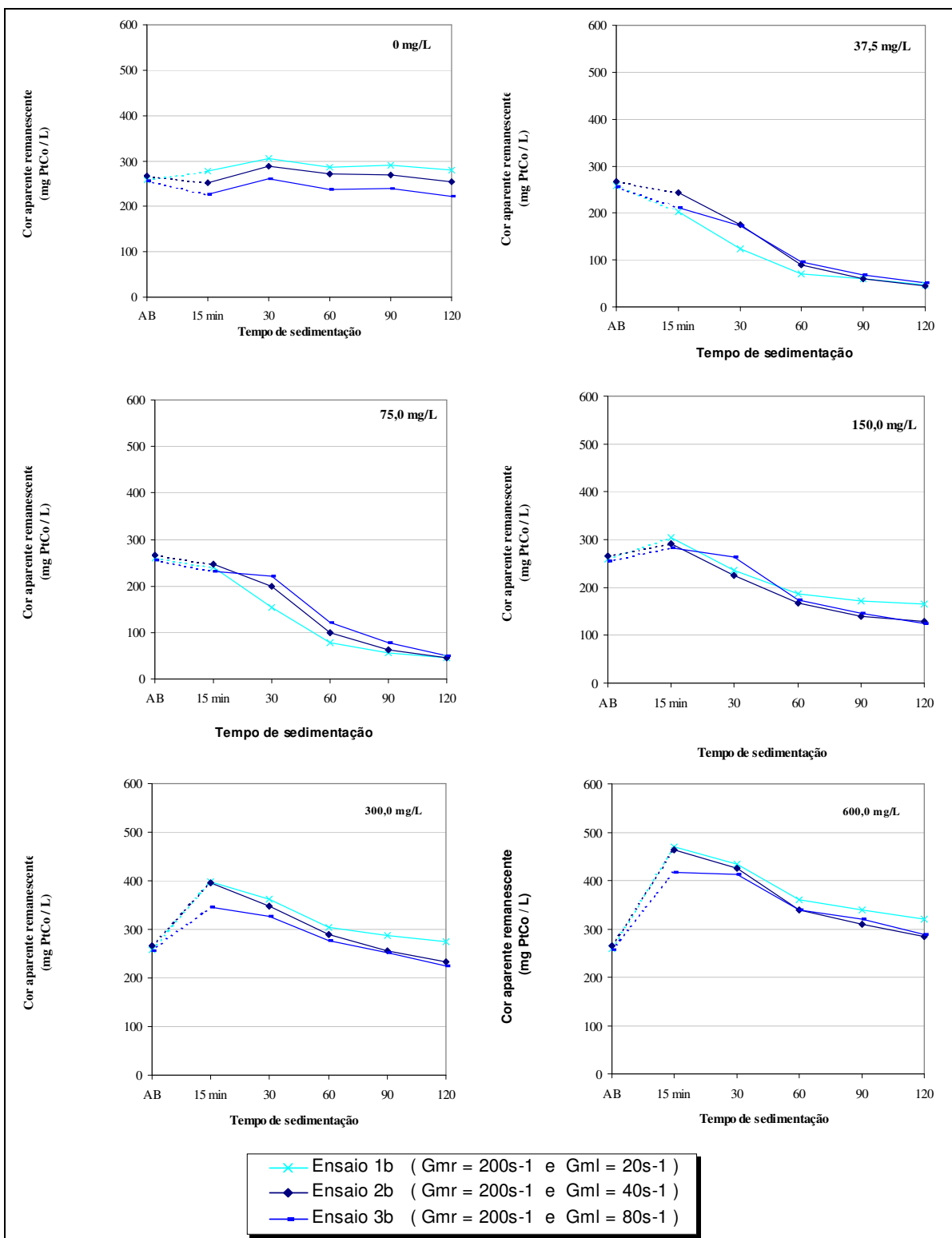


FIGURA D5.a - Curvas de remoção de *cor* (série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gml: $C = 7.5\%$, $G_{mr} = 200s^{-1}$, $T_{mr} = 60\text{ s}$ e $T_{ml} = 15\text{ min}$

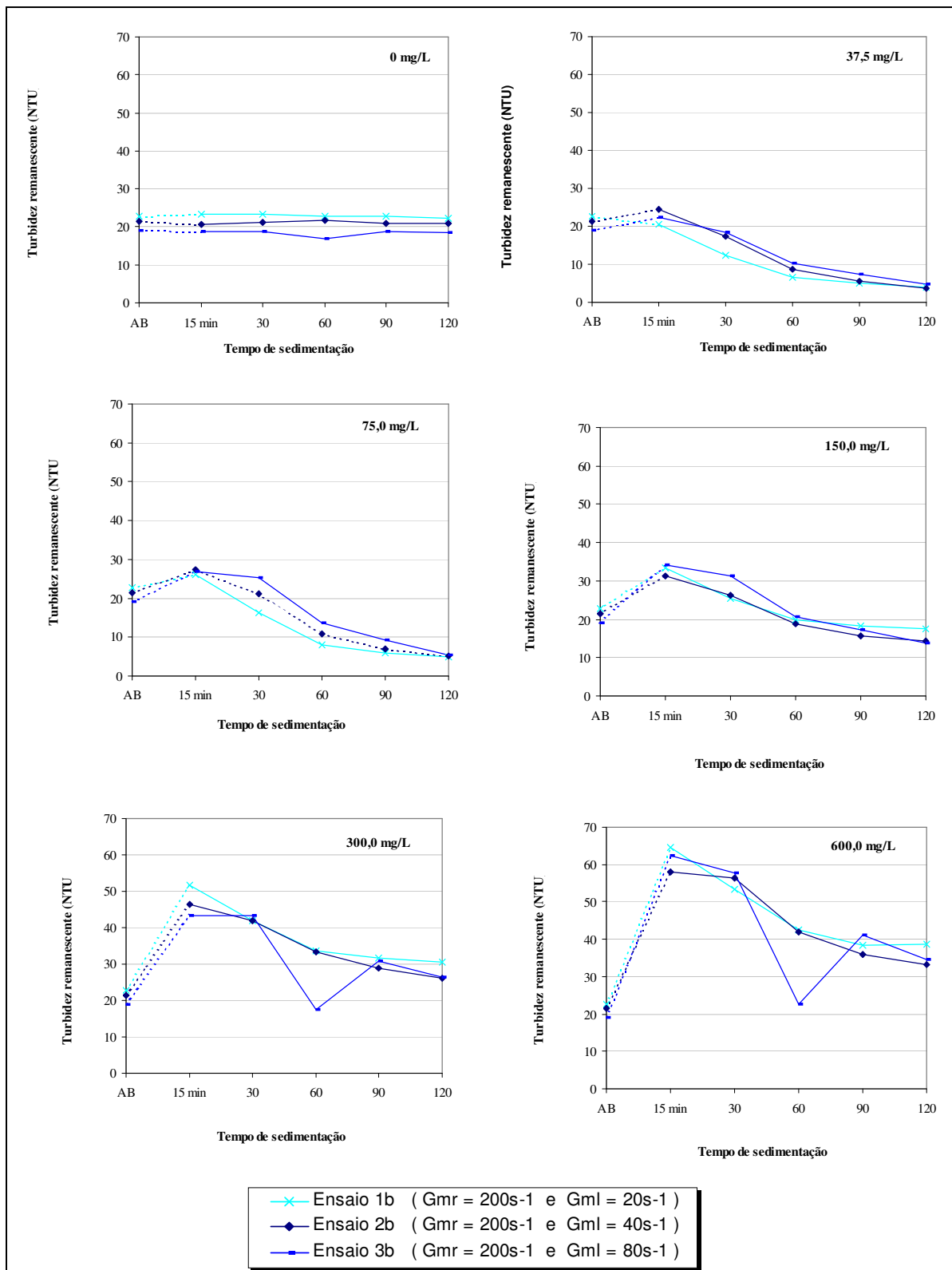


FIGURA D5.b - Curvas de remoção de *turbidez* (série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gml: $C = 7.5\%$, $Gmr = 200s^{-1}$, $Tmr = 60s$ e $Tml = 15min$

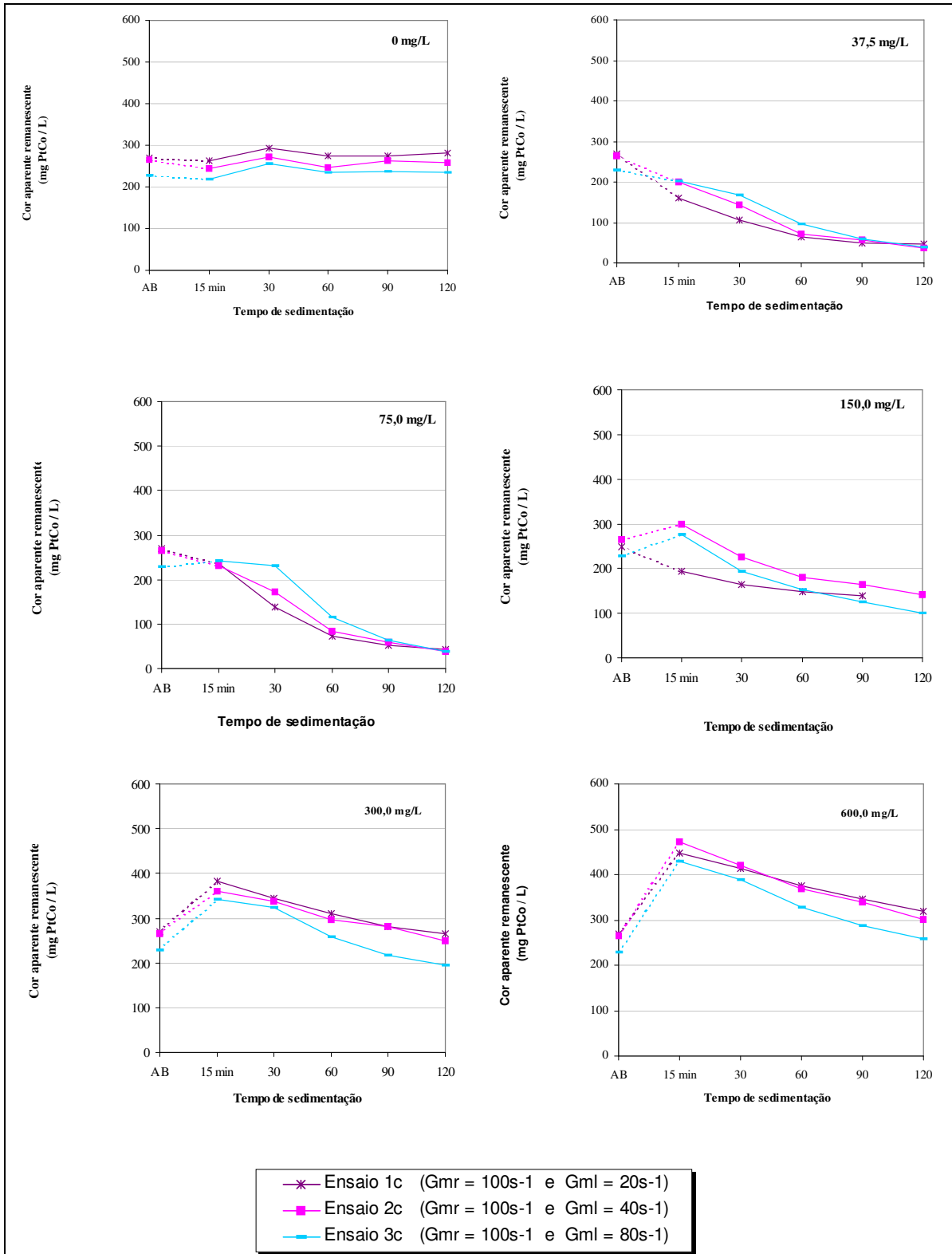


FIGURA D6.a - Curvas de remoção de *cor* (série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gmr: C = 7.5%, Gmr = 100s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 15min

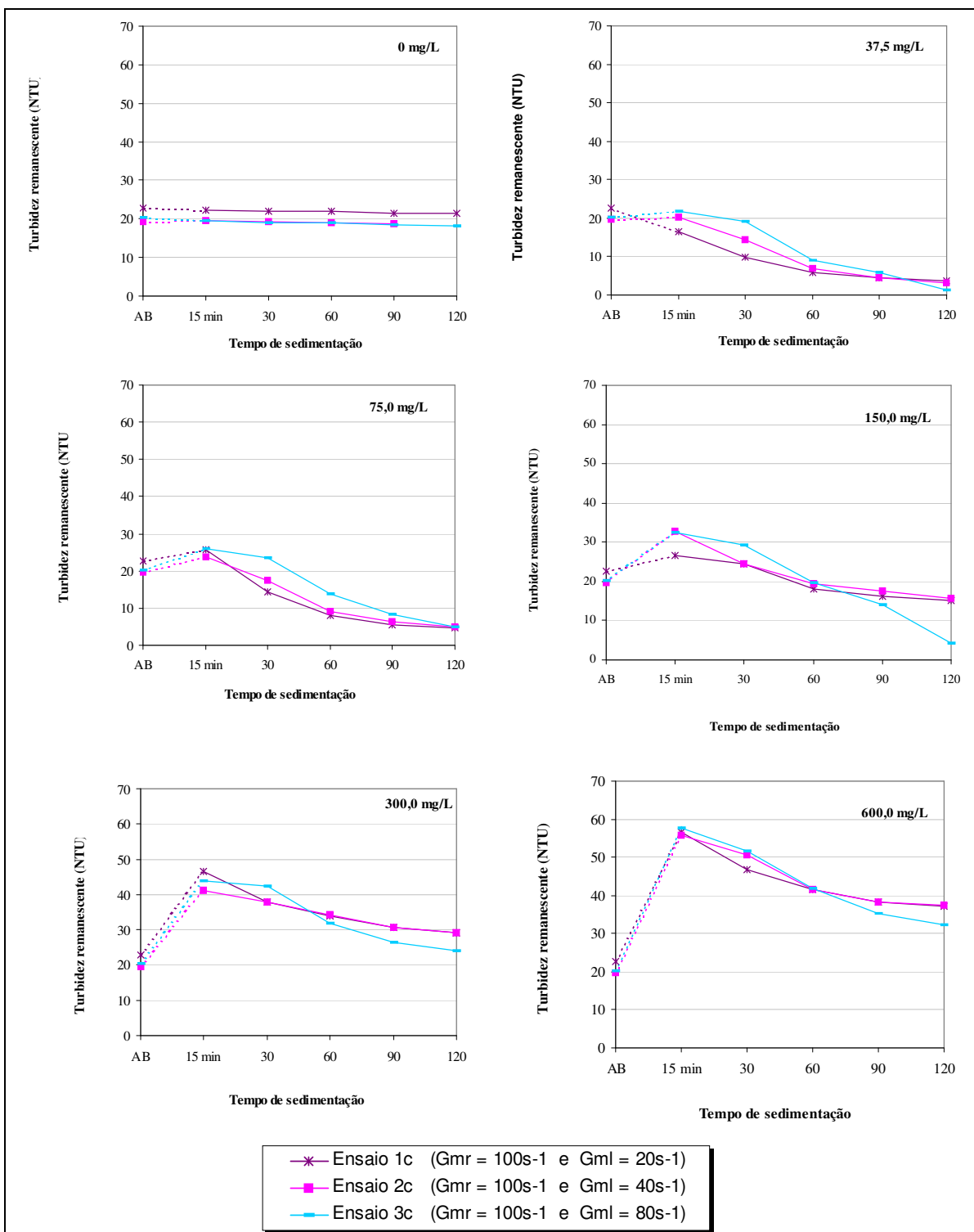


FIGURA D6.b - Curvas de remoção de turbidez (série IV) em função do tempo de sedimentação e do Gml: C = 7.5%, Gmr = 100s⁻¹, Tmr = 60s e Tml = 15min

SÉRIE V - Os ensaios foram realizados com *intensidade de agitação de mistura lenta igual a 100 s⁻¹* .

A intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s ⁻¹)	20	40	80
5	1a	1b	1c
10	2a	2b	2c
15	3a	3b	3c
20	4a	4b	4c

Série V - Ensaio 1a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	20	35	5	
Características da água bruta		pH: 7,01			Turbidez: 11,3 NTU			
		Cor: 147 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C= 2,5 %)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,89	6,92	6,92	6,93	6,83	6,94
		Cor aparente	151	198	225	257	252	245
		Turbidez	11,3	17,8	18,6	22,2	24,0	26,0
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	151	182	229	200	236	266
		Turbidez	11,0	17,1	18,4	21,9	24,2	25,5
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	157	176	188	213	221	239
		Turbidez	11,4	17,0	18,3	21,4	22,8	24,8
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	150	162	176	204	205	220
		Turbidez	11,1	16,0	17,1	20,4	20,9	22,7
Ts ₅ =120min	Cor aparente	160	153	150	178	178	192	
	Turbidez	10,9	14,3	14,8	18,2	18,7	20,0	

Série V - Ensaio 1b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		min
		200	170	60	20	35	10	
Características da água bruta		pH: 7,16			Turbidez: 10,1 NTU			
		Cor: 146 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,30	7,30	7,25	7,18	7,16	7,16
		Cor aparente	138	153	177	209	210	227
		Turbidez	10,3	14,7	16,6	19,5	20,9	22,5
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	135	160	172	204	207	225
		Turbidez	10,3	14,9	16,7	19,7	20,7	22,5
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	143	150	164	195	206	219
		Turbidez	10,4	13,8	15,6	18,8	19,9	22,0
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	144	135	145	177	185	204
		Turbidez	10,3	12,9	14,0	17,5	18,7	20,2
Ts ₅ =120min	Cor aparente	138	110	112	148	153	168	
	Turbidez	10,0	10,7	11,4	15,2	16,3	17,7	

Série V - Ensaio 1c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		min
		100	90	60	20	35	10	
Características da água bruta		pH: 7,18			Turbidez: 9,45 NTU			
		Cor: 130 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,08	7,18	7,17	7,15	7,08	---
		Cor aparente	145	167	175	203	212	223
		Turbidez	6,7	14,6	16,0	19,6	19,7	21,1
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	147	163	172	199	204	217
		Turbidez	9,6	14,6	16,0	19,7	20,3	20,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	149	159	171	197	203	213
		Turbidez	9,6	14,3	16,1	18,6	19,5	20,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	147	144	161	186	186	200
		Turbidez	9,5	13,3	14,5	16,9	18,1	19,7
Ts ₅ =120min	Cor aparente	151	137	143	164	172	182	
	Turbidez	9,2	12,0	13,2	16,0	17,6	17,6	

Série V - Ensaio 2a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	20	35	10	
Características da água bruta		pH: 6,84			Turbidez: 8,4 NTU			
		Cor: 129 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,86	6,93	6,95	6,89	6,85	6,87
		Cor aparente	123	139	147	174	186	196
		Turbidez	8,3	12,8	14,3	17,6	18,4	18,8
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	129	134	170	169	149	192
		Turbidez	8,1	12,8	13,8	16,8	17,2	19,2
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	125	126	130	154	157	185
		Turbidez	8,2	11,6	12,5	15,1	15,2	17,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	123	111	110	142	142	155
		Turbidez	8,1	10,5	10,7	13,1	13,5	15,2
Ts ₅ =120min	Cor aparente	111	91	85	110	107	126	
	Turbidez	8,0	9,0	9,1	11,6	11,5	13,0	

Série V - Ensaio 2b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	40	60	10	
Características da água bruta		pH: 7,19			Turbidez: 7,81 NTU			
		Cor: 104 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,29	7,33	7,37	7,28	7,24	7,21
		Cor aparente	110	126	141	164	162	186
		Turbidez	7,9	11,9	13,0	16,0	16,4	18,4
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	111	127	135	157	159	176
		Turbidez	7,9	11,8	13,5	16,7	16,9	17,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	113	107	116	137	142	154
		Turbidez	7,7	10,5	12,2	14,5	16,1	15,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	121	97	103	128	127	136
		Turbidez	7,6	9,5	10,7	12,1	12,5	13,4
Ts ₅ =120min	Cor aparente	114	79	77	91	86	98	
	Turbidez	7,7	7,8	8,6	10,1	10,5	11,4	

Série V - Ensaio 2c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	60	40	60	10	
Características da água bruta		pH: 6,75			Turbidez: 6,52 NTU			
		Cor: 90 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,94	7,00	6,99	6,93	6,91	6,90
		Cor aparente	96	113	123	137	148	160
		Turbidez	6,2	10,0	10,9	13,8	15,2	15,3
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	101	103	116	137	142	156
		Turbidez	6,1	9,6	10,7	13,3	13,9	14,9
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	103	99	107	123	131	139
		Turbidez	6,1	9,1	10,3	12,5	13,2	13,4
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	94	91	98	112	123	127
		Turbidez	6,0	8,4	9,6	11,6	12,2	13,2
Ts ₅ =120min	Cor aparente	95	76	79	92	101	104	
	Turbidez	5,9	7,3	8,2	9,5	11,2	11,2	

Série V - Ensaio 3a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	20	35	15	
Características da água bruta		pH: 6,73			Turbidez: 6,44 NTU			
		Cor: 98 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,92	6,94	6,94	6,88	6,85	6,87
		Cor aparente	92	107	114	141	145	163
		Turbidez	6,2	9,9	11,8	13,5	14,8	16,4
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	90	104	99	119	122	131
		Turbidez	6,5	9,9	11,1	14,1	14,4	15,9
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	97	96	107	126	136	147
		Turbidez	6,1	9,1	9,6	12,0	12,9	13,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	96	87	84	105	105	118
		Turbidez	6,1	8,2	8,4	10,4	10,7	11,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	94	76	71	84	86	94	
	Turbidez	6,1	7,3	7,4	9,1	9,2	10,1	

Série V - Ensaio 3b								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	min		
	100	90	30	40	60	15		
Características da água bruta	pH: 7,07			Turbidez: 5,2 NTU				
	Cor: 74 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0		
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,21	7,29	7,22	7,22	7,08	6,95
		Cor aparente	78	90	93	117	122	138
		Turbidez	5,1	8,6	9,8	12,3	13,1	15,1
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	80	80	89	109	119	131
		Turbidez	5,1	7,7	9,4	11,6	12,2	13,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	77	71	75	96	99	109
		Turbidez	4,9	6,4	7,4	9,5	10,5	11,2
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	72	65	71	82	99	97
		Turbidez	4,9	6,2	7,0	8,4	9,5	9,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	70	52	59	68	80	85	
	Turbidez	4,8	5,1	6,3	7,1	8,3	9,0	

Série V - Ensaio 3c								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	min		
	100	90	30	80	80	15		
Características da água bruta	pH: 6,61			Turbidez: 6,64 NTU				
	Cor: 76 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0		
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,97	6,98	6,99	6,92	6,91	6,93
		Cor aparente	73	85	100	132	130	142
		Turbidez	5,2	8,8	10,5	13,9	14,4	15,8
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	77	64	76	88	96	108
		Turbidez	5,1	8,0	9,2	11,6	13,2	14,6
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	73	74	87	110	111	133
		Turbidez	5,0	7,3	9,2	11,8	12,9	13,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	78	81	99	115	126	138
		Turbidez	5,0	6,5	7,9	9,7	11,0	11,9
Ts ₅ =120min	Cor aparente	69	43	56	69	75	85	
	Turbidez	5,0	5,4	6,7	8,8	9,7	10,3	

Série V - Ensaio 4a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	20	35	20	
Características da água bruta		pH: 6,99			Turbidez: 5,01 NTU			
		Cor: 64 mg PtCo / L			Condutividade: 0,05 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,02	7,02	6,95	6,95	6,92	6,92
		Cor aparente	60	73	82	108	111	128
		Turbidez	5,6	7,5	8,7	11,5	11,1	13,0
		Cond. elétrica	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	70	71	80	98	105	120
		Turbidez	4,3	6,8	7,8	9,5	10,7	12,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	69	61	69	85	89	100
		Turbidez	4,3	6,0	6,8	8,7	9,0	10,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	59	56	55	73	76	89
		Turbidez	4,1	5,3	5,8	7,1	8,3	9,3
Ts ₅ =120min	Cor aparente	59	46	46	60	67	72	
	Turbidez	4,0	4,6	4,7	6,2	6,8	7,7	

Série V - Ensaio 4b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	40	60	20	
Características da água bruta		pH: 6,93			Turbidez: 4,24 NTU			
		Cor: 59 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	58	69	87	105	110	127
		Cor aparente	3,4	7,1	8,5	10,6	13,5	13,8
		Turbidez	6,95	7,02	6,96	6,77	6,73	6,84
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	64	68	80	101	104	120
		Turbidez	3,7	6,7	8,4	10,2	11,8	12,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	63	62	64	87	88	102
		Turbidez	5,5	5,9	7,0	9,0	9,8	10,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	58	53	60	73	82	85
		Turbidez	3,7	5,5	6,2	8,5	9,0	10,0
Ts ₅ =120min	Cor aparente	58	46	50	65	73	76	
	Turbidez	3,7	4,6	5,3	6,6	7,6	8,1	

Série V - Ensaio 4c								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação		
	s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm			
	100	90	30	80	80	20		
Características da água bruta	pH: 6,91			Turbidez: 3,11 NTU				
	Cor: 51 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0		
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,01	6,90	7,00	6,92	6,90	6,83
		Cor aparente	48	63	80	103	110	123
		Turbidez	2,93	5,68	7,38	10,1	10,8	11,8
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,065	0,065	0,07
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	50	60	77	94	96	107
		Turbidez	3,0	5,6	6,8	9,6	10,4	10,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	47	59	71	92	96	108
		Turbidez	2,9	5,6	7,0	9,0	10,5	11,1
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	50	54	62	76	90	98
		Turbidez	2,9	5,2	6,2	7,7	8,9	10,0
Ts ₅ =120min	Cor aparente	49	51	56	70	82	88	
	Turbidez	3,0	4,5	5,7	7,8	8,7	8,9	

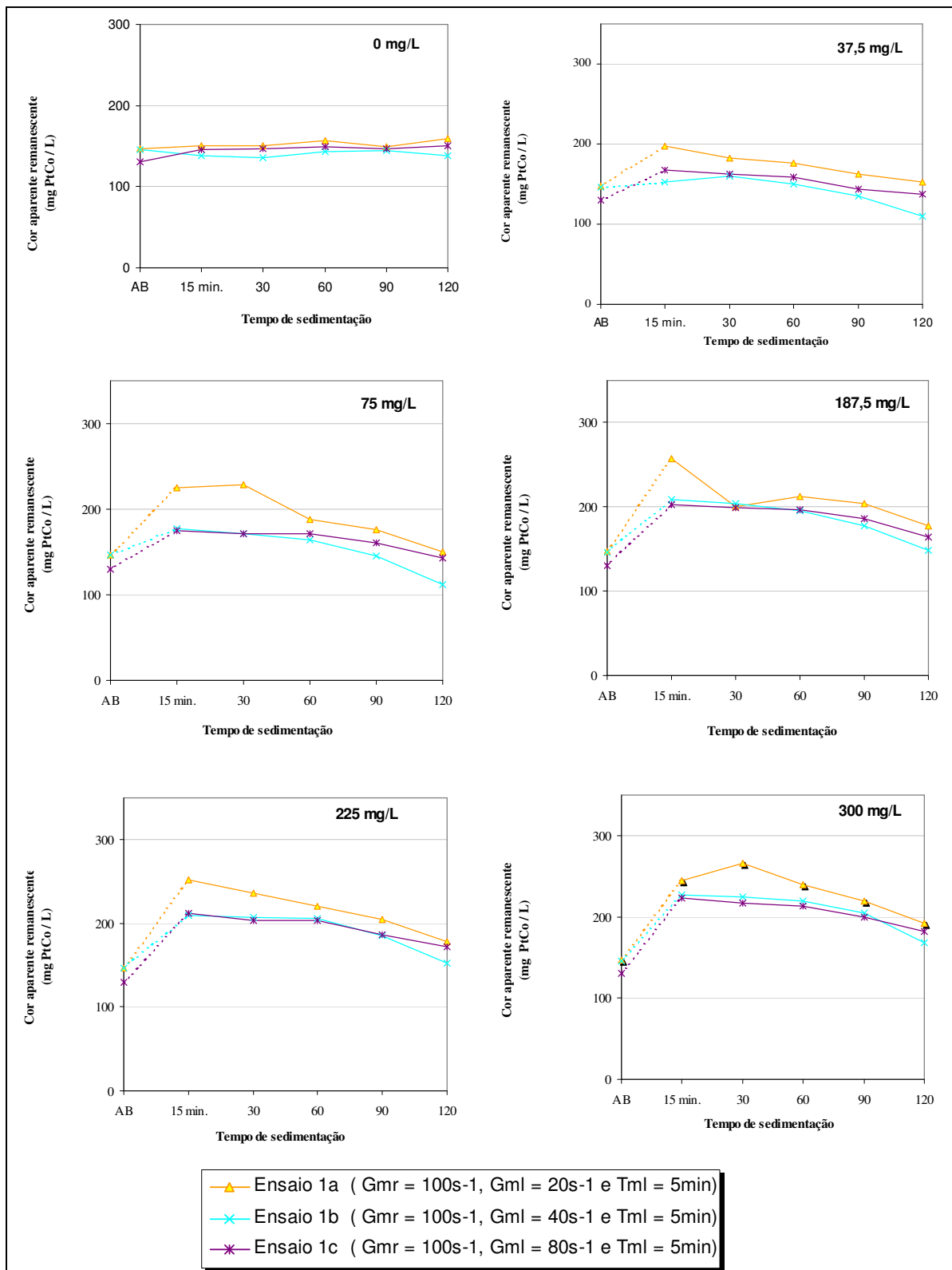


FIGURA E1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **T_{mr} = 30s**

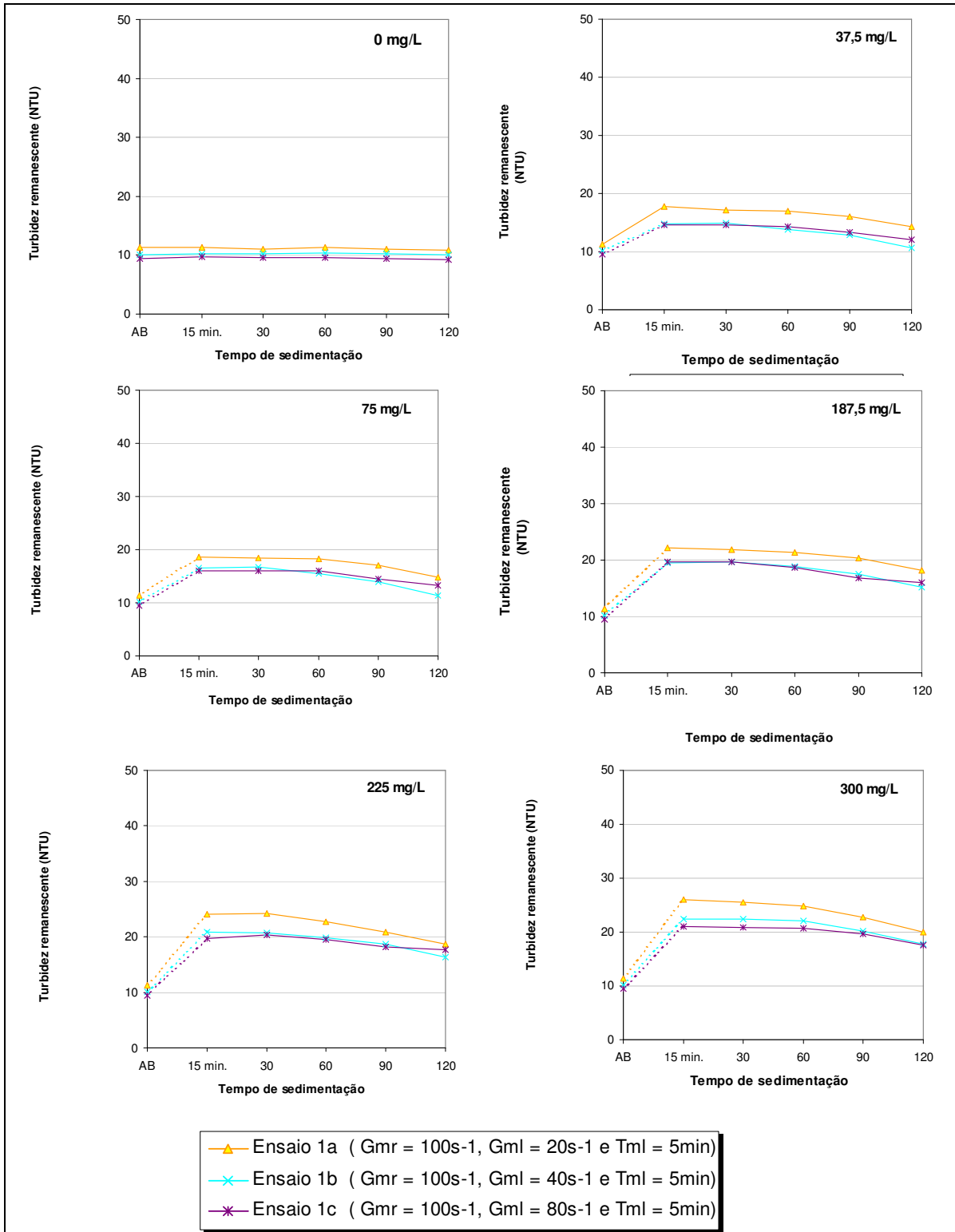


FIGURA E1.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **T_{mr} = 30s**

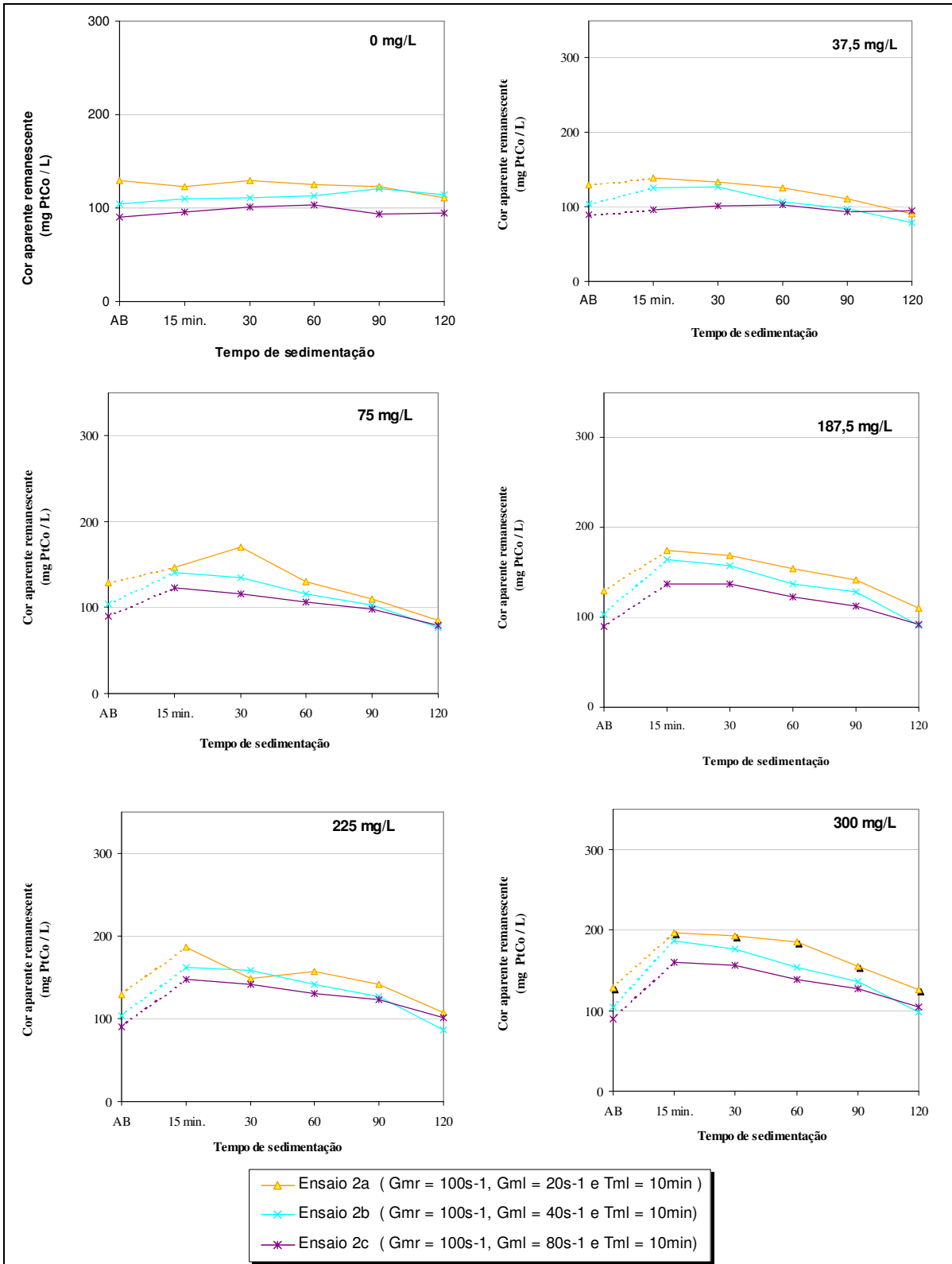


FIGURA E2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e T_{mr} = 30s

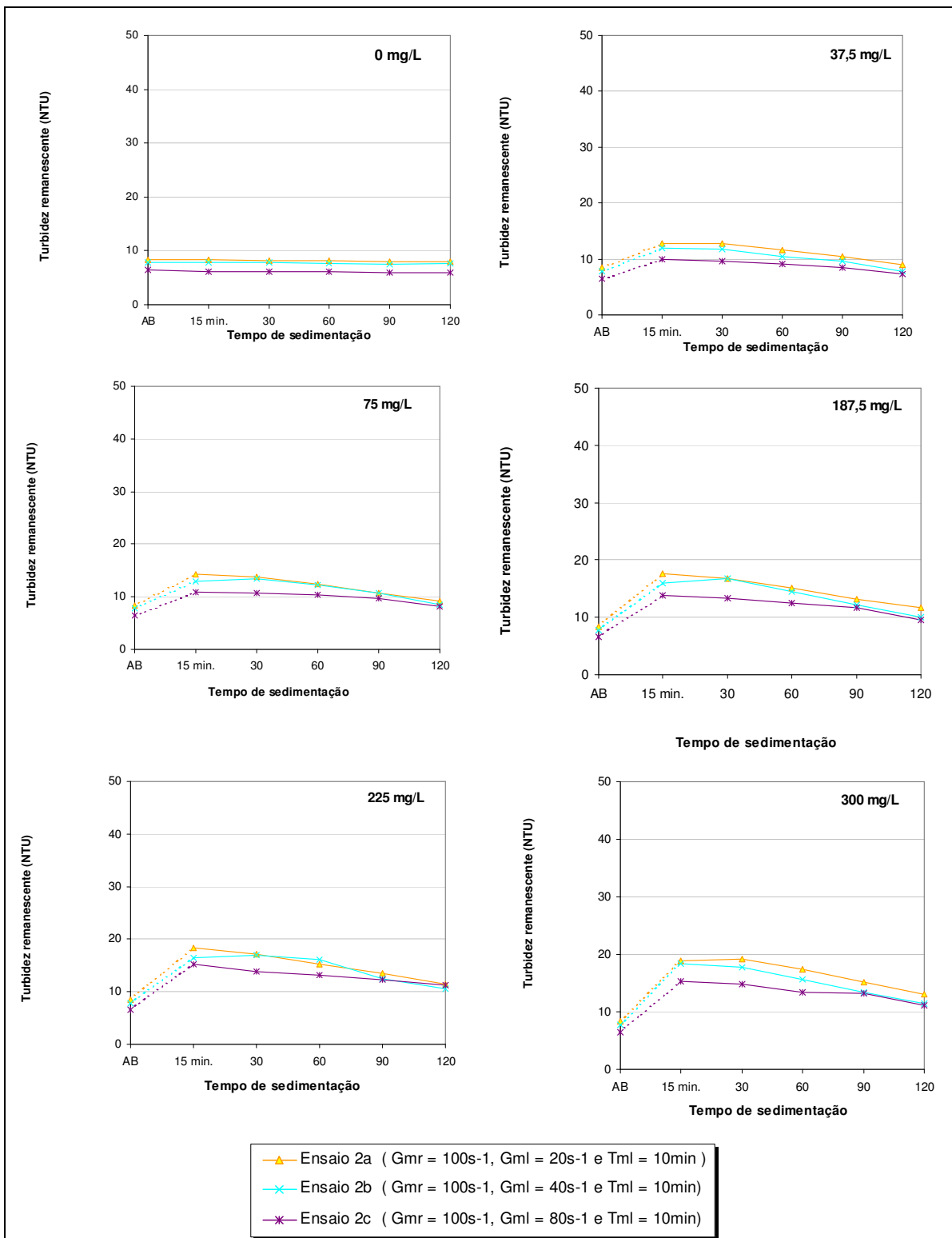


FIGURA E2.b - Curvas de remoção de turbidez (Série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e Tmr = 30s

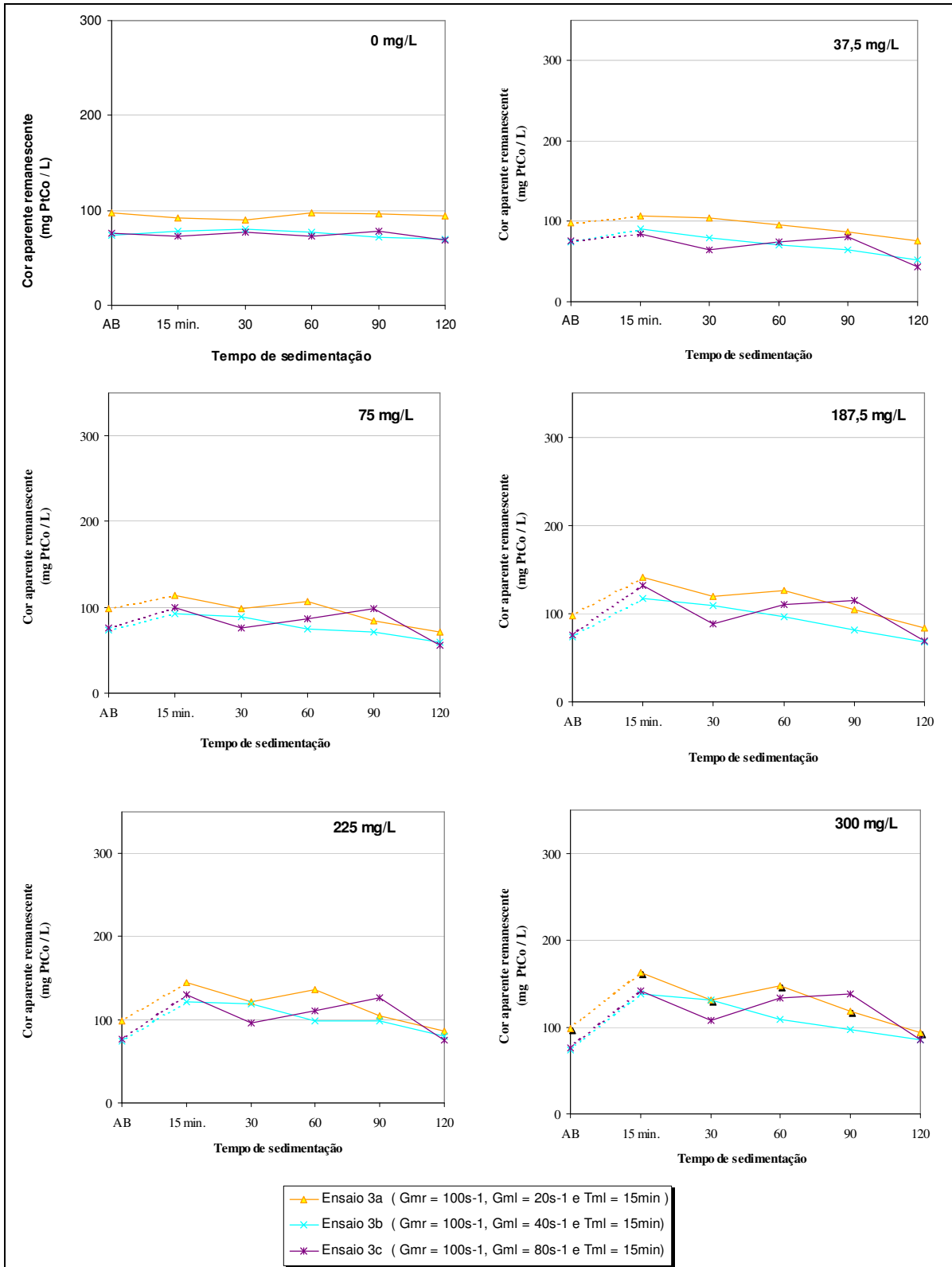


FIGURA E3.a - Curvas de remoção de *cor* (série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e Tmr = 30s

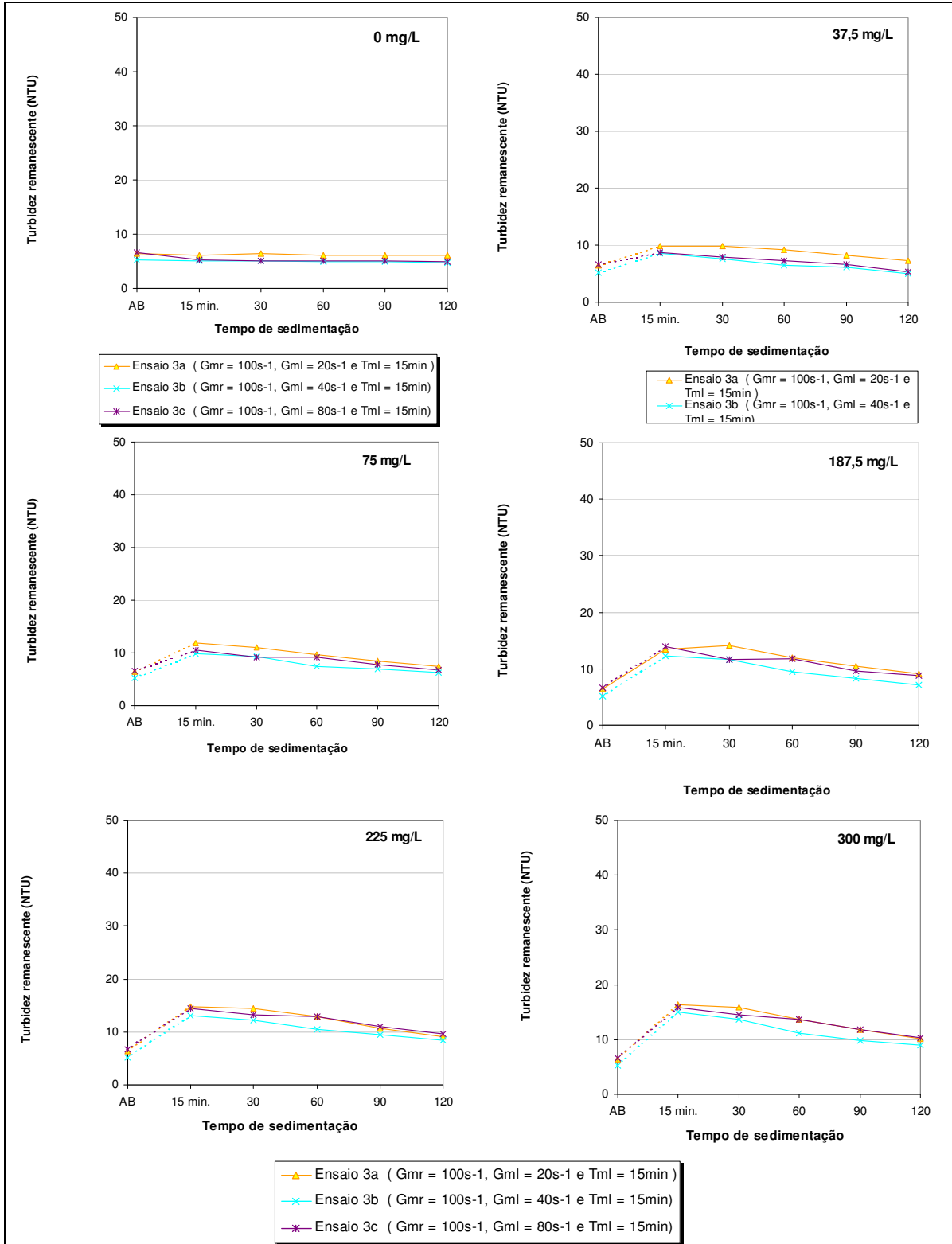


FIGURA E3.b - Curvas de remoção de turbidez (série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **Tmr = 30s**

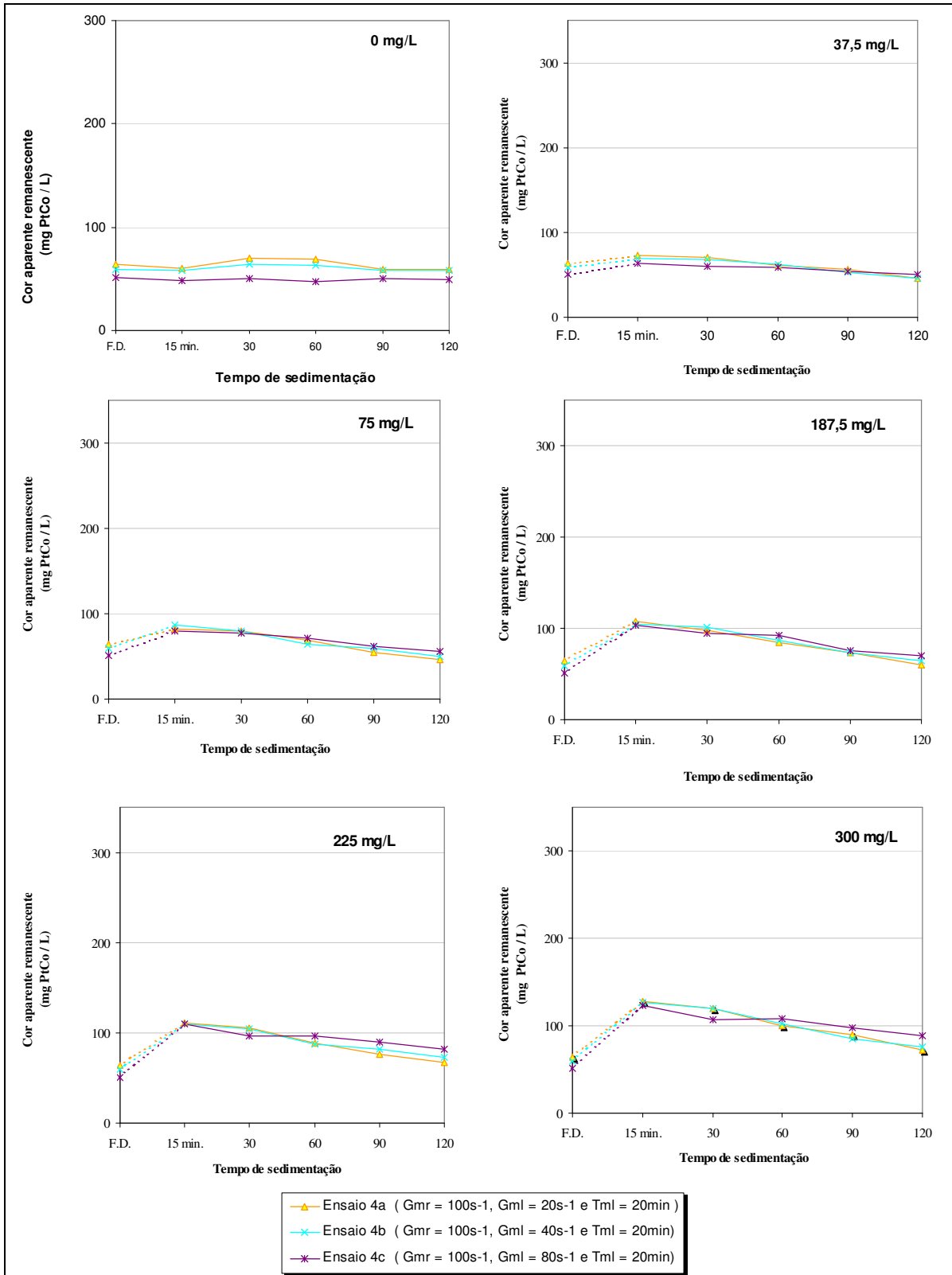


FIGURA E4.a - Curvas de remoção de *cor* (série V) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

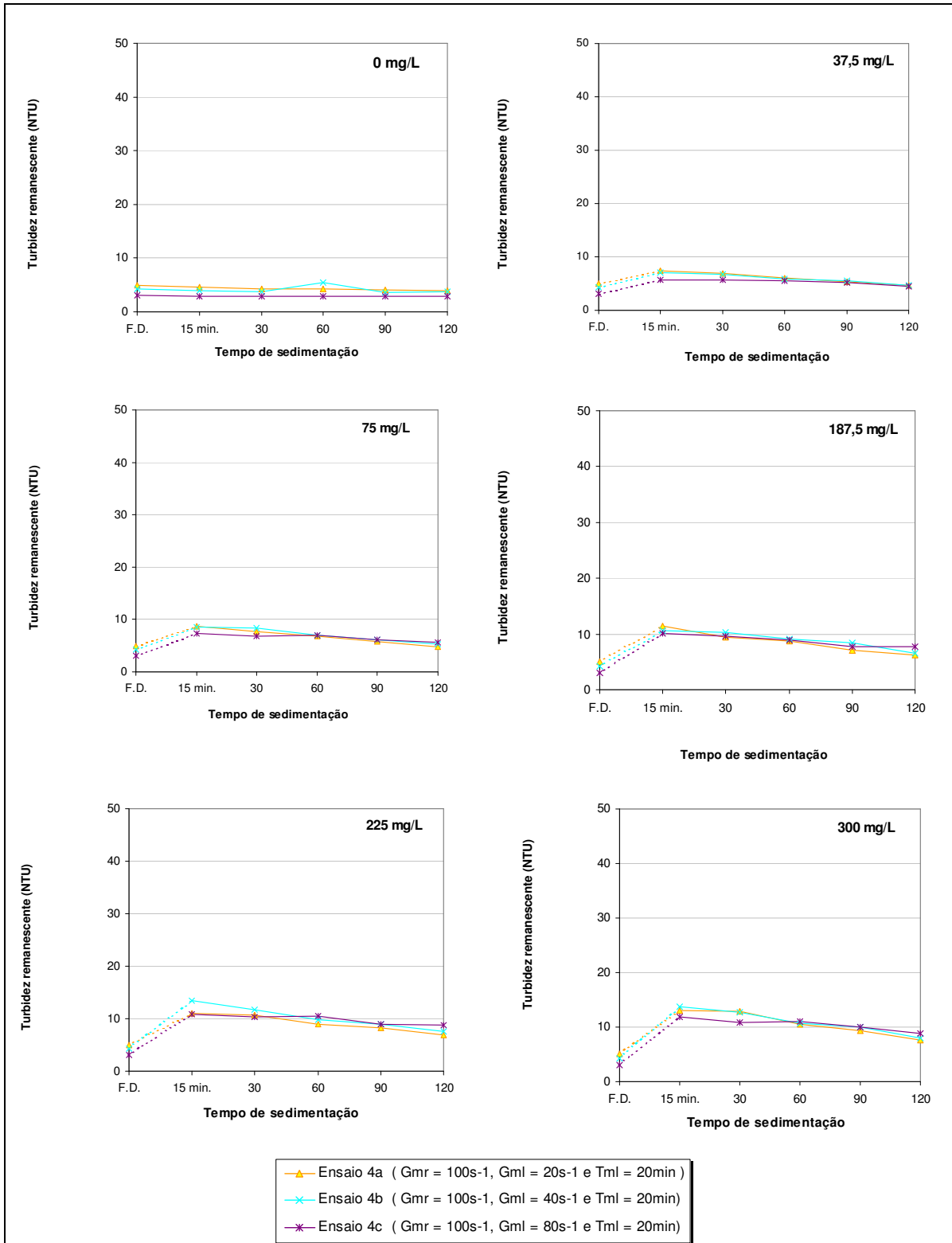


FIGURA E4.b - Curvas de remoção de turbidez (série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e Tmr = 30s

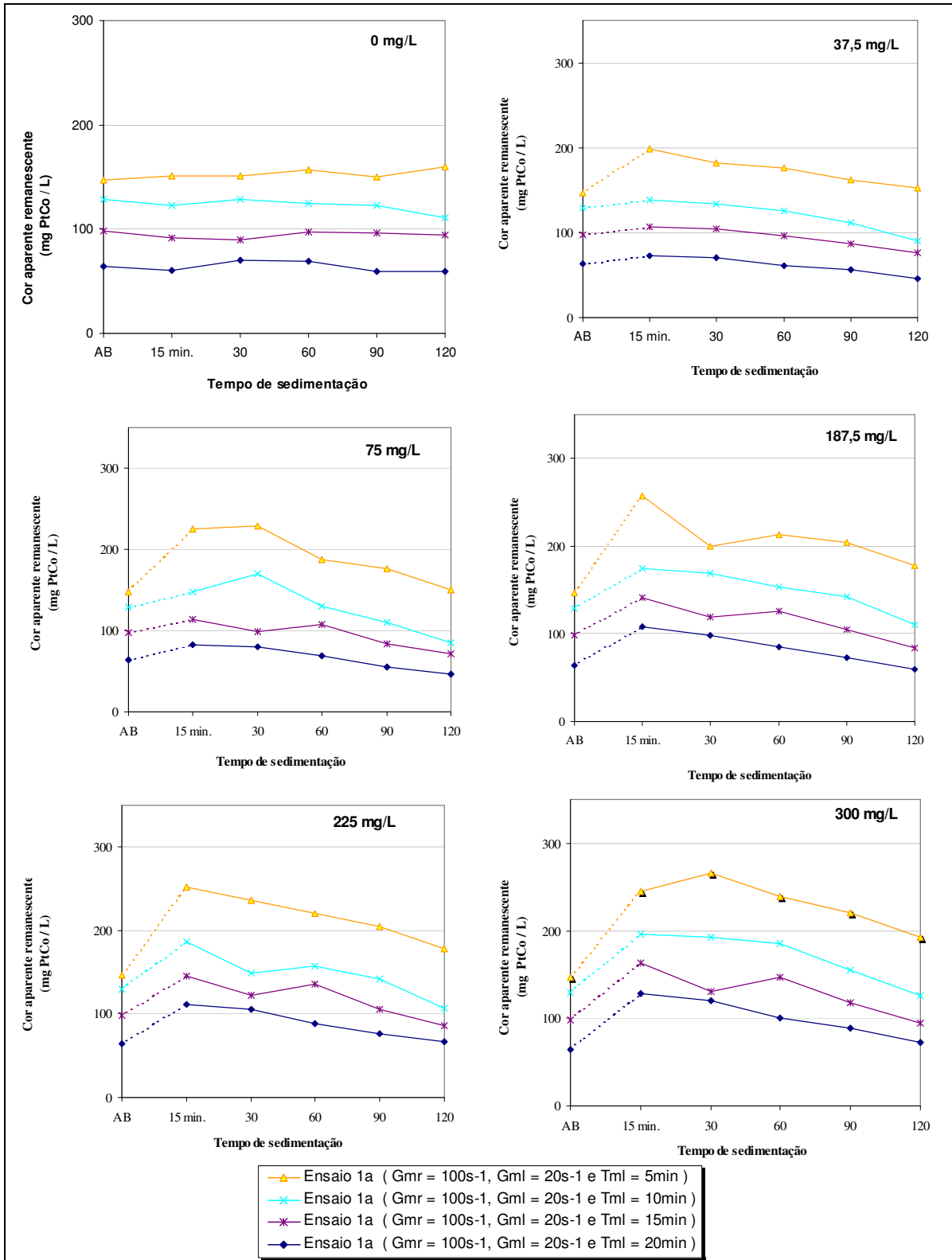


FIGURA E5.a - Curvas de remoção de *cor* (série V) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

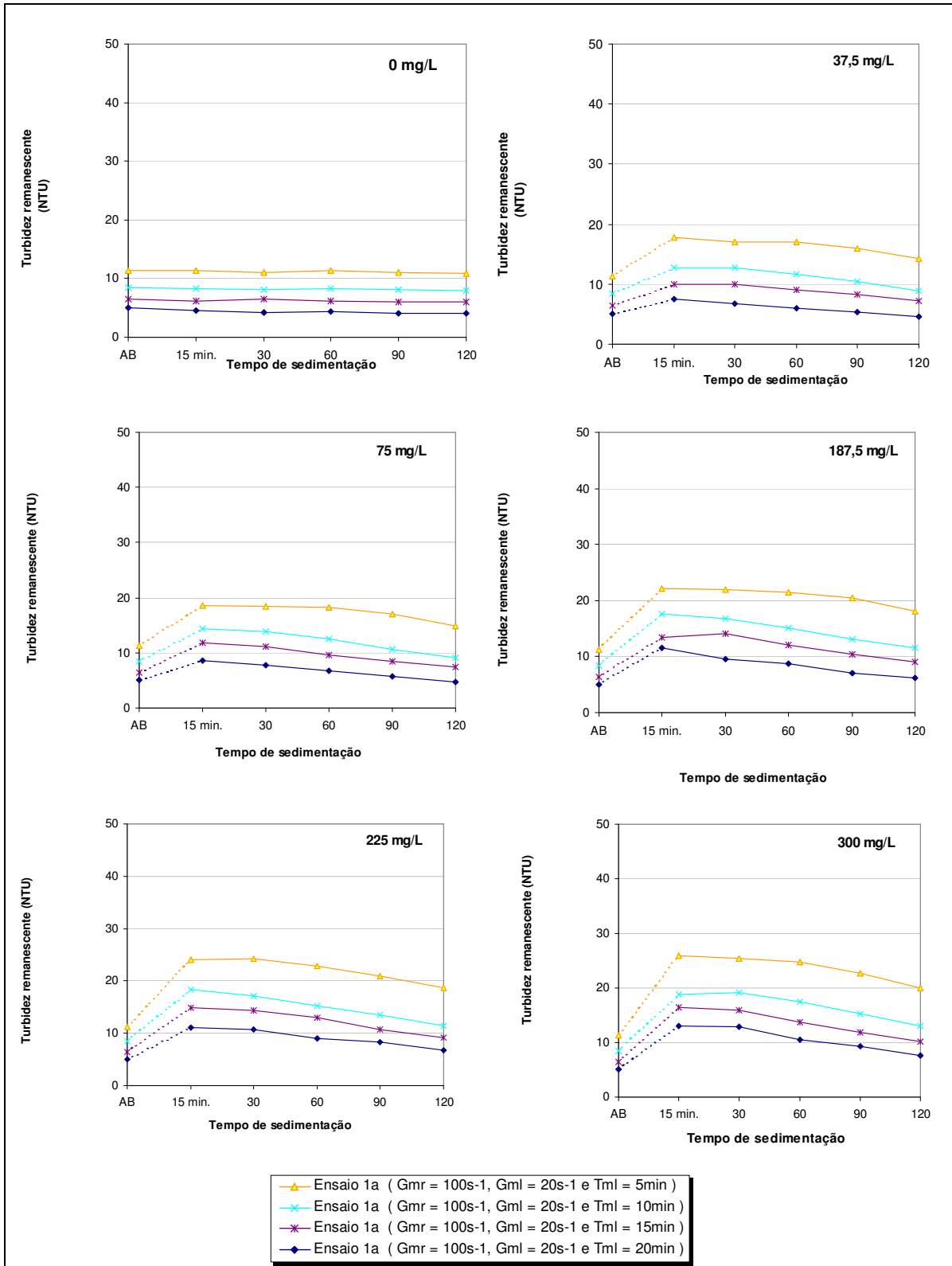


FIGURA E5.b - Curvas de remoção de turbidez (série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e T_{mr} = 30s

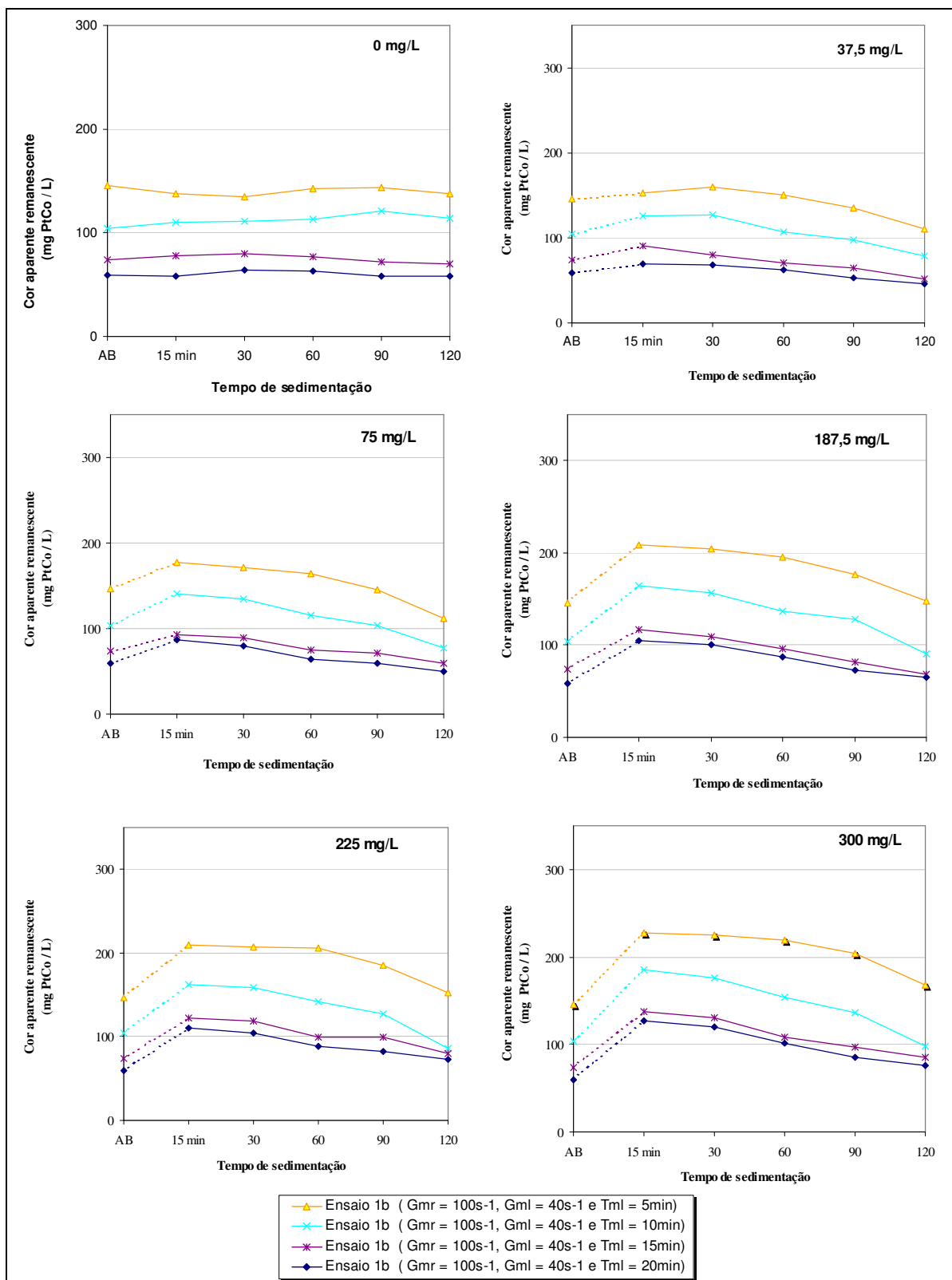


FIGURA E6.a - Curvas de remoção de *cor* (série V) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

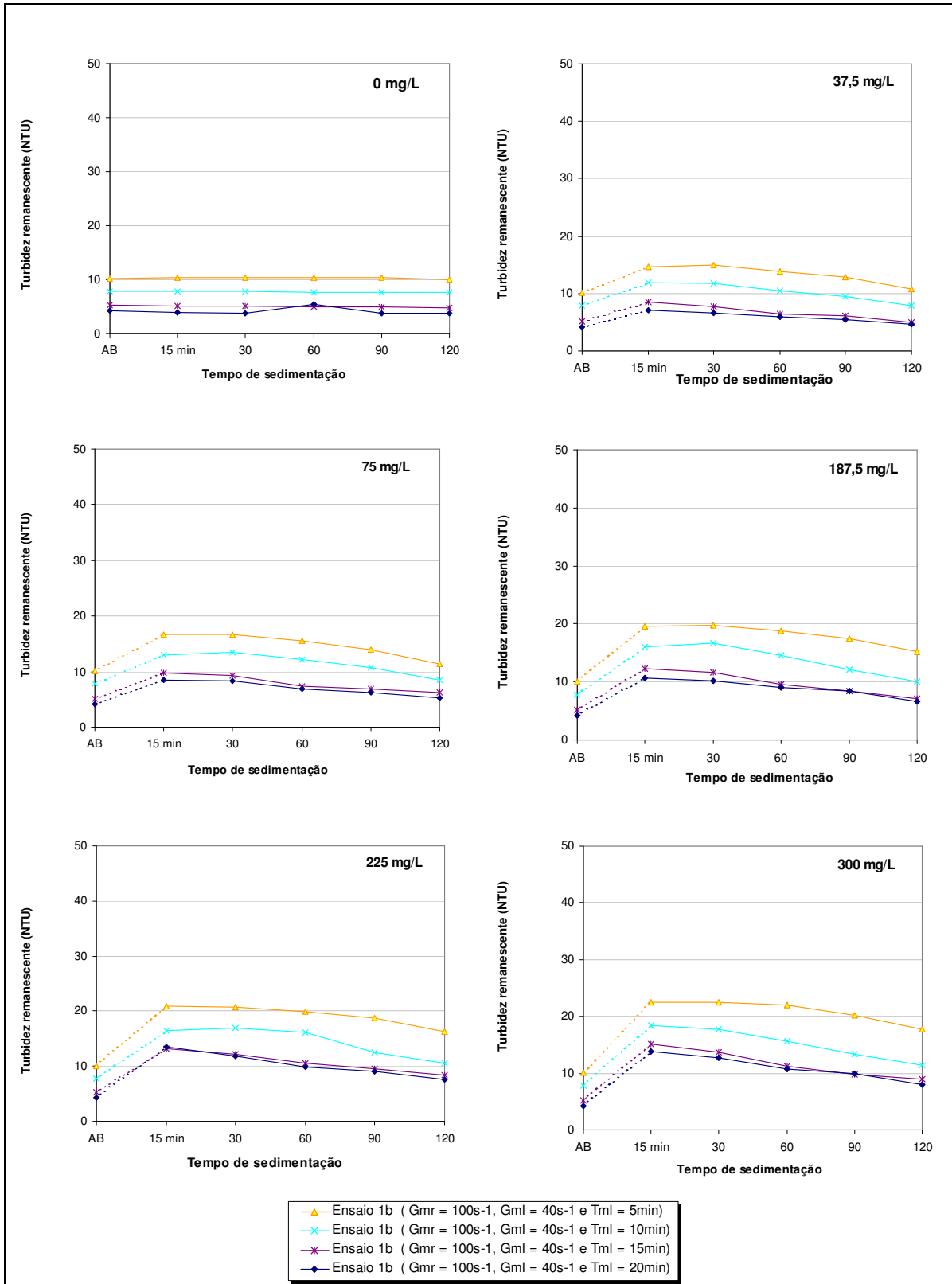


FIGURA E6.b - Curvas de remoção de turbidez (série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e T_{mr} = 30s

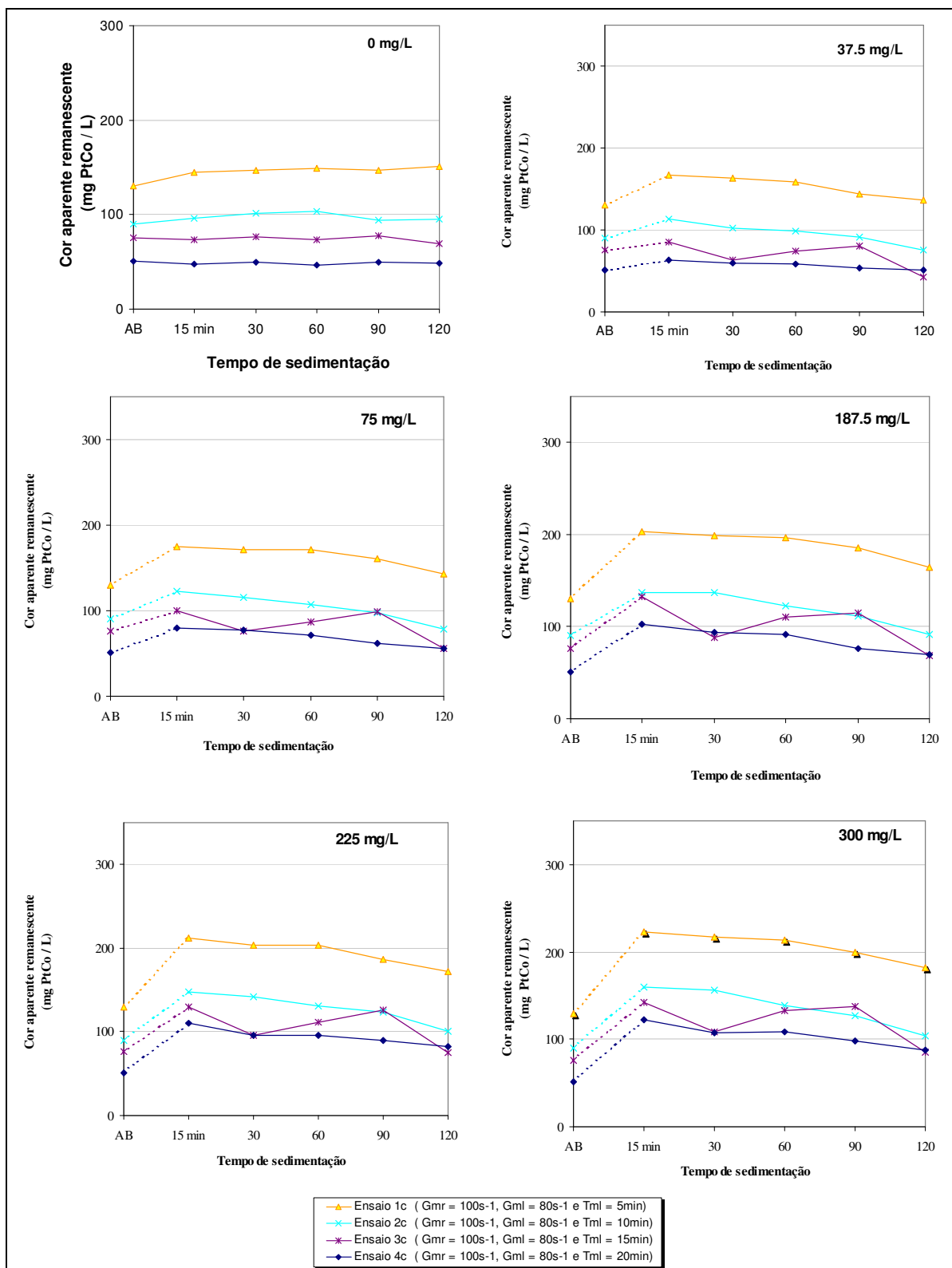


FIGURA E7.a - Curvas de remoção de *cor* (série V) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

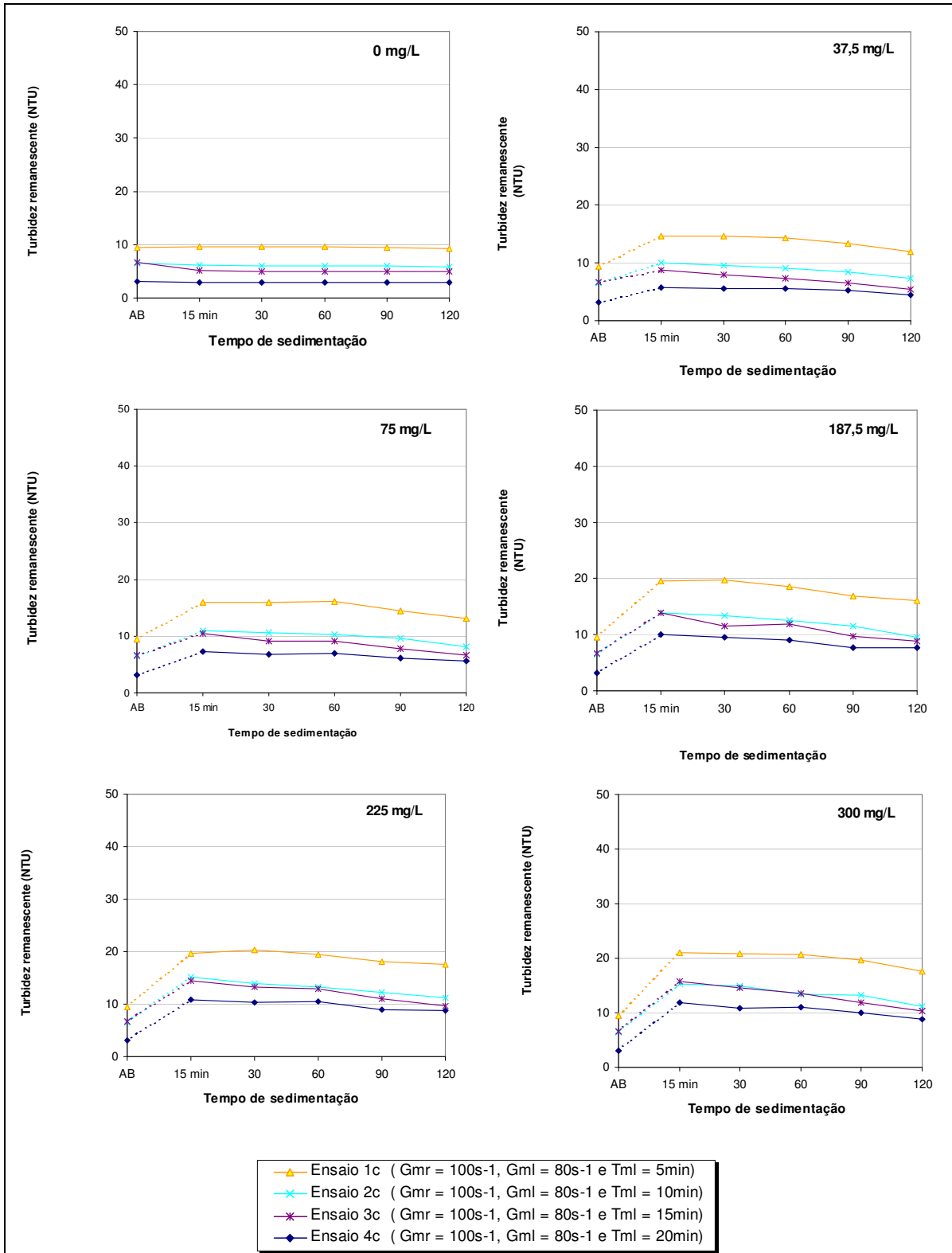


FIGURA E7.b - Curvas de remoção de turbidez (série V) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e T_{mr} = 30s

SÉRIE VI - Os ensaios foram realizados com *intensidade de agitação de mistura lenta igual a 200 s⁻¹* .

A intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s ⁻¹)	20	40	80
5	1a	1b	1c
10	2a	2b	2c
15	3a	3b	3c
20	4a	4b	4c

Série VI - Ensaio 1a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	20	35	5	
Características da água bruta		pH: 6,86			Turbidez: 7,58 NTU			
		Cor: 86 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0	
Filtração direta	Turbidez	4,64	2,25	3,83	5,35	4,65	5,26	
	Cor aparente	51	15	31	51	40	50	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,94	7,03	6,95	6,84	6,91	6,87
		Cor aparente	89	115	129	154	157	174
		Turbidez	7,1	11,7	13,4	16,6	18,0	18,9
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	88	117	129	155	161	174
		Turbidez	7,6	11,8	13,6	16,7	18,0	19,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	91	113	123	147	154	172
		Turbidez	7,5	12,5	13,5	16,8	17,3	19,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	89	110	119	143	146	155
		Turbidez	7,4	11,9	13,0	15,5	16,2	18,0
Ts ₅ =120min	Cor aparente	91	107	114	131	135	146	
	Turbidez	7,2	11,3	12,4	14,5	15,2	16,4	

Série VI - Ensaio 1b								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação Min		
	s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm			
	200	170	60	20	35	5		
Características da água bruta	pH: 6,90			Turbidez: 8,29 NTU				
	Cor: 113 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0		
Filtração direta	Turbidez	4,84	3,22	3,07	4,55	5,07	5,59	
	Cor aparente	61	32	29	46	54	60	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,93	6,96	6,91	6,80	6,78	6,77
		Cor aparente	114	136	152	174	186	202
		Turbidez	8,2	13,3	15,0	18,5	20,3	21,7
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,065
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	120	134	147	176	181	197
		Turbidez	8,4	13,5	14,3	18,0	19,5	20,4
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	118	134	148	168	180	191
		Turbidez	8,1	13,5	14,8	18,7	19,6	20,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	126	130	136	163	164	182
		Turbidez	8,1	12,5	13,5	16,0	16,6	18,6
Ts ₅ =120min	Cor aparente	123	123	133	153	163	169	
	Turbidez	8,1	11,8	12,7	15,1	16,7	17,3	

Série VI - Ensaio 1c								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min		
	s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm			
	100	90	60	20	35	5		
Características da água bruta	pH: 7,02			Turbidez: 7,98 NTU				
	Cor: 94 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0		
Filtração direta	Turbidez	4,57	2,39	2,90	4,25	4,36	5,80	
	Cor aparente	62	27	33	47	47	60	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,74	6,94	6,85	6,85	6,75	6,83
		Cor aparente	101	129	139	158	169	186
		Turbidez	7,7	12,8	13,2	16,9	17,8	18,9
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	111	126	132	160	169	177
		Turbidez	7,6	12,3	13,4	16,3	17,8	19,3
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	109	119	129	152	158	173
		Turbidez	7,4	11,9	13,1	16,1	16,5	18,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	110	113	124	144	152	162
		Turbidez	7,4	11,6	12,7	15,2	15,8	17,3
Ts ₅ =120min	Cor aparente	101	110	118	134	144	152	
	Turbidez	7,2	11,0	12,3	14,4	15,4	16,9	

Série VI - Ensaio 2a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		400	230	60	40	60	10	
Características da água bruta		pH: 6,91			Turbidez: 8,17 NTU			
		Cor: 104 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0	
Filtração direta	Turbidez	4,28	2,29	3,14	3,60	3,51	3,92	
	Cor aparente	51	24	31	42	37	41	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,83	6,96	6,94	6,91	6,88	6,80
		Cor aparente	98	122	134	157	171	187
		Turbidez	7,4	12,3	13,7	18,0	18,3	20,9
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	92	121	131	153	158	174
		Turbidez	7,3	12,5	13,5	16,6	17,7	20,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	99	113	125	143	145	169
		Turbidez	7,2	11,5	12,6	14,8	15,7	18,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	98	108	115	136	138	153
		Turbidez	7,1	11,0	11,9	14,7	15,1	17,4
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	98	103	106	122	133	148
		Turbidez	6,8	10,4	10,5	12,9	12,4	14,0

Série VI - Ensaio 2b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		200	170	60	40	60	10	
Características da água bruta		pH: 6,84			Turbidez: 9,32 NTU			
		Cor: 107 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0	
Filtração direta	Turbidez	4,25	2,16	2,37	3,88	4,23	4,01	
	Cor aparente	52	20	22	36	40	45	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,95	6,93	6,85	6,83	6,81	6,77
		Cor aparente	108	129	143	162	183	198
		Turbidez	8,5	13,3	16,4	20,5	22,6	23,9
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	111	122	137	164	165	181
		Turbidez	8,3	12,7	14,7	18,5	19,5	23,5
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	111	113	125	146	162	165
		Turbidez	8,1	11,5	13,7	16,0	17,5	19,0
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	106	96	109	135	140	152
		Turbidez	7,8	10,0	11,7	14,0	15,0	16,7
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	104	83	96	113	121	134
		Turbidez	7,5	8,9	10,6	13,1	14,0	14,7

Série VI - Ensaio 2c								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min		
	s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm			
	100	90	60	40	60	10		
Características da água bruta	pH: 6,85			Turbidez: 6,88 NTU				
	Cor: 84 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0		
Filtração direta	Turbidez	3,80	1,85	2,41	2,93	3,21	3,87	
	Cor aparente	48	18	22	36	35	46	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,06	6,92	6,91	6,85	6,61	6,73
		Cor aparente	84	100	113	128	138	160
		Turbidez	6,7	10,7	12,6	14,8	15,4	19,2
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	93	97	115	126	133	154
		Turbidez	7,0	10,6	11,8	15,0	16,1	13,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	93	90	104	121	128	138
		Turbidez	6,6	9,8	10,7	13,4	14,8	15,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	90	86	97	115	117	130
		Turbidez	6,1	8,6	9,6	11,6	12,7	13,5
Ts ₅ =120min	Cor aparente	87	85	96	112	116	122	
	Turbidez	6,3	8,8	10,0	11,7	12,8	13,3	

Série VI - Ensaio 3a								
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)				
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min		
	s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm			
	400	230	60	80	80	15		
Características da água bruta	pH: ---			Turbidez: 6,51 NTU				
	Cor: 72 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0		
Filtração direta	Cor	41	18	17	31	31	25	
	Turbidez	3,67	2,65	2,59	4,11	3,37	3,10	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,86	6,94	6,83	6,78	6,67	6,74
		Cor aparente	72	88	99	123	128	142
		Turbidez	6,0	10,3	11,0	14,1	15,4	17,1
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	78	90	94	114	121	140
		Turbidez	6,0	9,9	10,8	14,5	14,3	16,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	76	81	86	107	110	121
		Turbidez	5,9	9,6	10,1	12,1	12,4	13,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	76	81	79	96	103	111
		Turbidez	5,8	8,7	8,9	11,1	11,3	11,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	73	72	73	88	90	97	
	Turbidez	5,8	8,1	8,5	10,1	10,1	11,4	

Série VI - Ensaio 3b							
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
	s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
	200	170	60	80	80	15	
Características da água bruta	pH: 6,82			Turbidez: 7,42 NTU			
	Cor: 76 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS	1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0	
Filtração direta	Cor	37	7	12	26	40	
	Turbidez	3,30	1,21	1,58	3,38	4,15	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,84	6,94	6,86	6,82	6,80
		Cor aparente	78	91	101	133	140
		Turbidez	6,4	9,8	11,6	15,6	16,3
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	84	83	95	119	125
		Turbidez	6,6	9,8	10,9	14,8	15,4
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	80	66	82	106	117
		Turbidez	6,1	6,9	8,9	12,0	13,0
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	79	39	58	91	103
		Turbidez	6,2	5,3	7,2	10,3	11,3
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	79	37	50	78	86
		Turbidez	6,0	4,0	5,5	9,0	10,0

Série VI - Ensaio 3c							
Condições de operação	Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
	s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
	100	90	60	80	80	15	
Características da água bruta	pH: 7,07			Turbidez: 4,8 NTU			
	Cor: 63 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS	1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)	0 mg/L	37,5	75,0	187,5	225,0	300,0	
Filtração direta	Cor	38	12	16	28	47	
	Turbidez	3,15	1,37	1,57	3,02	4,03	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,01	6,99	6,98	6,92	6,75
		Cor aparente	66	78	89	117	117
		Turbidez	4,7	8,3	9,6	13,7	13,3
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	64	79	86	114	115
		Turbidez	4,5	7,6	8,6	11,2	12,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	65	65	82	99	107
		Turbidez	4,5	7,4	8,6	10,8	11,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	62	62	73	90	101
		Turbidez	4,3	6,4	7,5	9,5	11,2
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	60	56	70	85	92
		Turbidez	4,2	5,8	7,2	8,9	10,3

Série VI - Ensaio 4a								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	20	35	20	
Características da água bruta		pH: 7,03			Turbidez: 3,45 NTU			
		Cor: 42 mg PtCo / L			Condutividade: 0,05 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Filtração direta	Cor (framex)	42	14	22	22	27	26	
	(Briggitta-duplo)	72	62	22	18	22	23	
	Turbidez (framex)	3,16	1,49	2,61	2,35	2,56	2,57	
	(Briggitta-duplo)	2,80	2,06	2,52	2,69	3,43	3,11	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,06	7,03	7,11	6,86	6,84	6,85
		Cor aparente	51	67	71	97	102	108
		Turbidez	3,5	7,0	7,6	10,2	12,7	15,6
		Cond. elétrica	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	70	79	77	90	101	116
		Turbidez	3,6	6,6	7,0	9,2	10,7	13,1
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	55	64	74	86	93	110
		Turbidez	3,4	6,9	6,7	8,9	10,5	11,5
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	57	65	68	81	89	96
		Turbidez	3,4	6,1	6,3	8,1	9,1	9,5
Ts ₅ =120min	Cor aparente	52	62	65	74	79	81	
	Turbidez	3,5	6,0	6,1	7,6	8,8	9,0	

Série VI - Ensaio 4b								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação s	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação min	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		
		100	90	30	40	60	20	
Características da água bruta		pH: 6,73			Turbidez: 3,87 NTU			
		Cor: 52 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Filtração direta	Cor (framex)	35	9	15	19	22	27	
	(Briggitta duplo)	38	11	13	18	17	15	
	Turbidez (framex)	2,59	1,32	1,87	2,72	2,59	2,86	
	(Briggitta duplo)	3,14	1,12	1,77	2,02	1,88	1,80	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,97	7,05	6,96	6,88	6,85	6,89
		Cor aparente	50	60	65	87	94	102
		Turbidez	3,8	6,8	8,2	11,5	11,0	12,8
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	48	54	61	80	88	95
		Turbidez	3,7	6,5	7,1	9,7	10,7	12,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	44	50	56	74	78	81
		Turbidez	3,5	6,1	7,0	9,6	10,1	10,3
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	46	48	53	67	76	77
		Turbidez	3,3	5,2	5,8	7,4	7,8	8,6
Ts ₅ =120min	Cor aparente	43	46	52	64	69	75	
	Turbidez	3,2	5,0	5,8	7,1	7,6	8,0	

Série VI - Ensaio 4c								
Condições de operação		Mistura Rápida (coagulação)			Mistura Lenta (floculação)			
		Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	Gradiente de Velocidade Médio		Tempo de agitação	
		s ⁻¹	rpm		s ⁻¹	rpm		min
		100	90	30	80	80	20	
Características da água bruta		pH: 6,94			Turbidez: 3,11 NTU			
		Cor: 40 mg PtCo / L			Condutividade: 0,06 mS			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		0 mg/L	37,5	75,0	150,0	187,5	225,0	
Filtração direta	Cor (framex)	30	8	20	25	31	28	
	(Briggitta duplo)	31	6	12	23	22	27	
	Turbidez (framex)	2,22	0,86	2,11	2,64	2,83	2,48	
	(Briggitta duplo)	2,55	0,57	1,67	2,25	2,03	2,58	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,95	6,97	6,98	6,91	6,92	6,92
		Cor aparente	43	56	65	84	90	101
		Turbidez	3,1	5,9	6,8	9,7	10,3	12,3
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	45	53	61	78	85	94
		Turbidez	2,8	5,4	6,5	8,3	8,9	10,2
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	41	46	56	72	80	90
		Turbidez	3,0	4,9	5,9	7,7	8,3	9,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	39	42	46	67	76	83
		Turbidez	3,0	4,5	5,6	7,6	8,4	8,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	35	35	48	57	69	75	
	Turbidez	2,9	4,0	5,2	6,6	7,6	8,1	

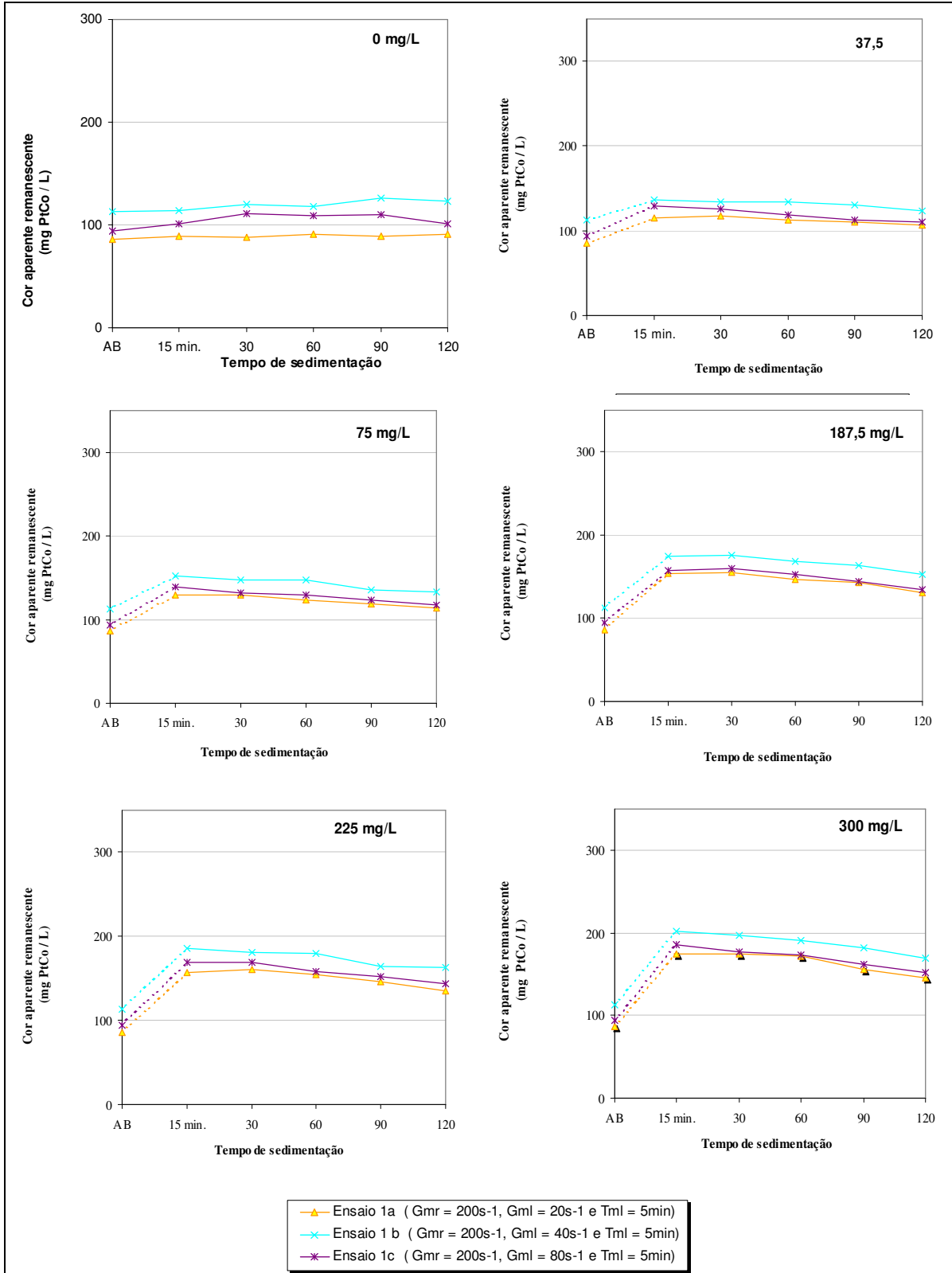


FIGURA F1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série VI) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

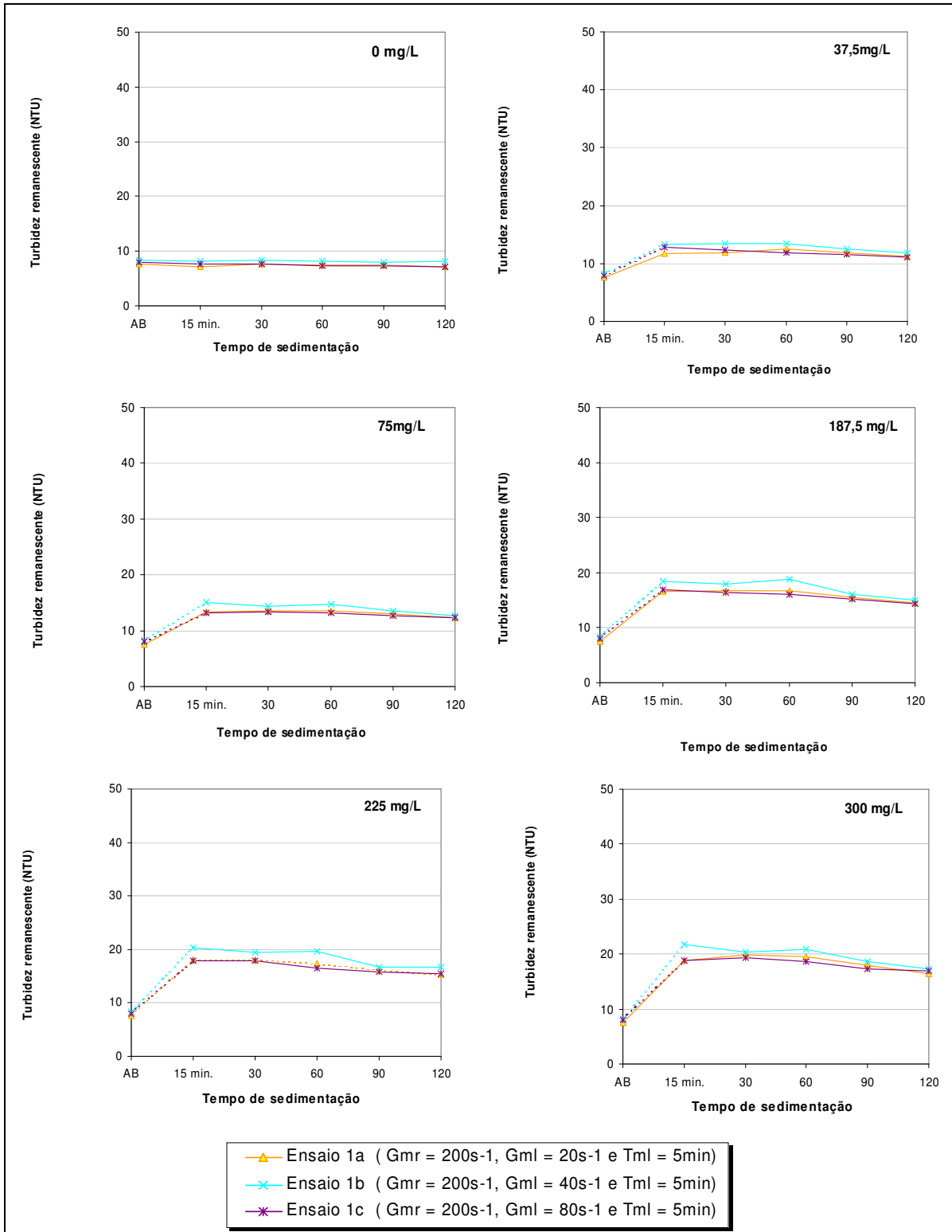


FIGURA F1.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **T_{mr} = 30s**

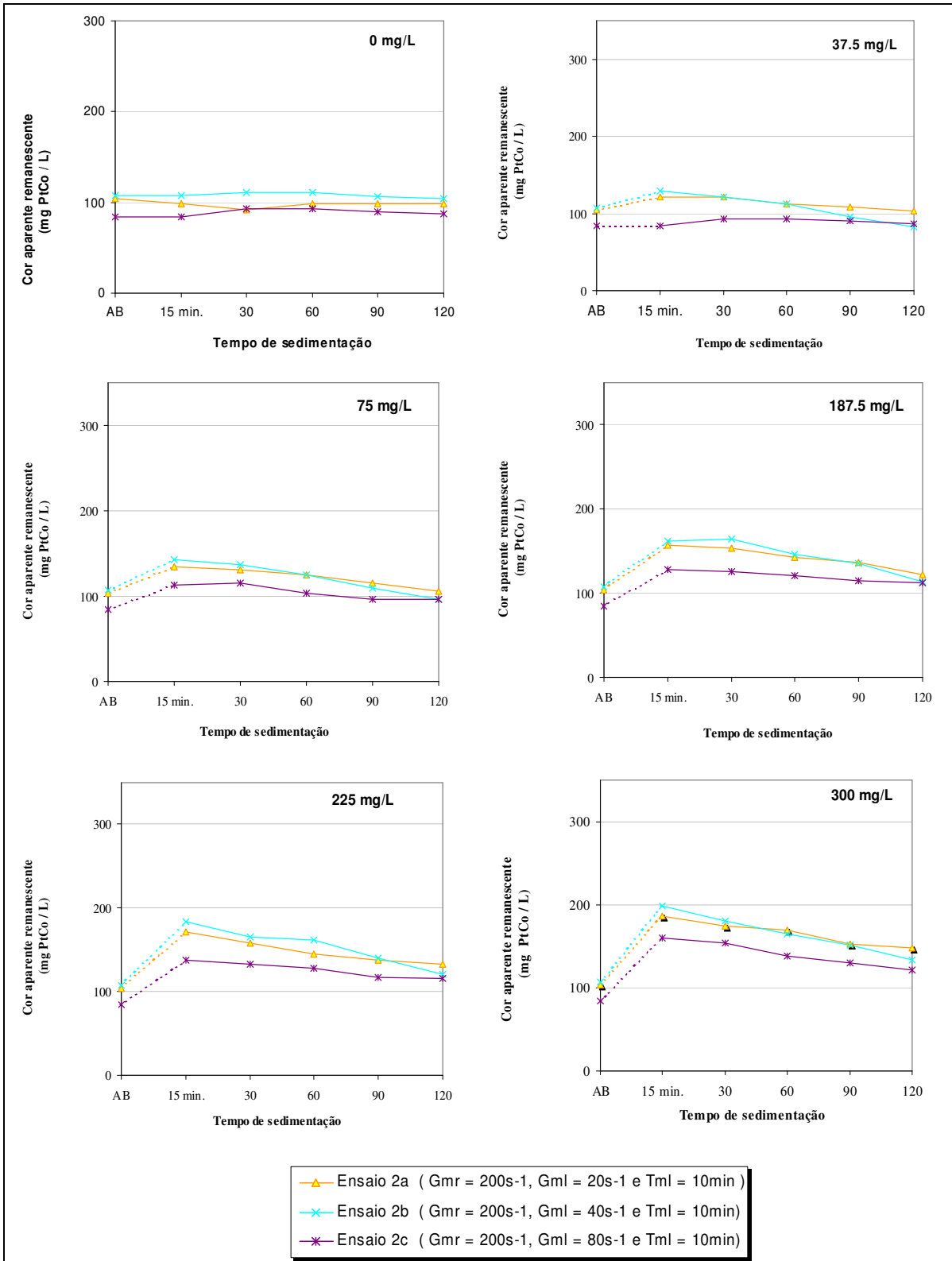


FIGURA F2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série VI) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

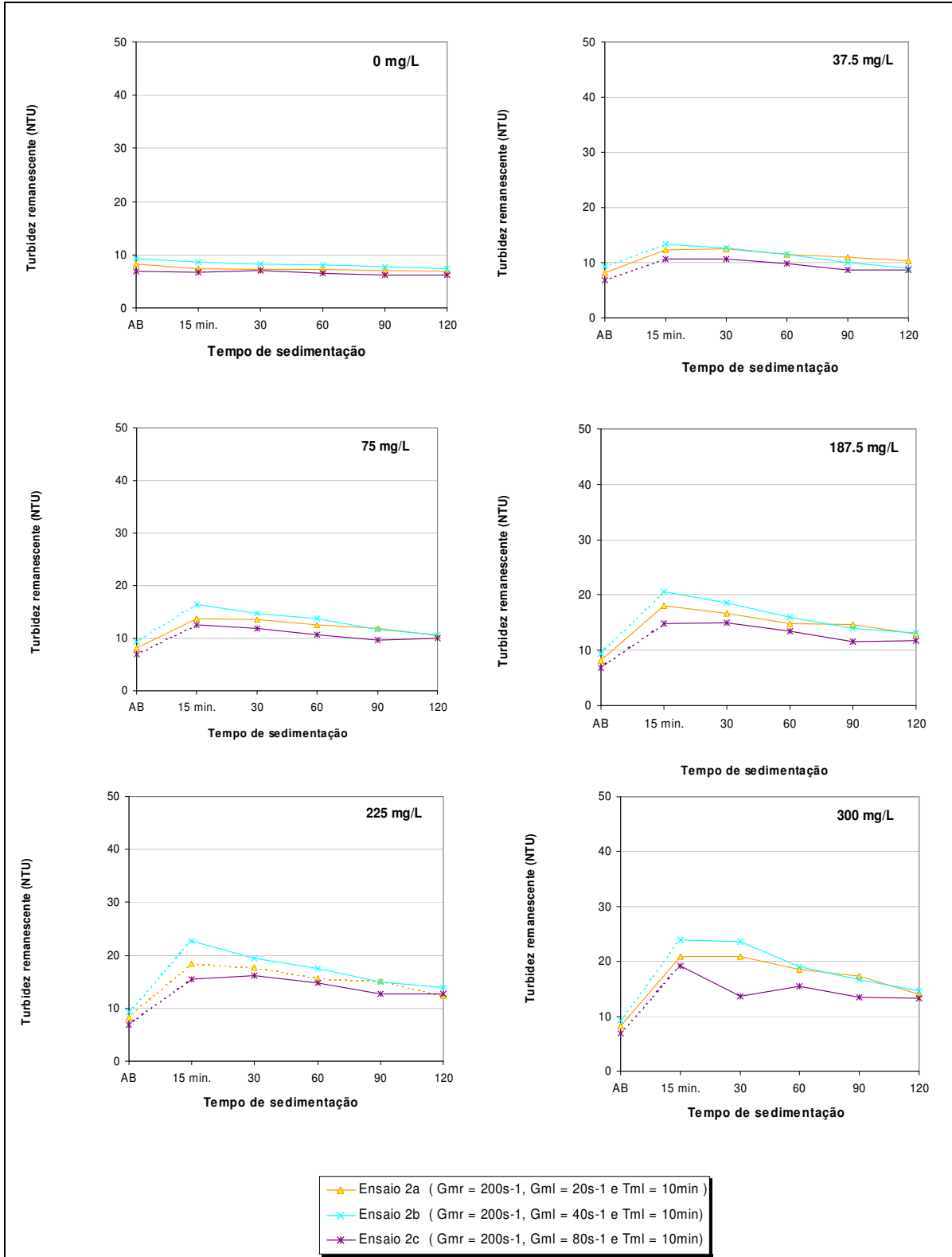


FIGURA F2.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **T_{mr} = 30s**

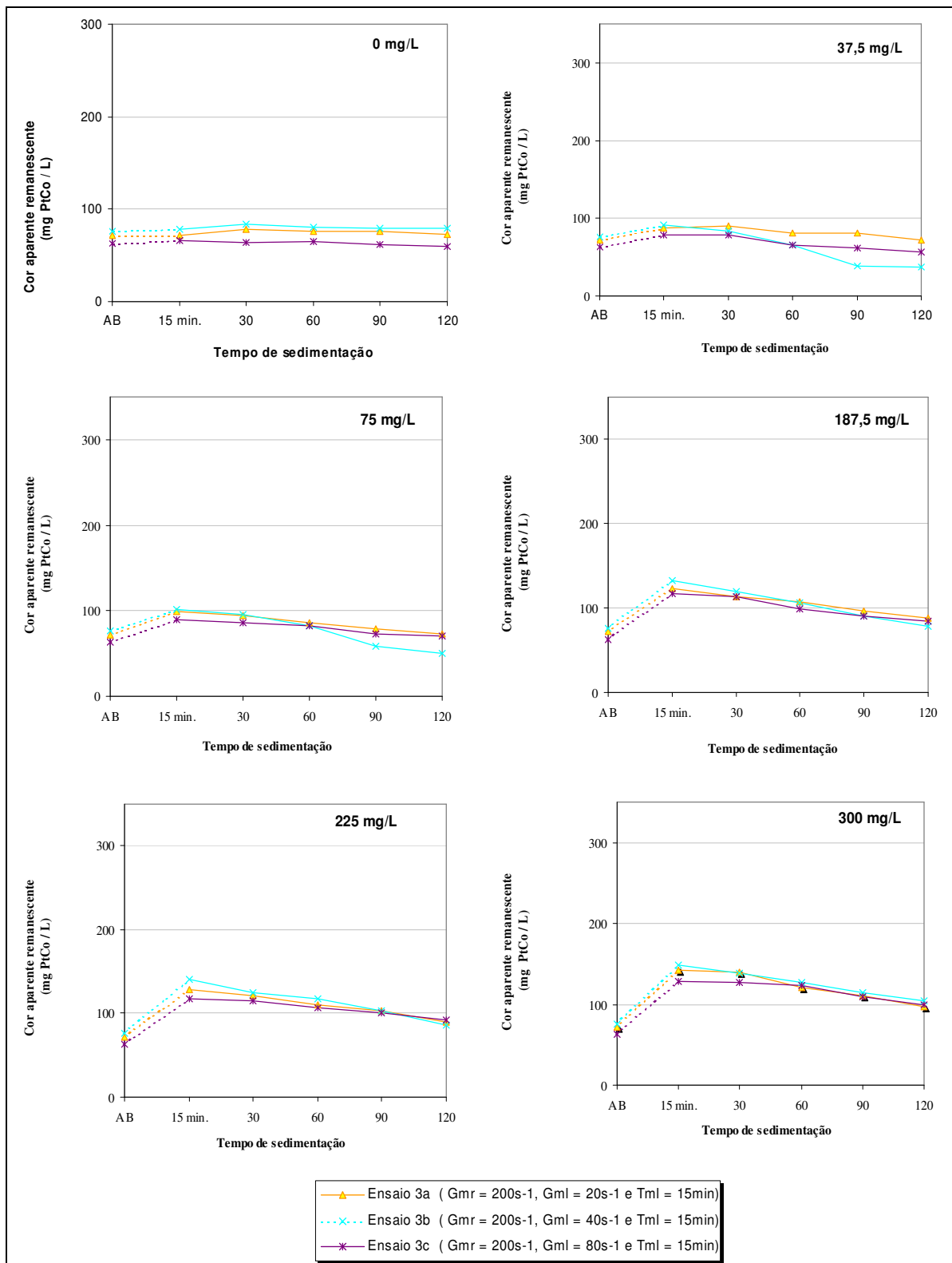


FIGURA F3.a - Curvas de remoção de *cor* (série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e T_{mr} = 30s

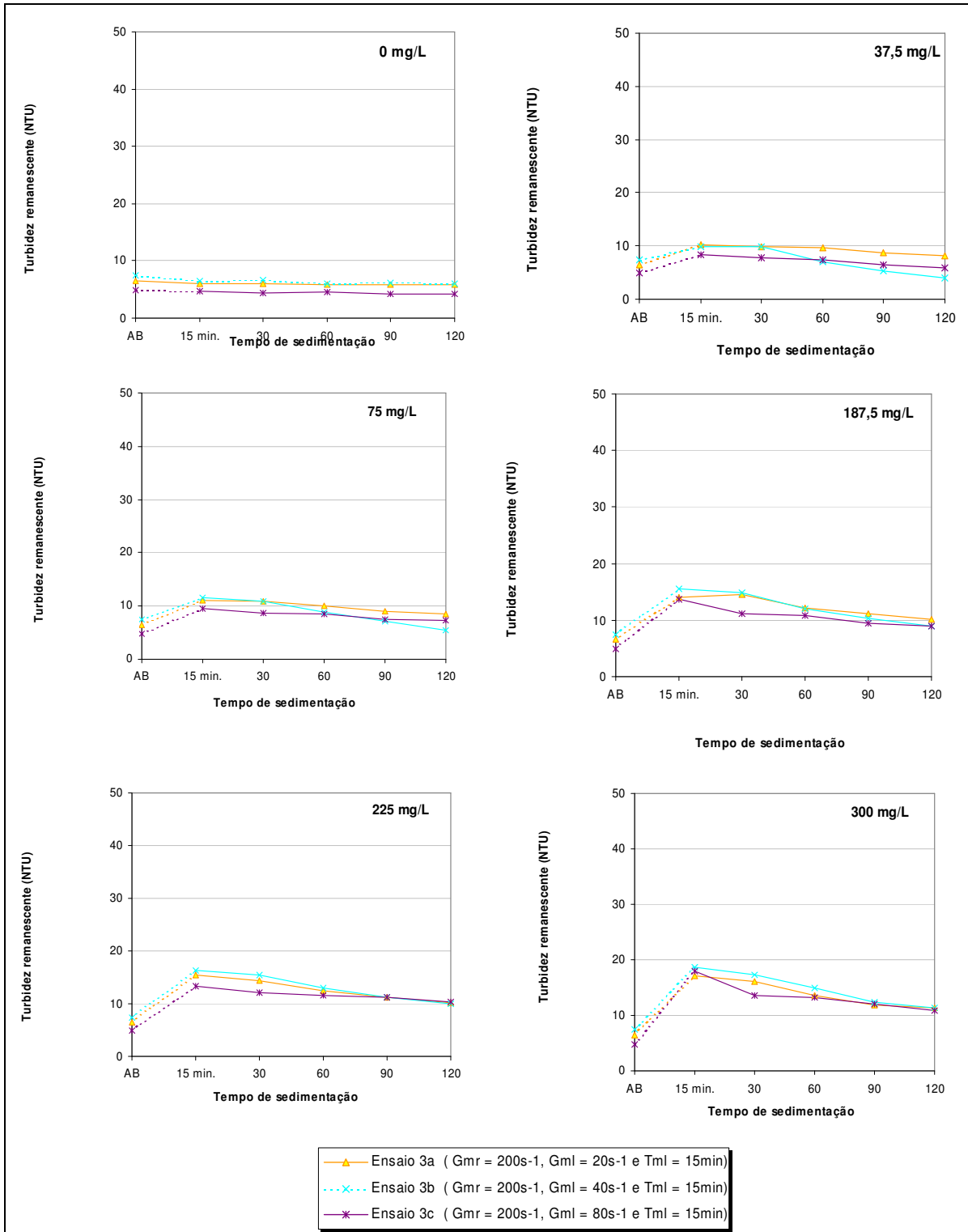


FIGURA F3.b - Curvas de remoção de *turbidez* (série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **T_{mr} = 30s**

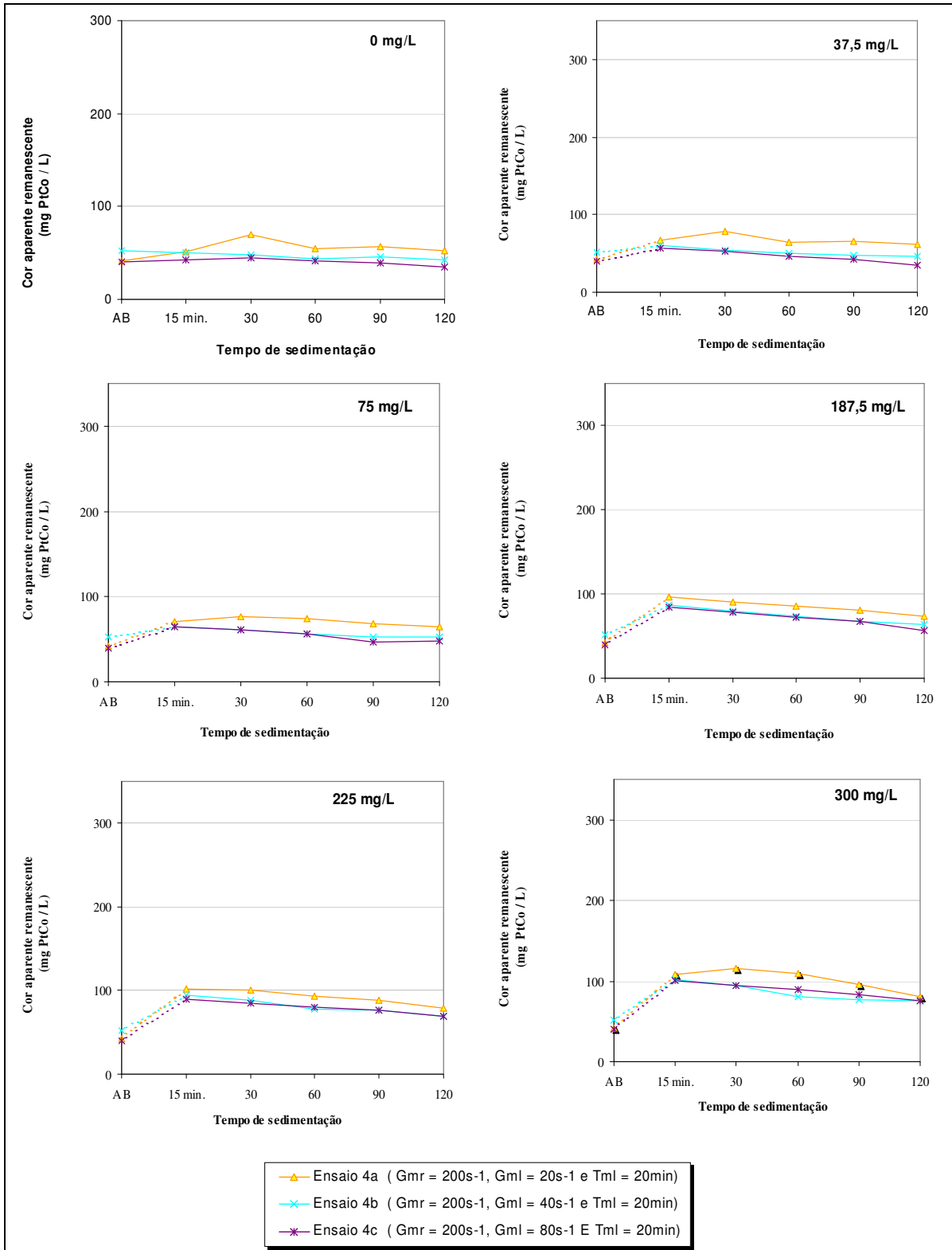


FIGURA F4.a - Curvas de remoção de *cor* (série VI) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

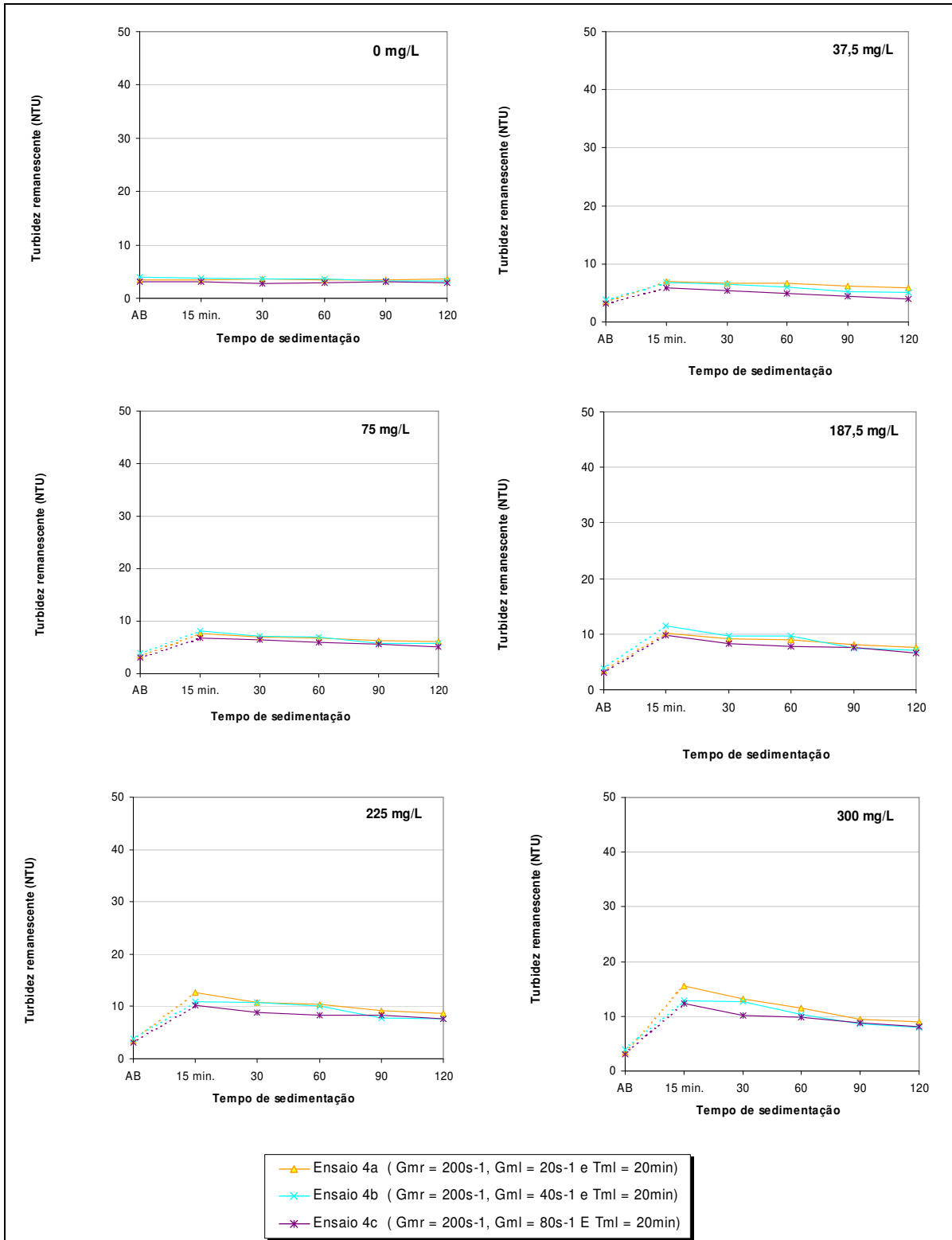


FIGURA F4.b - Curvas de remoção de *turbidez* (série VI) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

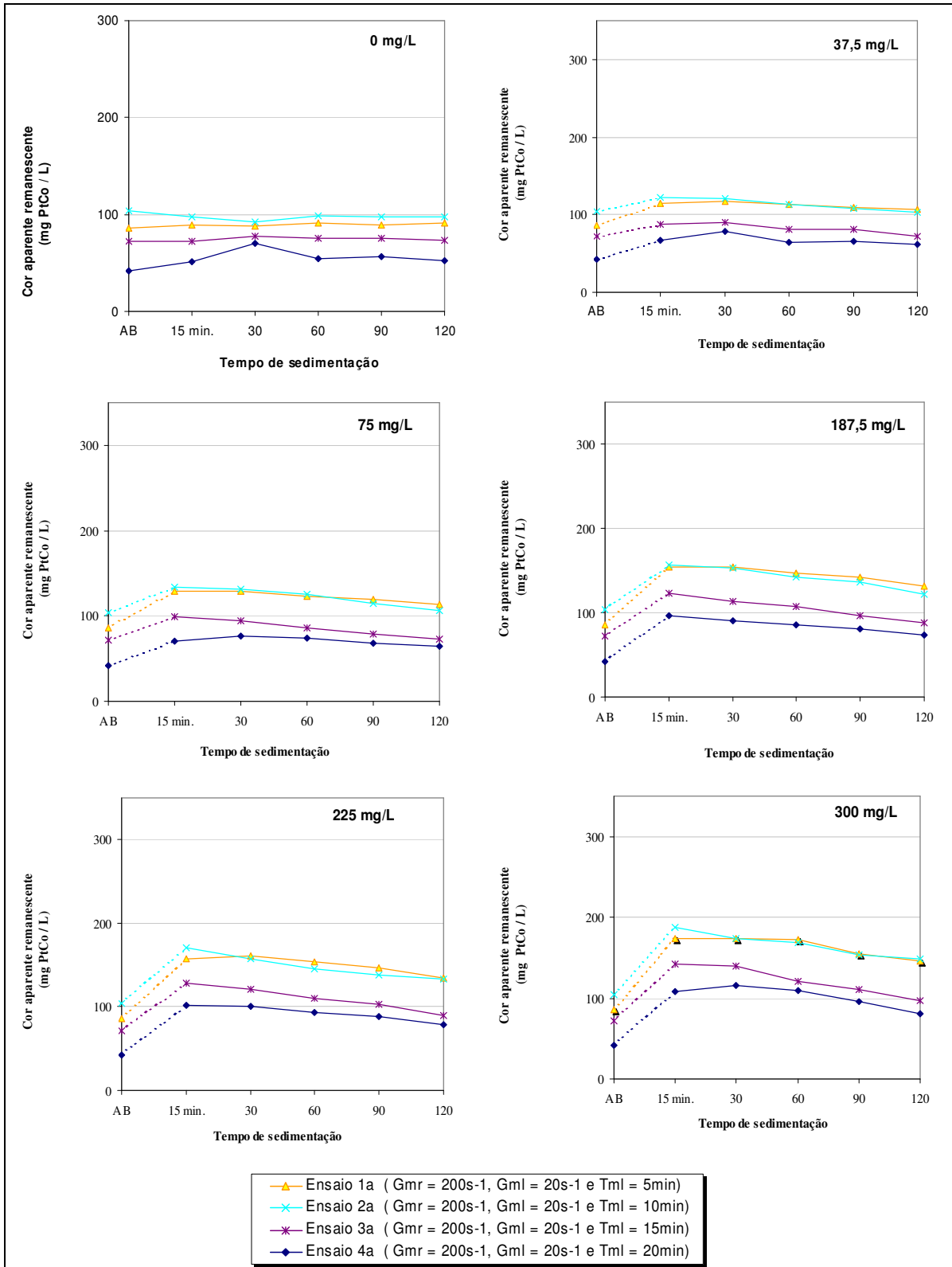


FIGURA F5.a - Curvas de remoção de *cor* (série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **T_{mr} = 30s**

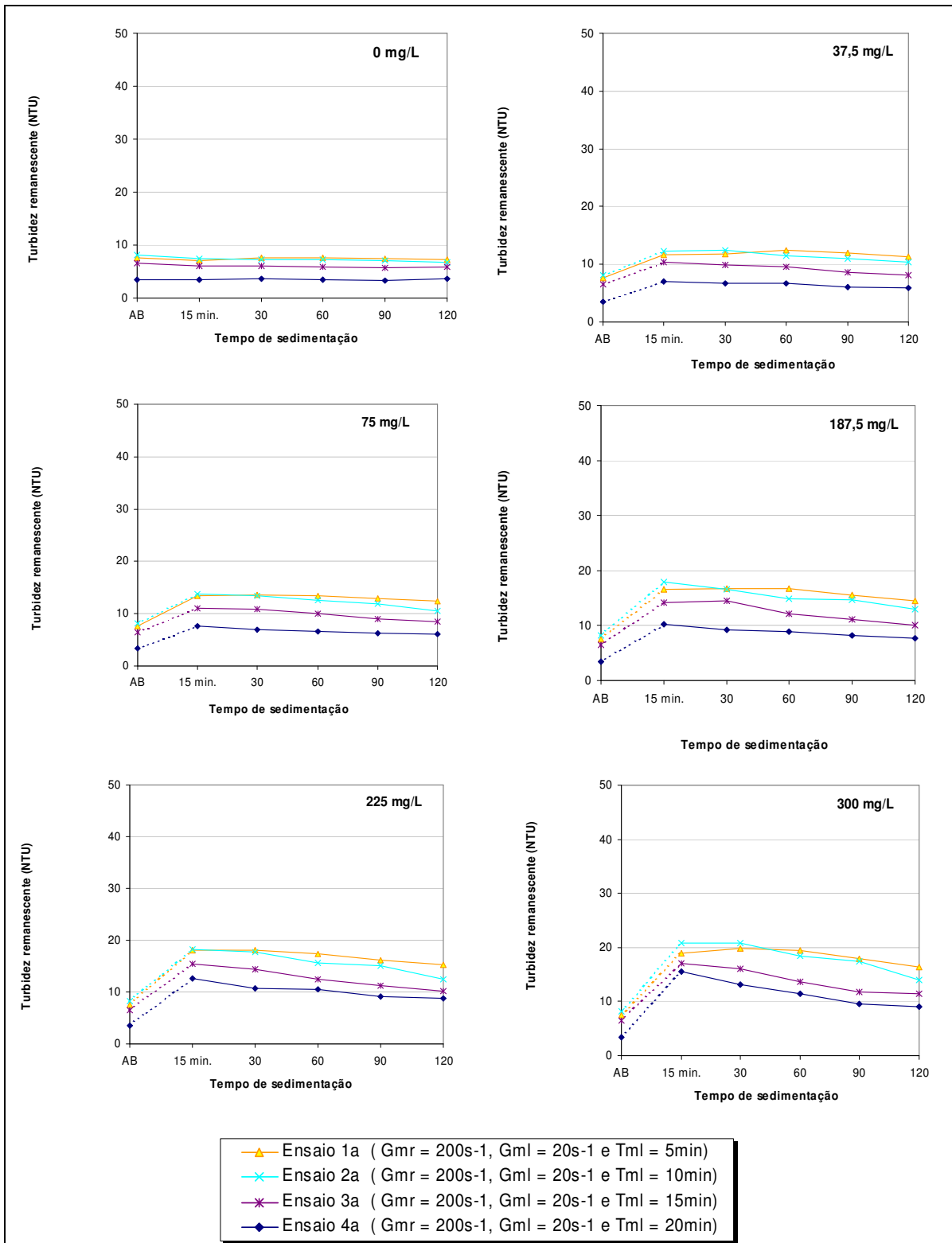


FIGURA F5.b - Curvas de remoção de turbidez (série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e T_{mr} = 30s

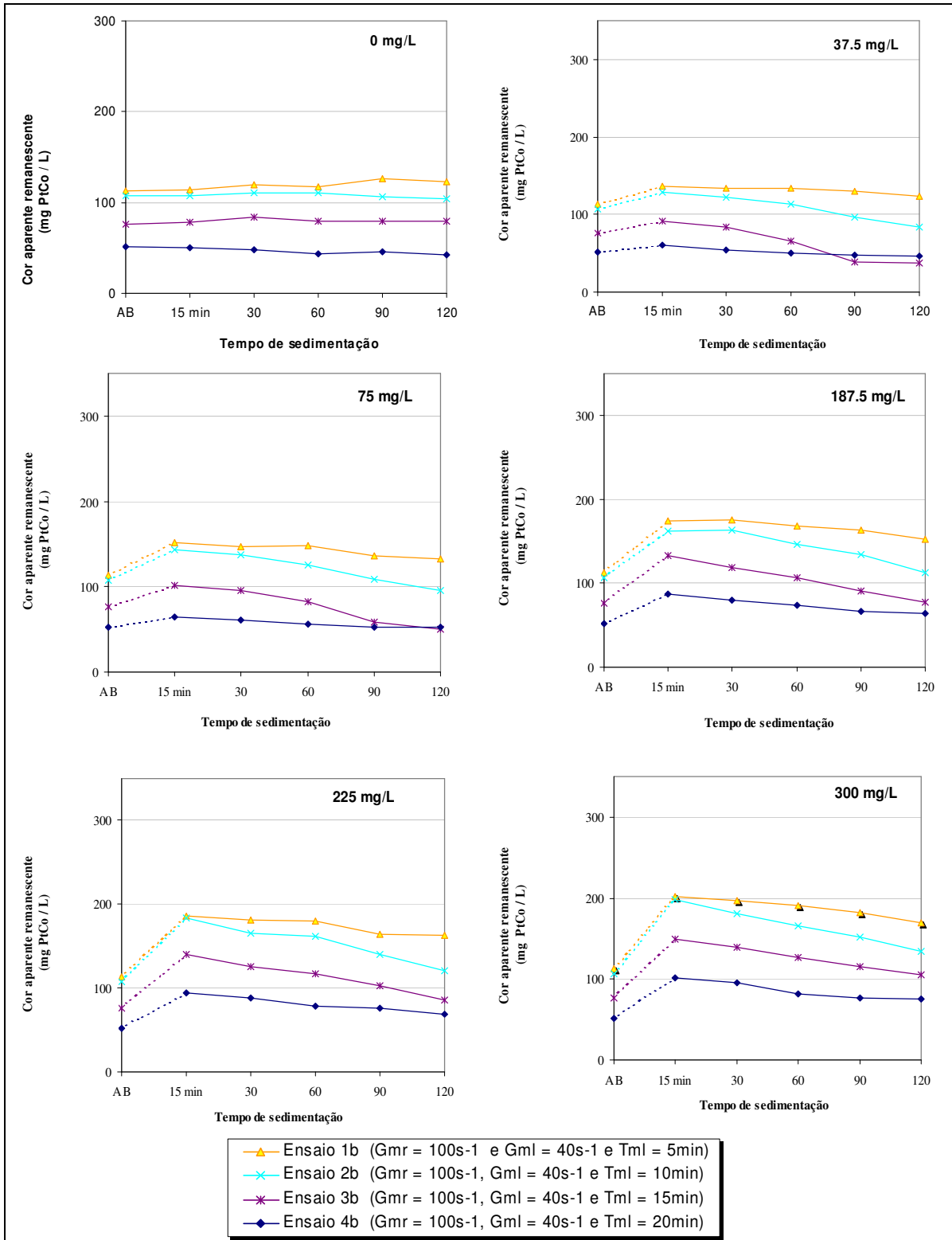


FIGURA F6.a - Curvas de remoção de *cor* (série VI) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

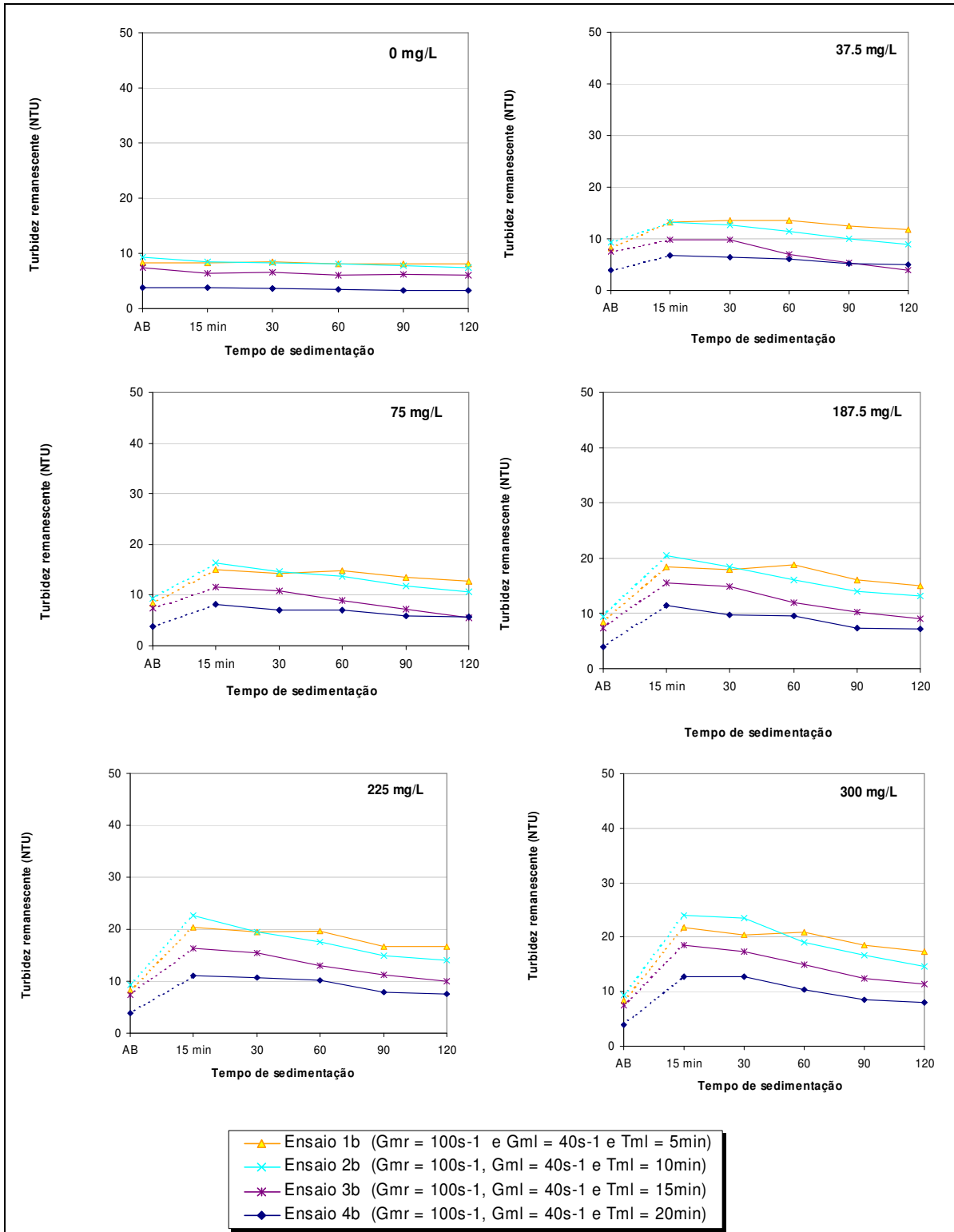


FIGURA F6.b - Curvas de remoção de turbidez (série VI) em função do tempo de sedimentação: $C = 2.5\%$ e $T_{mr} = 30s$

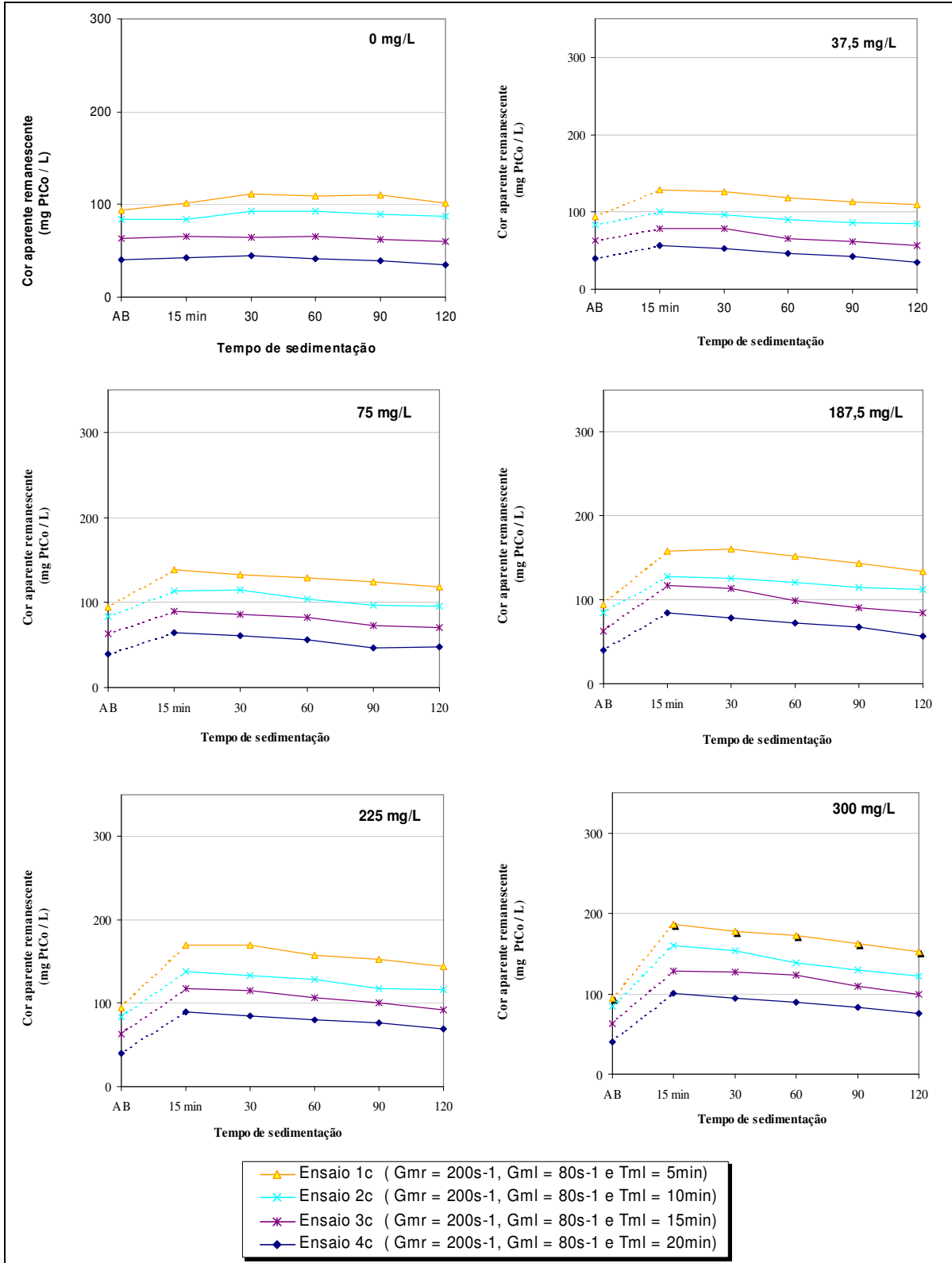


FIGURA F7.a - Curvas de remoção de cor (série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e $T_{mr} = 30s$

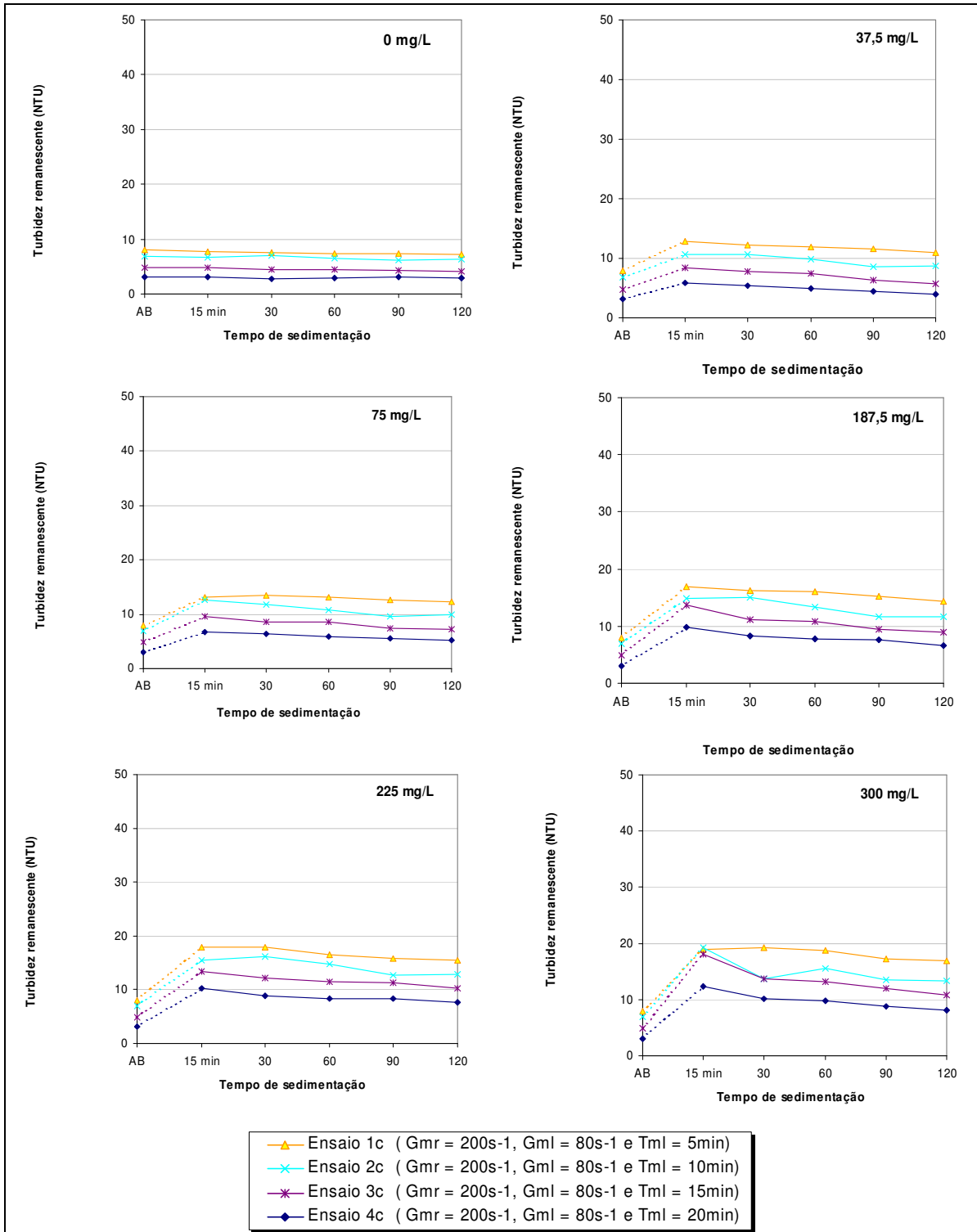


FIGURA F7.b - Curvas de remoção de *turbidez* (série VI) em função do tempo de sedimentação: C = 2.5% e **T_{mr} = 30s**

SÉRIE VII - Todos os ensaios foram realizados com uma *dosagem igual a 37,5 mg/L* e $T_{mr} = 15s$.

A dosagem utilizada nesta série de experimentos 37,5mg/L (C=2,5%) para todos os jarros, porém, variou-se o tempo de mistura lenta (Tml) de forma que a intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s ⁻¹)	20	40	80
100	1a	1b	1c
200	2a	2b	2c

Série VII - Ensaio 1a								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	100	90	15	20	35	37,5		
Características da água bruta	pH:		7,02		Turbidez:		11,0 NTU	
	Cor aparente:		129 mg PtCo /L		Cond. elétrica:		0,06 mS	
			Alcalinidade:		9 mg CaCo ₃ /L			
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	38	34	20	26	23	21	
	Turbidez	3,82	3,12	2,04	2,49	2,59	2,09	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,80	6,91	6,85	6,96	6,86	6,96
		Cor aparente	152	151	140	131	130	123
		Turbidez	16,1	16,0	14,9	14,2	14,7	14,8
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	155	145	129	112	107	100
		Turbidez	16,2	15,4	13,6	12,5	12,4	11,9
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	154	143	111	88	77	66
		Turbidez	16,1	15,0	11,5	9,3	8,2	7,4
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	149	133	91	75	56	49
		Turbidez	15,4	13,7	9,5	7,7	5,9	5,2
Ts ₅ =120min	Cor aparente	148	123	76	63	46	42	
	Turbidez	15,2	12,2	7,8	6,6	4,8	4,4	

ANEXO G

Série VII - Ensaio 1b								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	90	100	15	40	60	37,5		
Características da água bruta	pH: 7,03			Turbidez: 14,5 NTU				
	Cor aparente: 160mg PtCo / L			Cond. elétrica: 0,06 mS				
	Alcalinidade:			16 mg CaCO ₃ / L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	41	28	25	26	26	20	
	Turbidez	3,87	2,05	1,91	1,86	1,28	0,92	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,45	7,39	7,36	7,32	7,32	7,32
		Cor aparente	135	133	132	122	117	122
		Turbidez	14,0	13,4	12,7	12,5	12,3	12,4
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	130	124	114	110	118	111
		Turbidez	13,9	12,6	11,1	10,6	11,3	10,2
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	131	115	106	96	94	92
		Turbidez	13,0	11,4	10,1	8,97	9,24	8,34
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	133	113	106	79	79	72
		Turbidez	12,6	10,5	8,5	7,8	7,6	6,7
Ts ₅ =120min	Cor aparente	135	109	93	74	75	60	
	Turbidez	11,7	9,1	7,0	5,7	5,6	5,0	

Série VII - Ensaio 1c								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	100	90	15	80	80	37,5		
Características da água bruta	pH: 6,84			Turbidez: 9,84 NTU				
	Cor aparente: 115mg PtCo/L			Cond. elétrica: 0,05 mS				
	Alcalinidade:			12 mg CaCO ₃ / L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	30	17	16	8	13	8	
	Turbidez	3,47	2,27	2,15	1,32	1,53	1,94	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,93	6,91	6,88	6,80	6,86	6,92
		Cor aparente	125	128	126	122	117	124
		Turbidez	15,3	14,6	14,4	14,3	15,4	13,9
		Cond. elétrica	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	137	127	126	120	114	109
		Turbidez	15,0	14,5	13,3	13,8	13,7	13,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	129	121	108	104	99	93
		Turbidez	14,3	13,1	12,0	11,8	11,7	10,7
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	126	105	95	82	89	79
		Turbidez	13,9	12,0	10,9	10,2	10,6	9,1
Ts ₅ =120min	Cor aparente	122	93	79	71	75	59	
	Turbidez	13,4	11,1	9,6	8,5	8,7	7,4	

ANEXO G

Série VII - Ensaio 2a								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	200	170	15	20	35	37,5		
Características da água bruta	pH: 6,88			Turbidez: 6,82 NTU				
	Cor: 86 mg PtCo/L			Condutividade: 0,05 mS				
	Alcalinidade:			18 mg CaCO ₃ /L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	35	25	19	20	14	16	
	Turbidez	3,32	2,67	2,20	2,40	1,58	1,83	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,99	6,95	6,96	6,96	7,02	7,06
		Cor aparente	106	101	104	92	85	86
		Turbidez	11,1	12,1	10,4	10,1	9,5	9,8
		Cond. elétrica	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	102	99	91	82	77	70
		Turbidez	10,7	10,5	10,1	8,8	8,8	7,6
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	104	96	82	77	66	60
		Turbidez	10,9	10,2	9,0	7,9	6,9	6,2
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	100	96	80	70	54	47
		Turbidez	10,4	10,1	8,0	7,1	5,7	4,8
Ts ₅ =120min	Cor aparente	105	95	74	59	44	42	
	Turbidez	10,1	9,5	7,4	6,5	4,6	4,1	

Série VII - Ensaio 2b								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	200	170	15	40	60	37,5		
Características da água bruta	pH: 7,13			Turbidez: 4,55 NTU				
	Cor: 67 mg PtCo/L			Cond. elétrica: 0,06 mS				
	Alcalinidade:			7 mg CaCO ₃ /L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	25	25	19	18	18	21	
	Turbidez	2,19	1,39	1,31	1,13	1,10	1,11	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,01	7,15	7,07	7,13	7,18	7,19
		Cor aparente	88	87	76	76	75	71
		Turbidez	8,8	7,8	7,9	7,9	7,8	7,8
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	80	85	82	78	80	77
		Turbidez	8,19	7,7	7,5	7,3	7,1	6,6
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	92	79	71	71	70	63
		Turbidez	7,7	7,3	6,6	6,0	5,6	5,2
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	87	78	65	58	57	52
		Turbidez	7,6	7,2	5,6	5,0	4,9	4,2
Ts ₅ =120min	Cor aparente	83	66	58	50	51	46	
	Turbidez	7,5	6,2	4,9	3,9	4,2	3,4	

Série VII - Ensaio 2c								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	200	170	15	80	80	37,5		
Características da água bruta	pH:		6,89		Turbidez:		11,4 NTU	
	Cor:		156 mg PtCo /L		Cond. elétrica:		0,06 mS	
			Alcalinidade:		7 mg CaCo ₃ /L			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		37,5mg/L	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
Filtração direta	Cor	19	13	15	11	10	11	
	Turbidez	1,86	1,33	1,20	1,08	0,66	0,92	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,05	6,97	6,97	7,05	6,89	7,07
		Cor aparente	69	66	67	66	62	65
		Turbidez	7,2	6,9	6,7	6,4	6,7	6,9
		Cond. elétrica	0,06	0,06	0,06	0,055	0,055	0,055
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	66	65	62	59	63	61
		Turbidez	6,7	6,5	6,2	6,0	6,0	6,2
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	68	64	59	57	60	58
		Turbidez	6,7	6,4	6,2	5,8	5,8	5,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	66	63	58	53	56	52
		Turbidez	6,5	5,8	5,5	5,2	5,4	5,1
Ts ₅ =120min	Cor aparente	67	63	58	53	54	40	
	Turbidez	6,4	5,8	5,4	5,0	5,0	4,7	

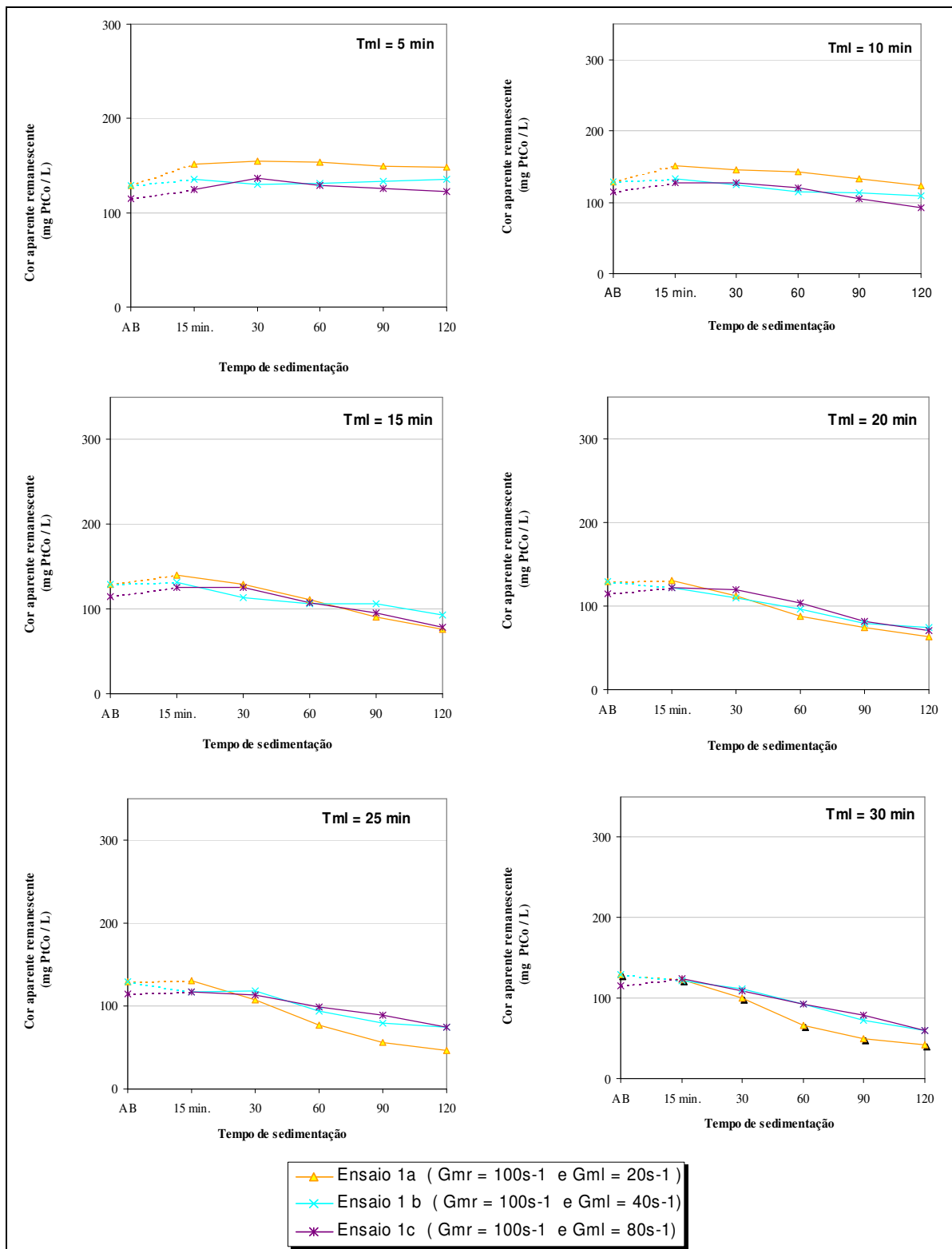


FIGURA G1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série VII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5$ mg/L, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

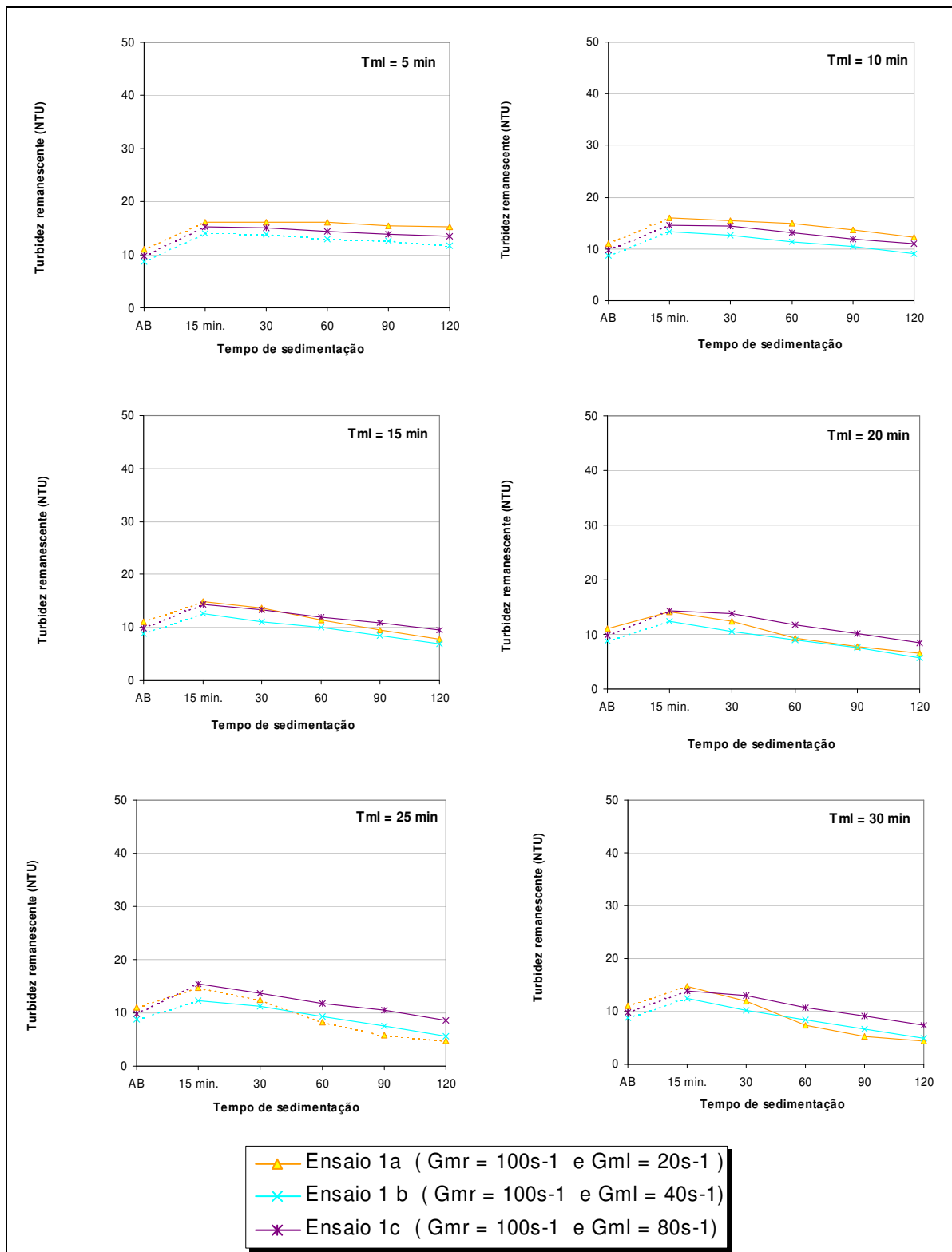


FIGURA G1.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série VII) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

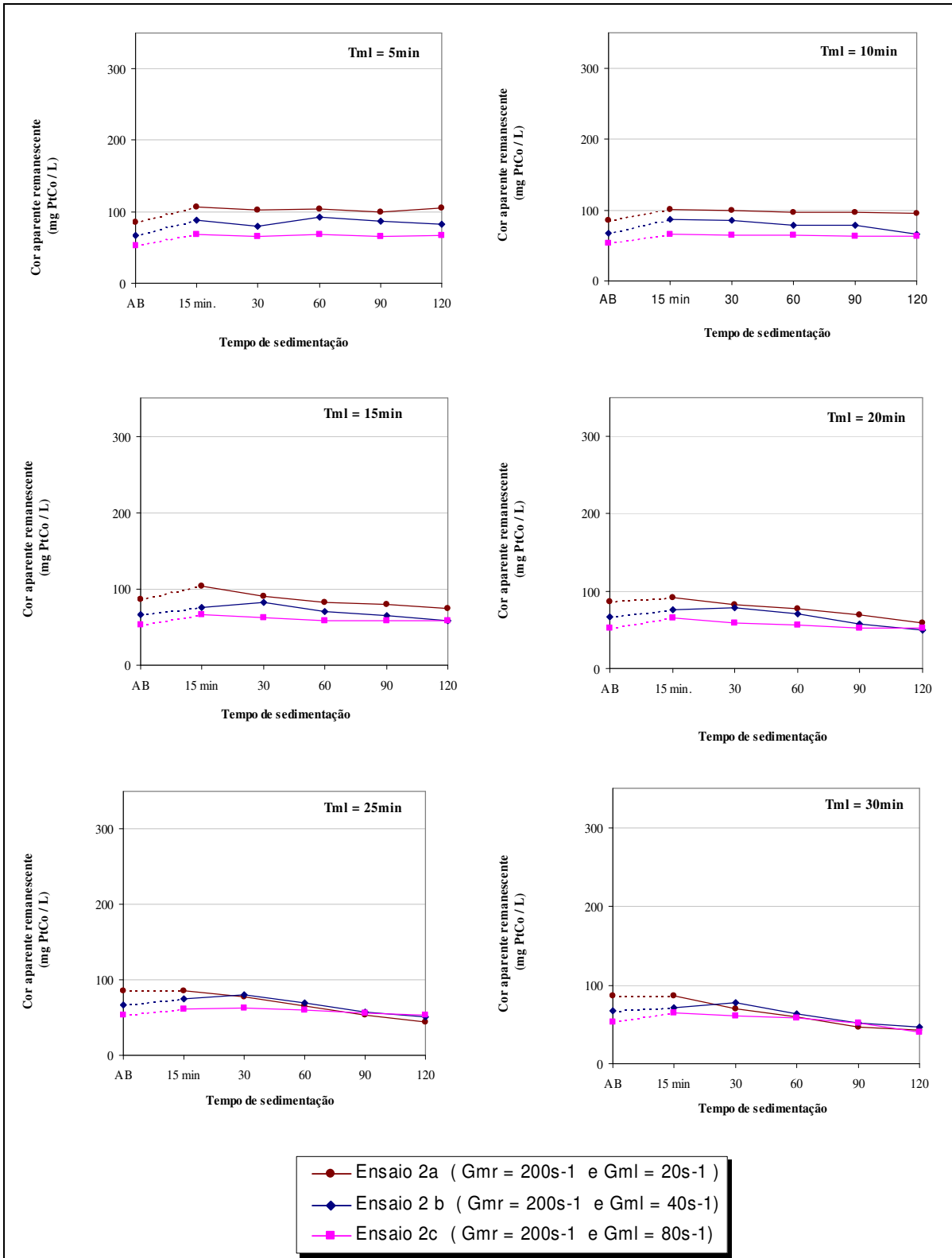


FIGURA G2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série VII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

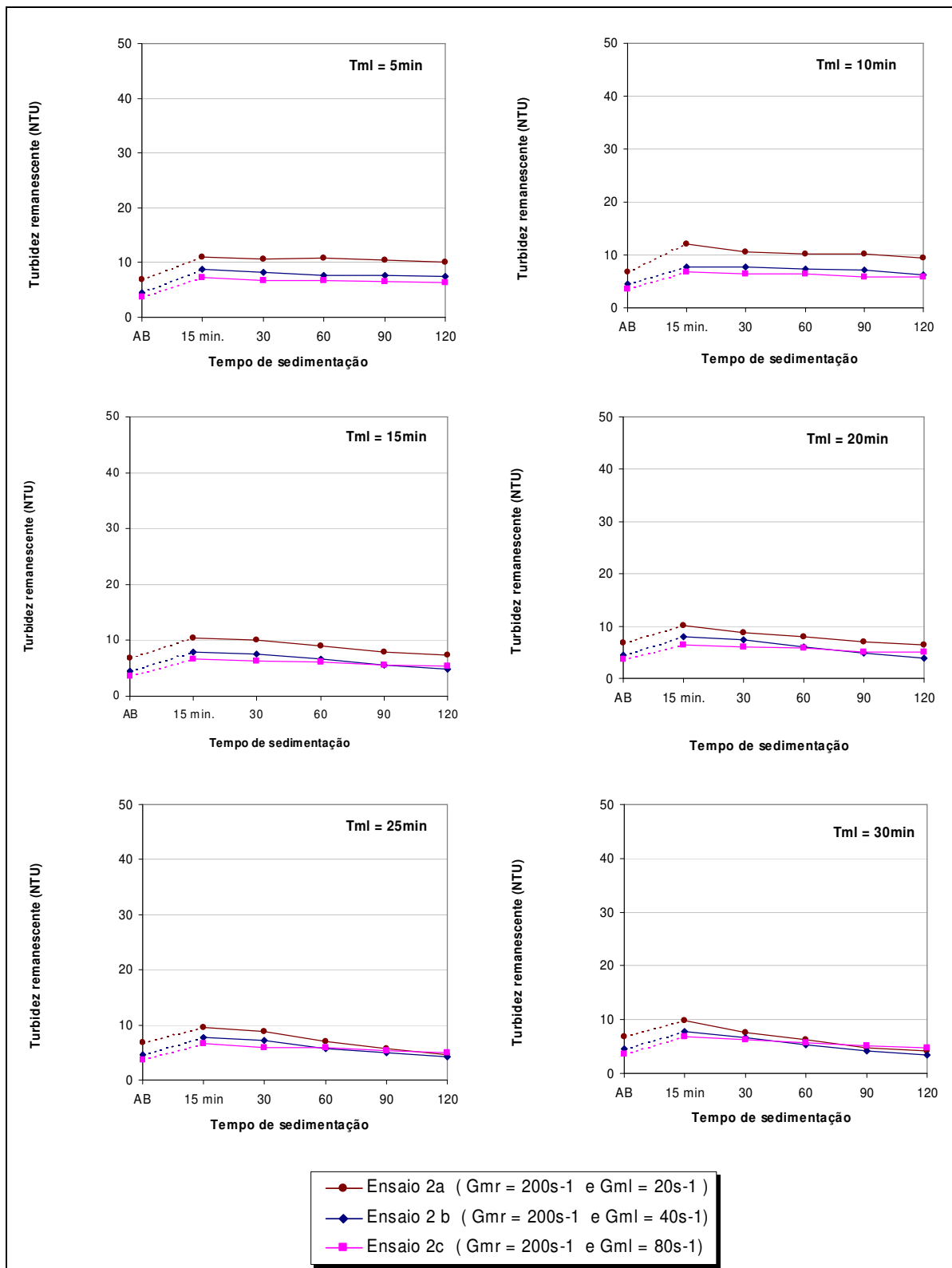


FIGURA G2.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série VII) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

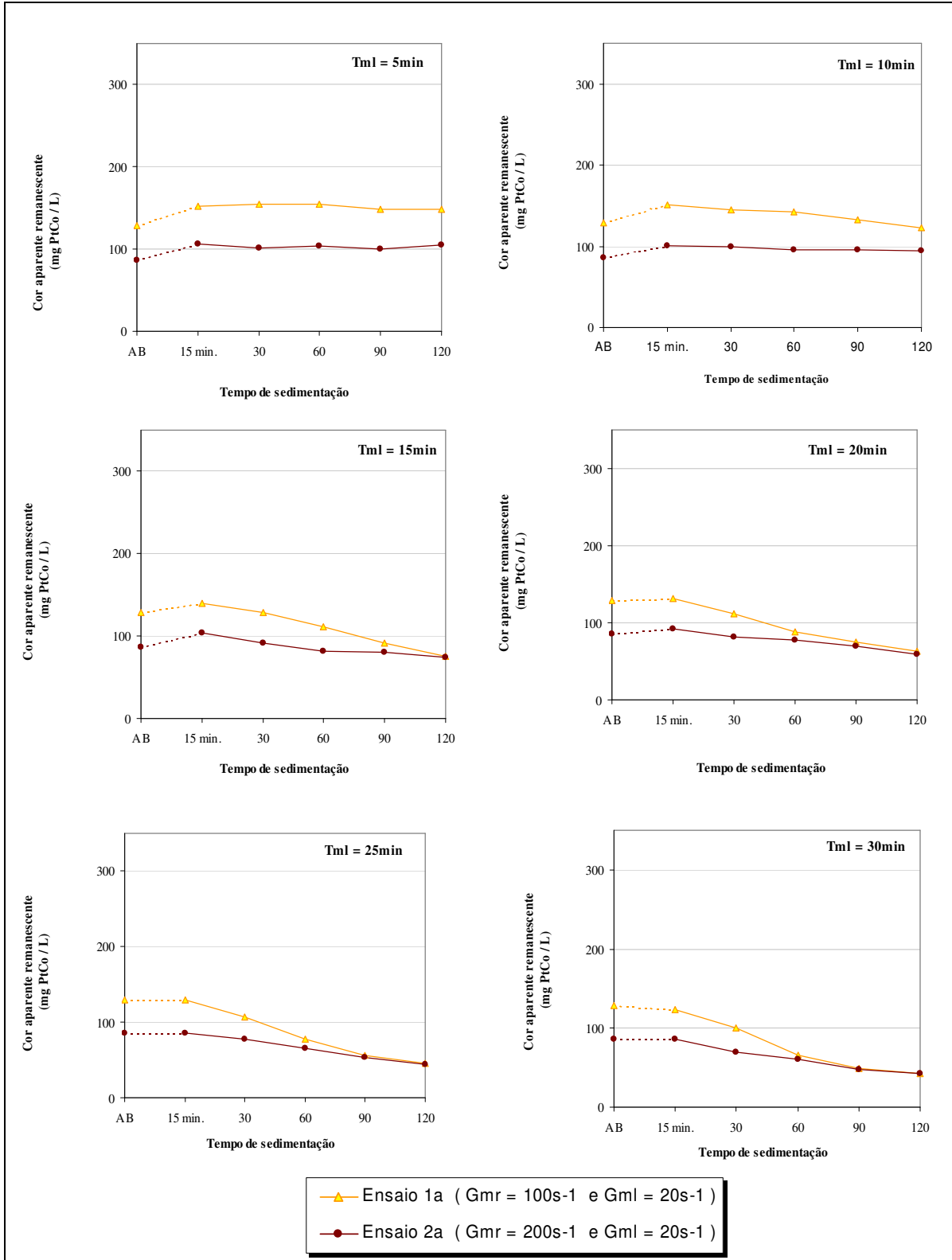


FIGURA G3.a - Curvas de remoção de *cor* (série VII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

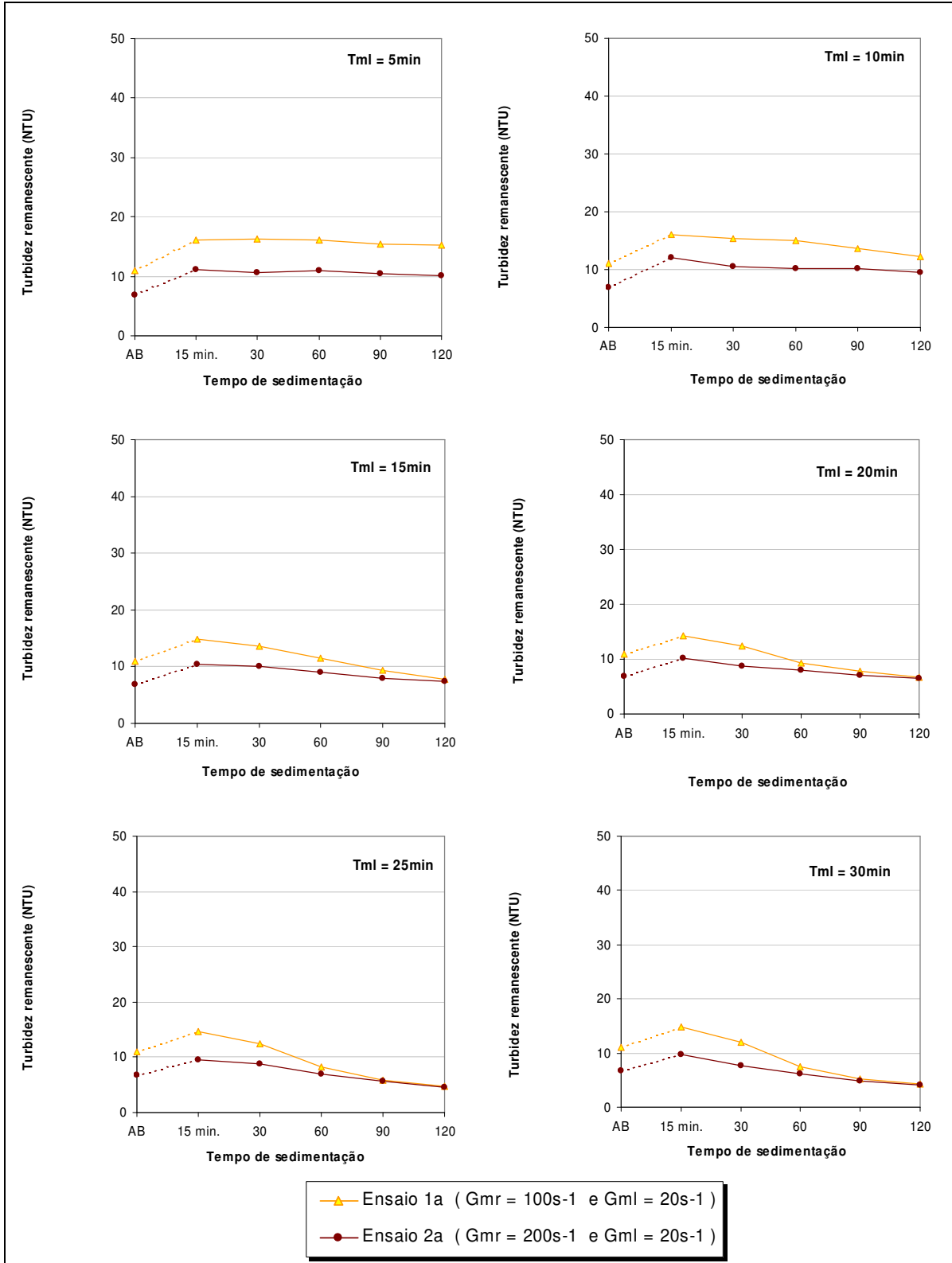


FIGURA G3.b - Curvas de remoção de turbidez (série VII) em função do tempo de sedimentação: D = 37.5 mg/L, C = 2,5% e T_{mr} = 15s

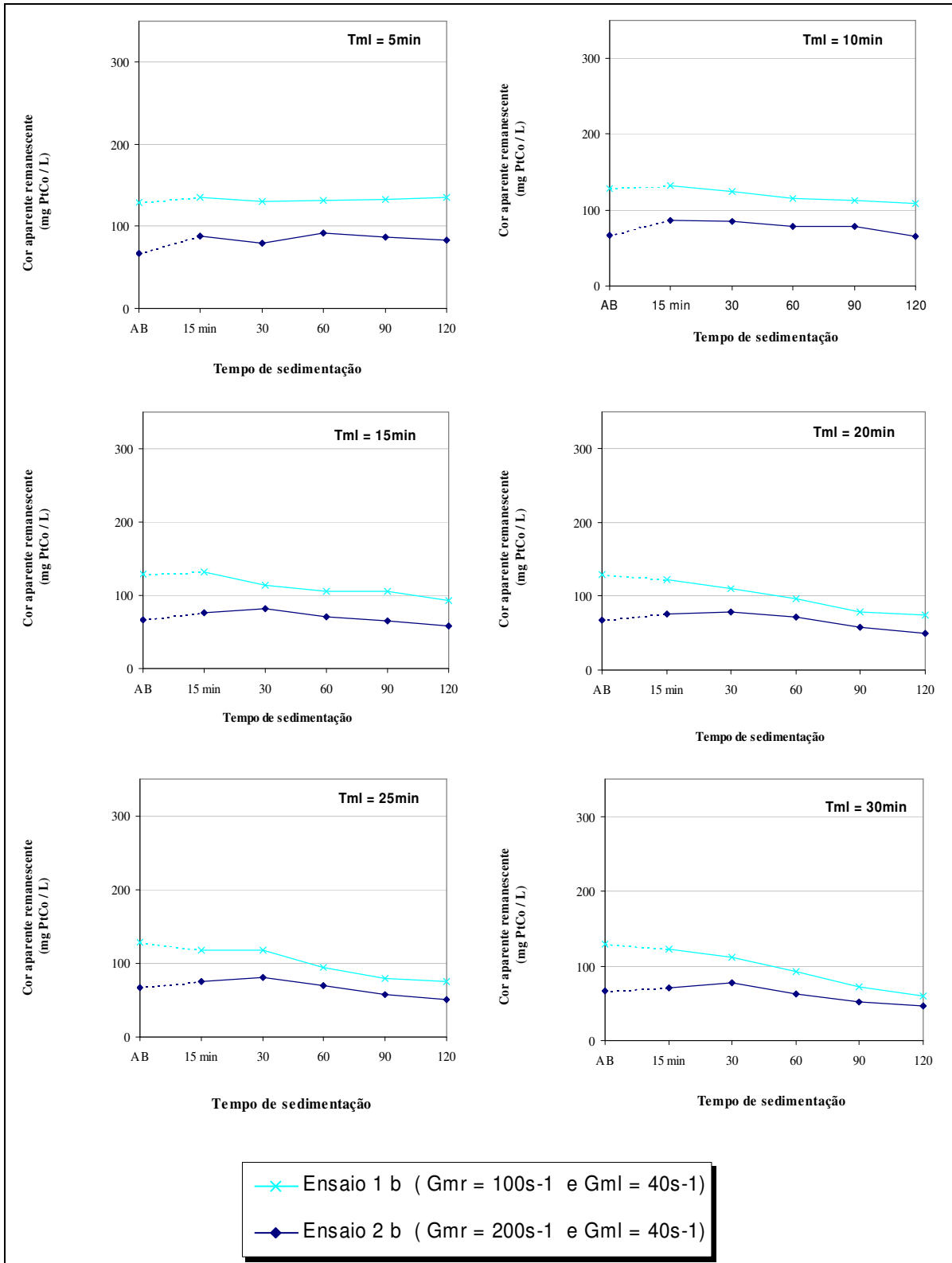


FIGURA G4.a - Curvas de remoção de *cor* (série VII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

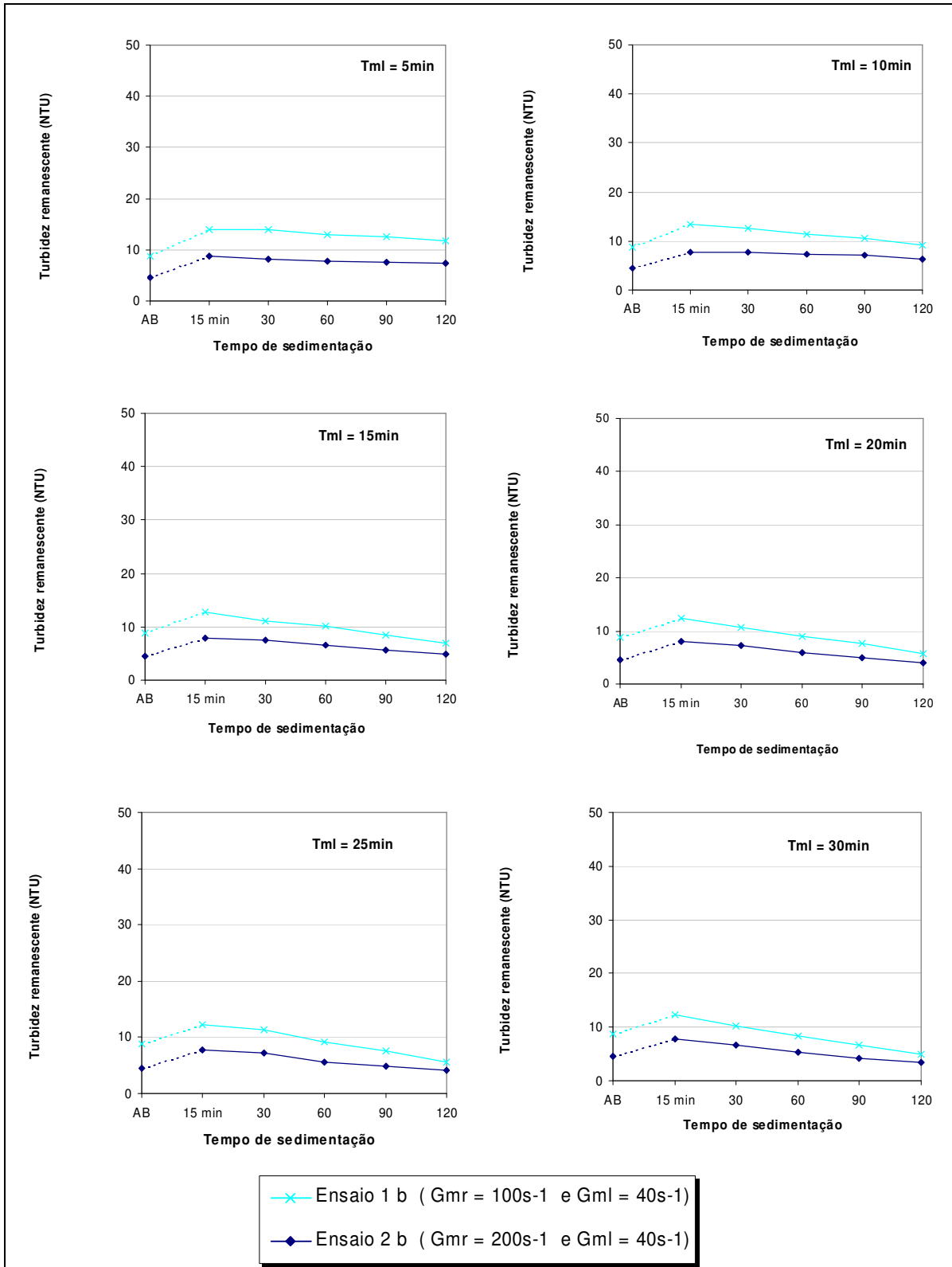


FIGURA G4.b - Curvas de remoção de turbidez (série VII) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

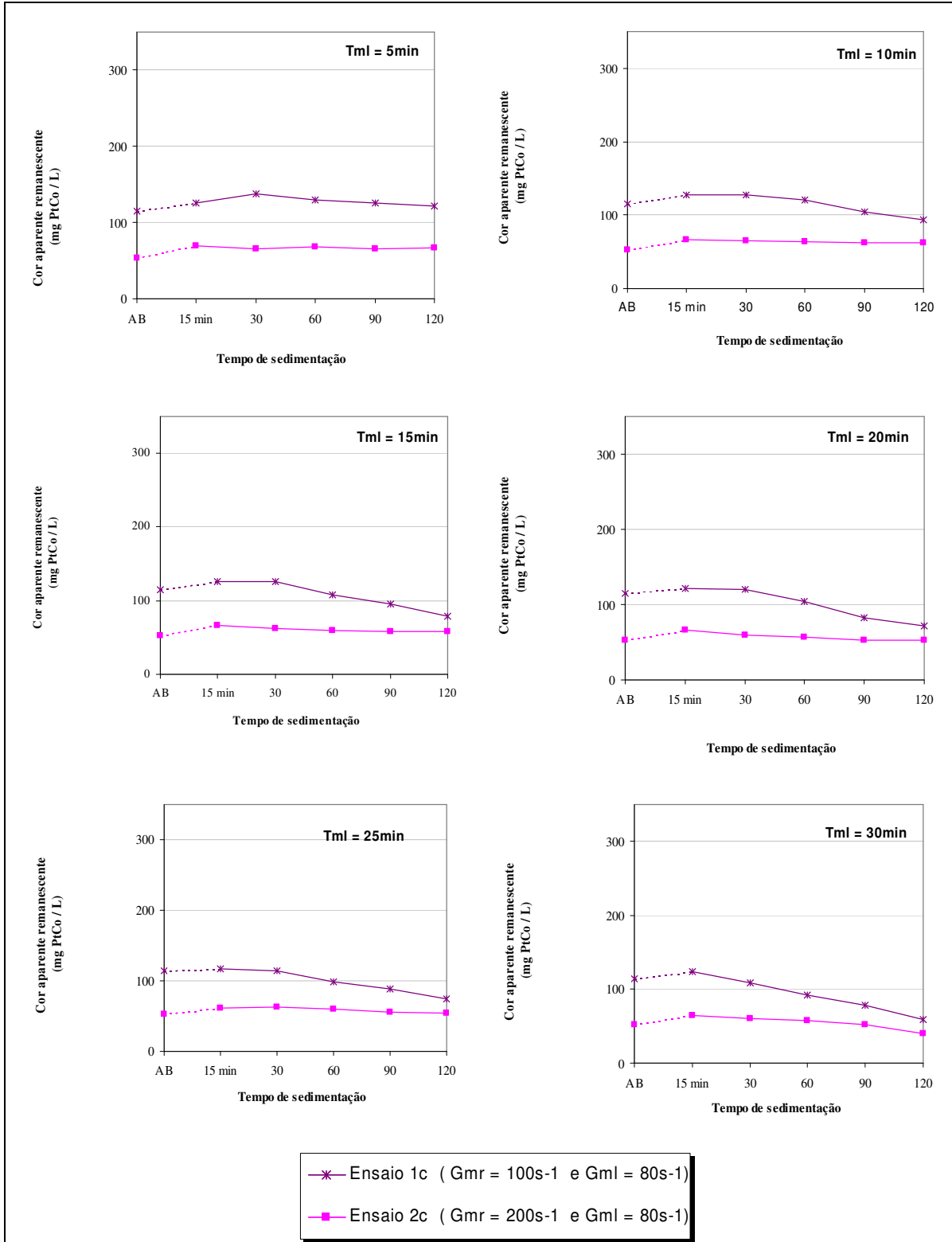


FIGURA G5.a - Curvas de remoção de *cor* (série VII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

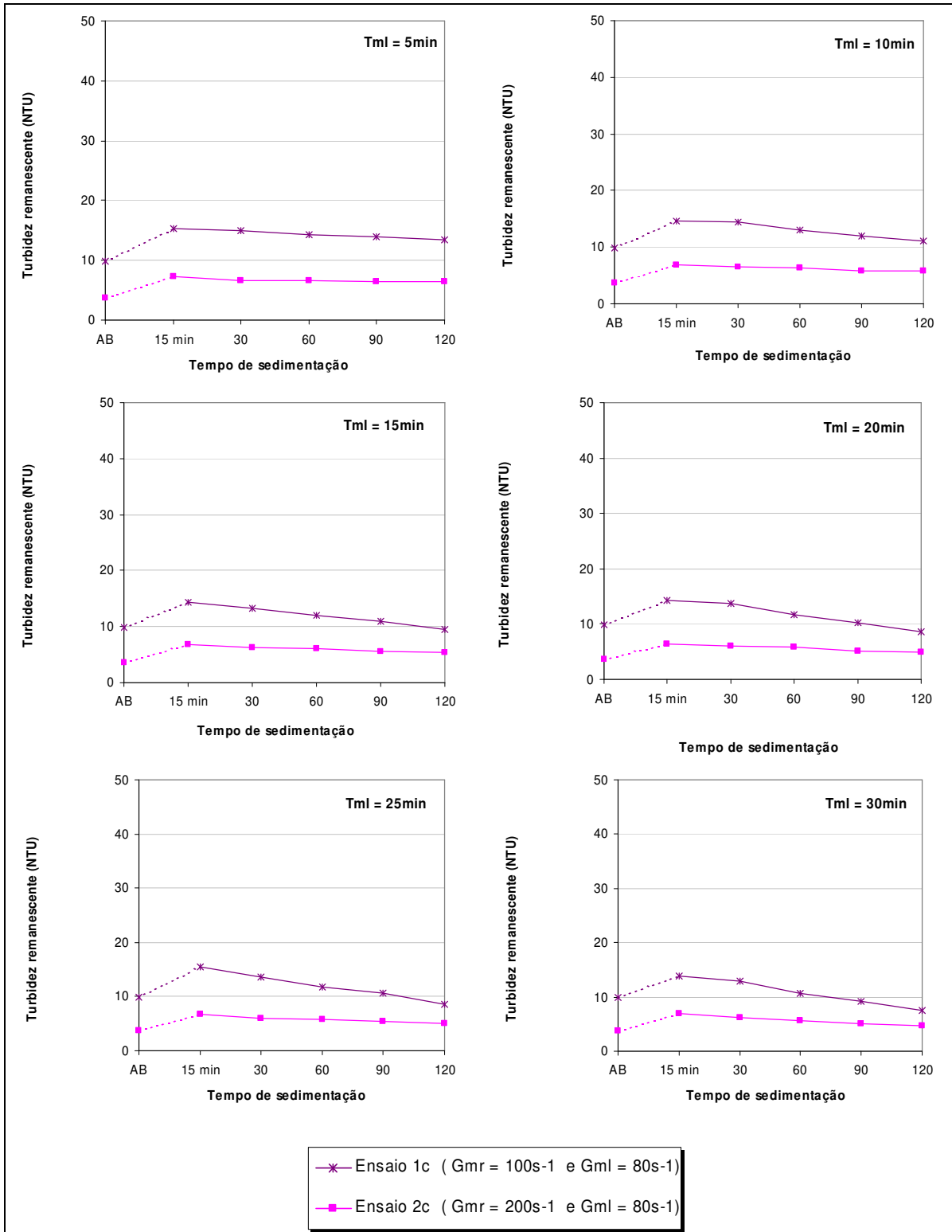


FIGURA G5.b - Curvas de remoção de turbidez (série VII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 15s$

SÉRIE VIII - Todos os ensaios foram realizados com uma *dosagem igual a 37,5 mg/L* e $T_{mr} = 30s$.

A dosagem utilizada nesta série de experimentos 37,5mg/L (C=2,5%) para todos os jarros, porém, variou-se o tempo de mistura lenta (Tml) de forma que a intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s^{-1})	20	40	80
100	1a	1b	1c
200	2a	2b	2c

Série VIII - Ensaio 1a								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)	
		s^{-1}	rpm	s	s^{-1}	rpm	mg/L	
		100	90	30	20	35	37,5	
Características da água bruta		pH: 7,16			Turbidez: 12,7 NTU			
		Cor: 125 mg PtCo / L			Condutividade: 0,08 mS			
		Alcalinidade: 23 mg CaCO ₃ /L						
JARROS		1	2	3	4	5	6	
Tempo de agitação lenta		5 min	10	15	20	25	30	
Filtração direta	Cor	16	9	7	7	5	3	
	Turbidez	2,8	2,0	1,9	1,9	1,8	1,5	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,95	7,09	7,13	7,04	7,15	7,06
		Cor aparente	135	137	121	122	124	128
		Turbidez	16,3	16,4	14,8	14,9	15,1	14,4
		Cond. elétrica	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	141	132	115	99	94	89
		Turbidez	16,2	15,2	13,3	11,5	11,6	10,8
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	131	98	74	61	55	46
		Turbidez	14,7	11,4	8,3	6,9	6,8	5,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	114	78	54	43	37	34
		Turbidez	12,9	9,3	6,4	5,4	4,5	3,9
Ts ₅ =120min	Cor aparente	98	68	45	36	29	24	
	Turbidez	10,9	7,6	5,1	4,4	3,6	3,0	

ANEXO H

Série VIII - Ensaio 1b								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	90	100	30	40	60	37,5		
Características da água bruta	pH: 7,07			Turbidez: 10,0 NTU				
	Cor: 104 mg PtCo / L			Condutividade: 0,10 mS				
	Alcalinidade:			21 mg CaCO ₃ / L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	15	13	9	10	6	7	
	Turbidez	2,0	1,7	1,3	1,5	0,8	1,0	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,20	7,14	7,06	7,14	7,18	7,12
		Cor aparente	126	120	121	117	118	118
		Turbidez	15,5	15,1	14,9	14,7	14,6	14,6
		Cond. elétrica	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	127	113	113	104	106	105
		Turbidez	14,8	13,8	13,7	12,7	12,9	12,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	116	94	80	73	80	68
		Turbidez	13,5	10,8	9,7	9,0	9,1	8,9
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	100	73	63	54	56	51
		Turbidez	12,0	8,0	7,5	6,4	6,5	5,3
Ts ₅ =120min	Cor aparente	92	54	47	37	39	33	
	Turbidez	9,9	5,9	5,2	4,3	4,3	3,9	

Série VIII - Ensaio 1c								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)		
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L		
	100	90	30	80	80	37,5		
Características da água bruta	pH: 7,06			Turbidez: 9,89 NTU				
	Cor: 95 mgPtCo/L			Cond. elétrica: 0,10 mS				
	Alcalinidade:			21 mg CaCO ₃ / L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	22	8	7	9	6	8	
	Turbidez	2,27	1,09	1,02	1,26	0,87	1,03	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,04	7,07	7,12	7,05	7,19	7,08
		Cor aparente	121	123	116	115	117	113
		Turbidez	14,1	14,0	14,1	13,5	13,7	13,3
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	120	109	114	105	114	108
		Turbidez	14,0	13,8	13,3	12,2	12,8	12,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	111	99	94	90	99	89
		Turbidez	12,2	11,4	10,9	10,1	10,9	10,6
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	99	77	79	69	74	69
		Turbidez	11,1	9,09	8,99	7,91	8,48	7,82
Ts ₅ =120min	Cor aparente	74	50	45	33	36	33	
	Turbidez	9,56	6,92	6,99	5,75	6,37	6,05	

ANEXO H

Série VIII - Ensaio 2a								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM (C= 2,5%) mg/L	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)			
		s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm		
		200	170	30	20	35	37,5	
Características da água bruta		pH: 7,45			Turbidez: 11,0 NTU			
		Cor: 105 mg PtCo / L			Condutividade: 0,10 mS			
		Alcalinidade:			22 mg CaCO ₃ /L			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
Tempo de agitação lenta		5 min	10	15	20	25	30	
Filtração direta	Cor	18	18	15	12	14	16	
	Turbidez	1,88	2,05	1,78	1,34	1,63	1,56	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,95	7,09	7,14	7,15	7,11	7,18
		Cor aparente	130	124	117	109	118	114
		Turbidez	14,9	14,6	13,7	13,8	14,0	13,7
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	130	118	110	95	100	92
		Turbidez	15,0	13,6	12,1	11,0	11,5	10,6
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	124	105	79	66	62	55
		Turbidez	14,7	11,9	9,53	7,34	7,40	6,25
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	117	87	68	52	44	39
		Turbidez	13,0	9,77	6,90	5,46	5,25	4,11
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	97	73	47	38	31	30
		Turbidez	11,7	8,25	5,44	4,46	3,66	3,22

Série VIII - Ensaio 2b								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM (C= 2,5%) mg/L	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)			
		s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm		
		200	170	30	40	60	37,5	
Características da água bruta		pH: 7,31			Turbidez: 9,11 NTU			
		Cor: 95 mg PtCo / L			Condutividade elétrica: 0,10 mS			
		Alcalinidade:			23 mg CaCO ₃ /L			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
Tempo de agitação lenta		5 min	10	15	20	25	30	
Filtração direta	Cor	25	15	8	8	9	7	
	Turbidez	2,54	1,54	0,89	0,97	1,17	1,12	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,11	7,16	7,13	7,12	7,18	7,15
		Cor aparente	124	119	117	107	116	106
		Turbidez	14,4	14,7	14,1	13,8	14,3	12,6
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	121	112	106	101	106	101
		Turbidez	13,7	12,9	12,6	11,6	12,5	12,0
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	111	92	84	75	81	74
		Turbidez	13,2	10,3	10,0	9,38	9,95	8,70
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	105	72	72	59	63	56
		Turbidez	11,6	8,79	8,15	6,57	6,94	7,44
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	91	61	43	33	34	31
		Turbidez	9,82	6,51	5,70	4,70	5,30	4,04

Série VIII - Ensaio 2c								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)		(C= 2,5%)	
		s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L	
		200	170	30	80	80	37,5	
Características da água bruta		pH: 6,99			Turbidez: 9,52 NTU			
		Cor: 101 mg PtCo / L			Condutividade elétrica: 0,10 mS			
		Alcalinidade: ---						
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		37,5mg/L	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
Filtração direta	Cor	11	14	11	8	10	5	
	Turbidez	1,43	1,76	1,18	0,75	1,01	0,72	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,07	6,98	7,07	7,01	7,04	7,21
		Cor aparente	124	119	119	116	122	112
		Turbidez	14,5	15,0	14,5	14,4	15,2	14,5
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	118	114	109	112	113	106
		Turbidez	14,5	14,5	14,2	13,9	13,9	13,7
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	106	93	93	90	93	85
		Turbidez	13,1	11,3	11,6	11,0	11,8	10,2
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	93	71	79	65	76	68
		Turbidez	12,0	9,52	9,74	8,52	9,23	8,68
Ts ₅ =120min	Cor aparente	72	41	47	40	46	38	
	Turbidez	9,43	6,91	6,83	6,28	7,08	5,91	

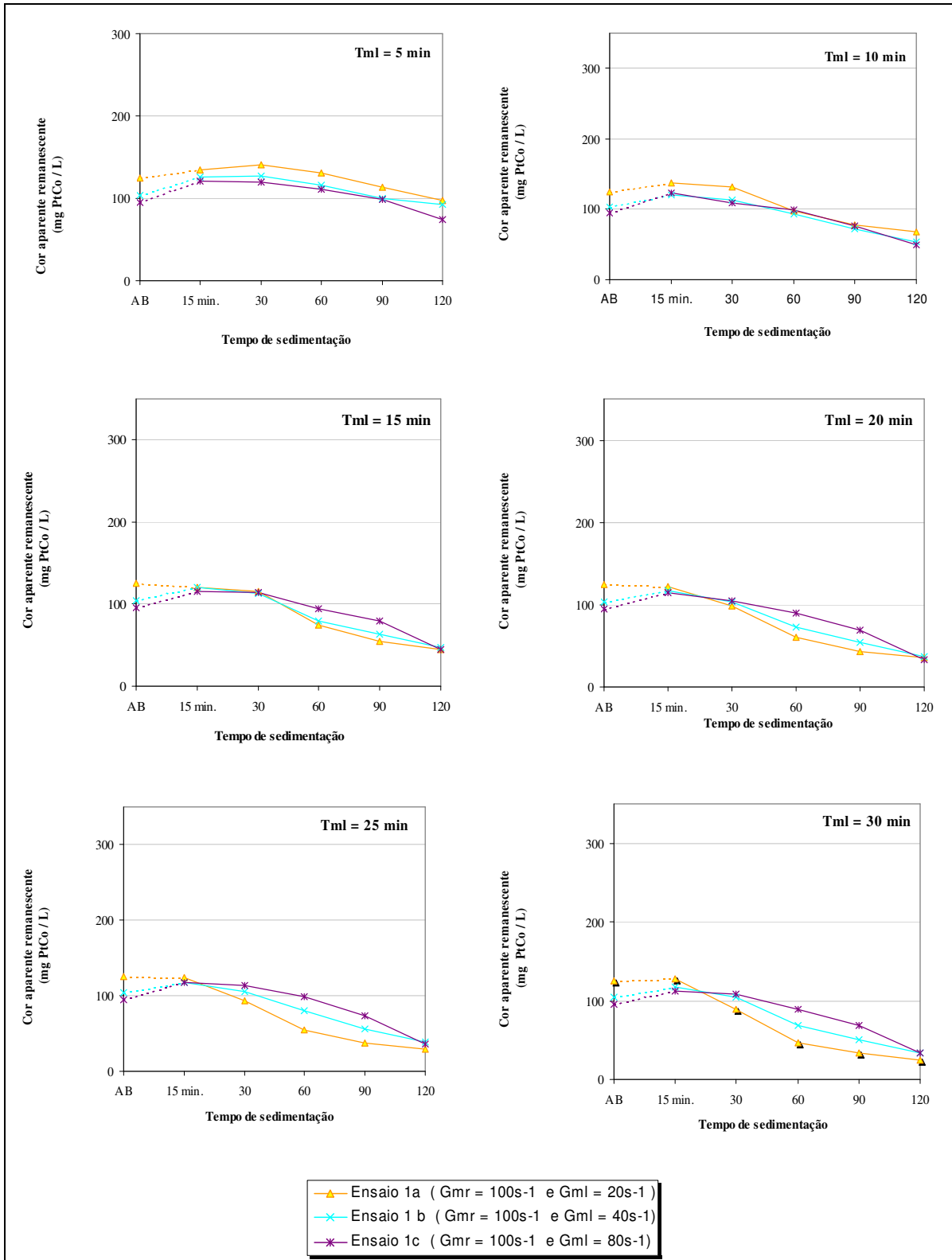


FIGURA H1.a - Curvas de remoção de *cor* (Série VIII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5$ mg/L, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

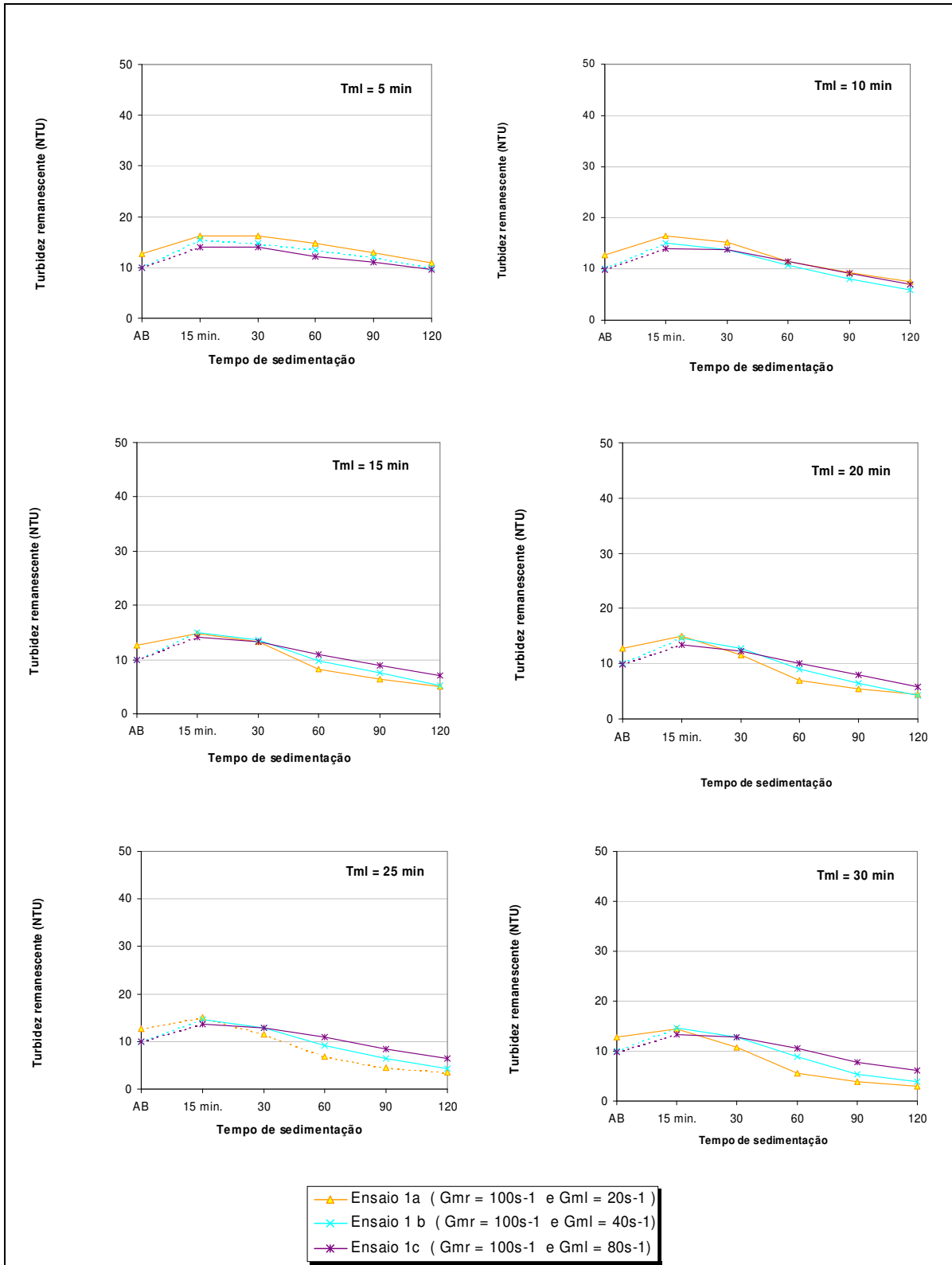


FIGURA H1.b - Curvas de remoção de *turbidez* (Série VIII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

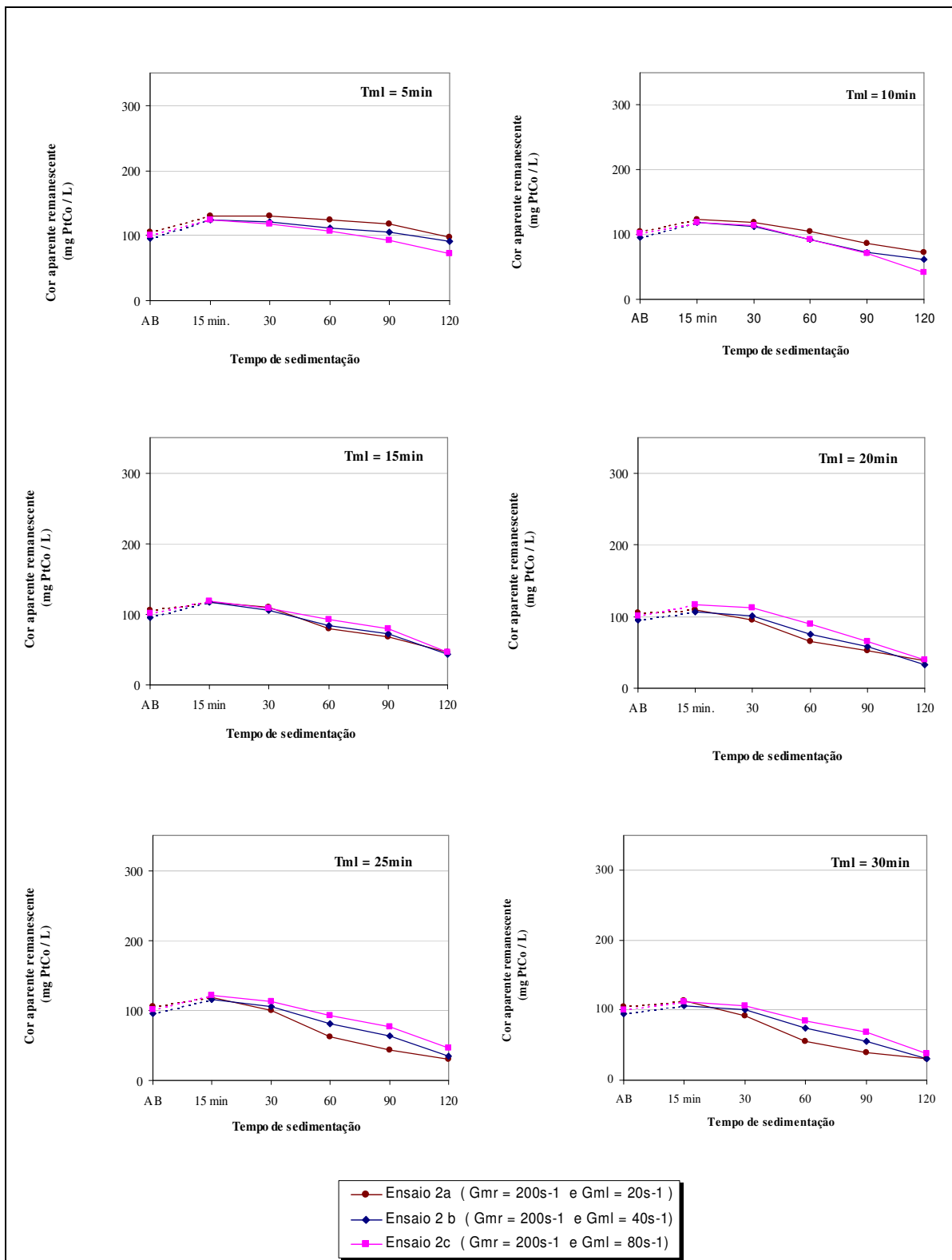


FIGURA H2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série VIII) em função do tempo de sedimentação: D = 37.5 mg/L, C = 2,5% e T_{mr} = 30s

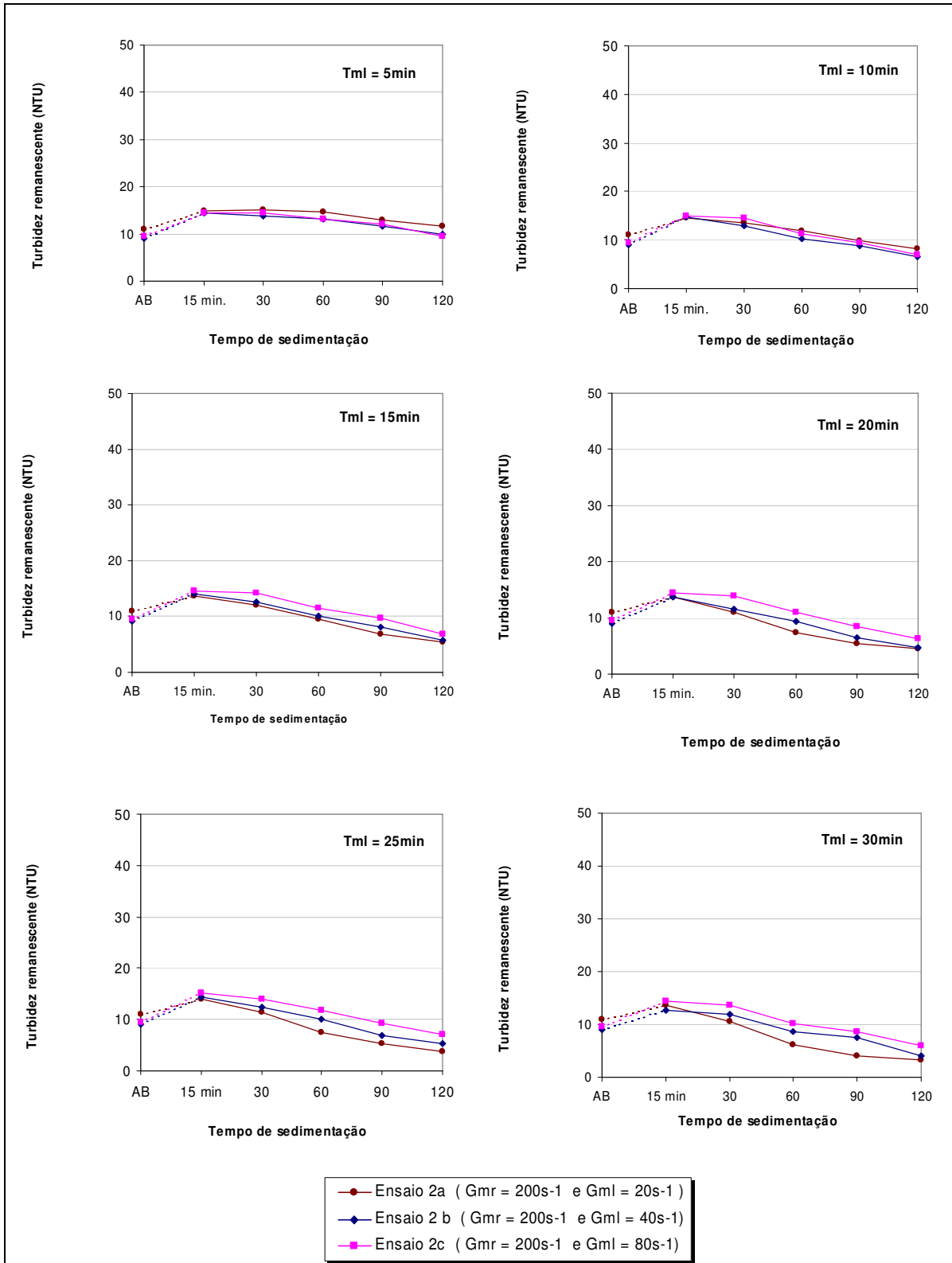


FIGURA H2.b - Curvas de remoção de turbidez (Série VIII) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30\text{s}$

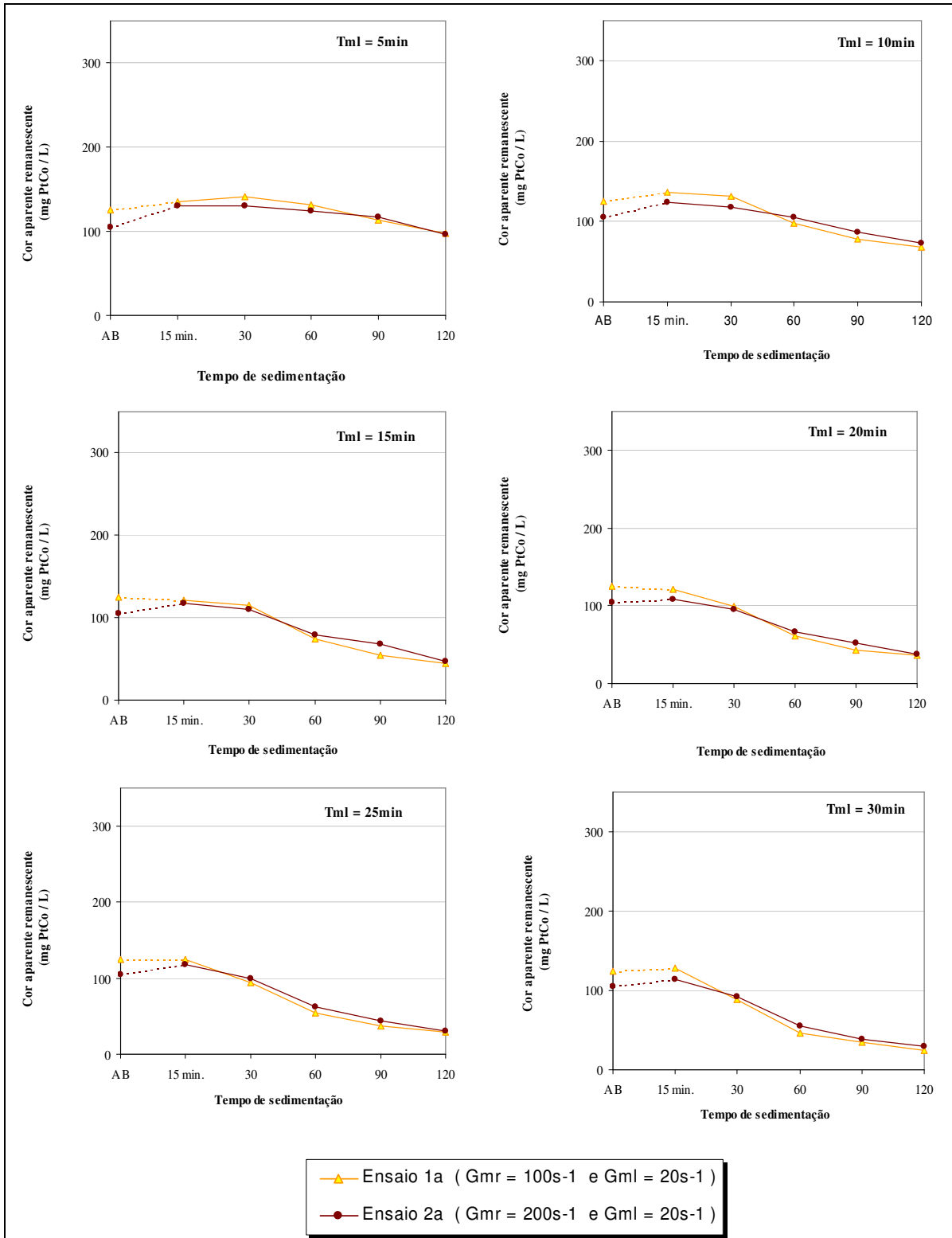


FIGURA H3.a - Curvas de remoção de *cor* (série VIII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

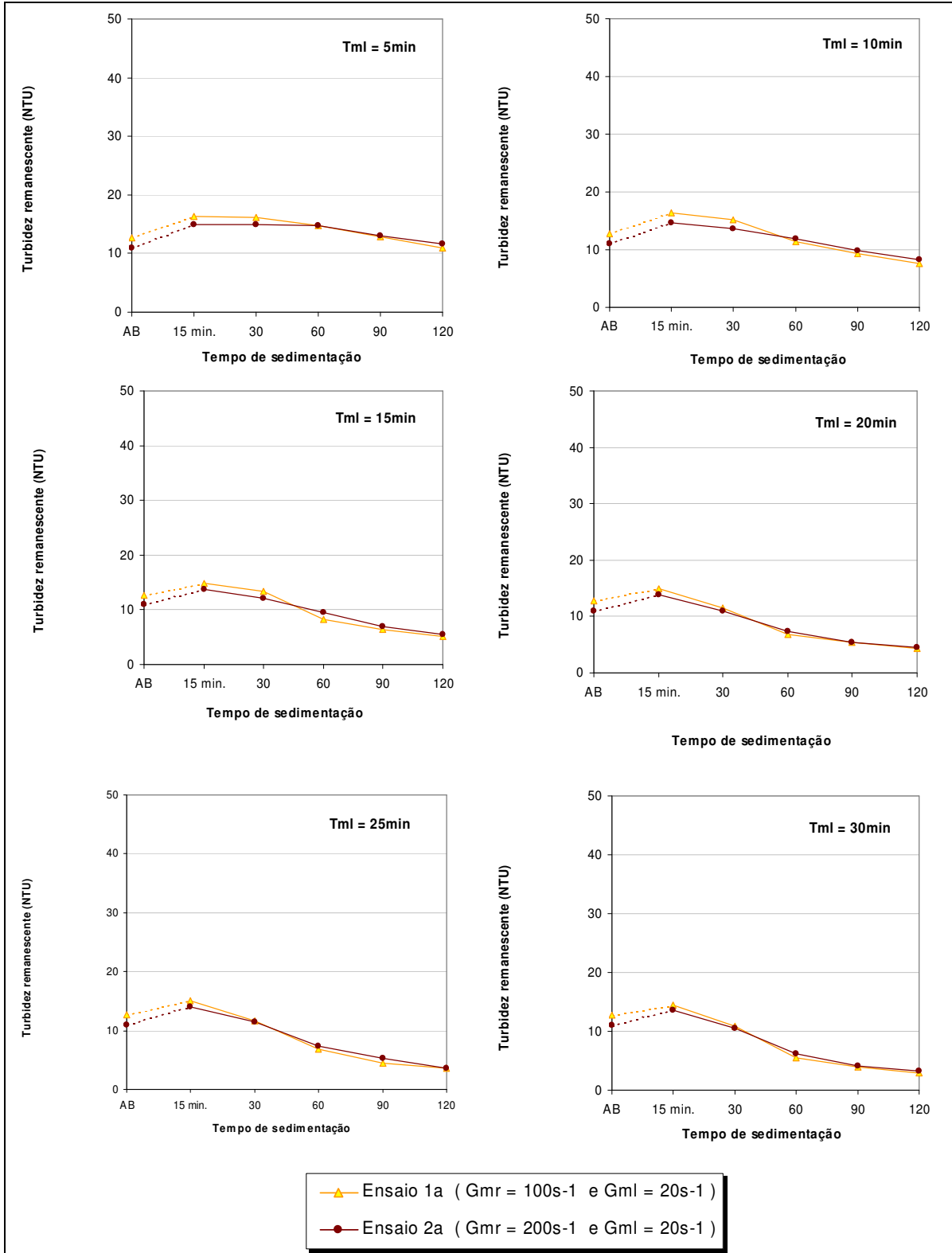


FIGURA H3.b - Curvas de remoção de turbidez (série VIII) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

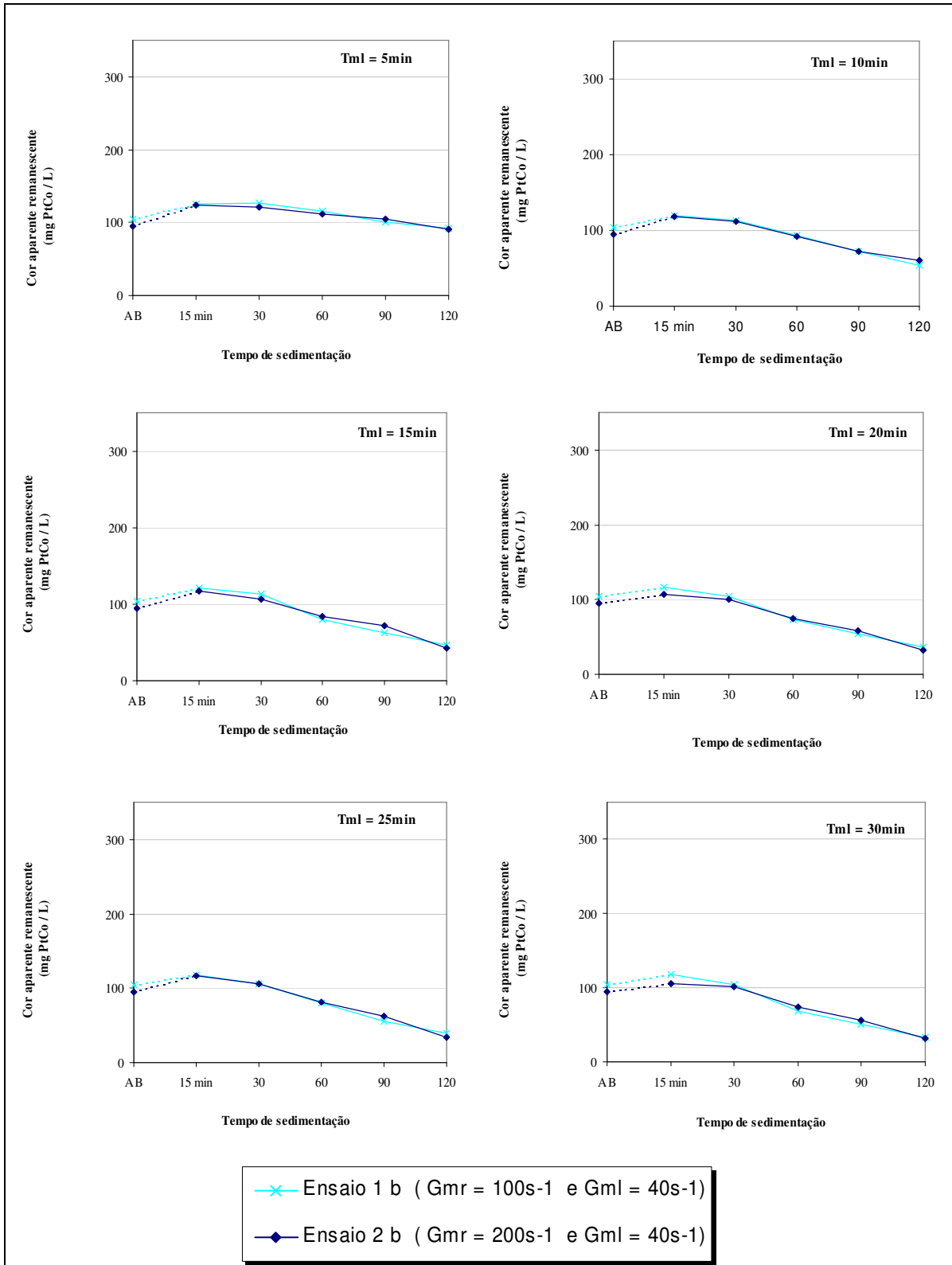


FIGURA H4.a - Curvas de remoção de *cor* (série VIII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

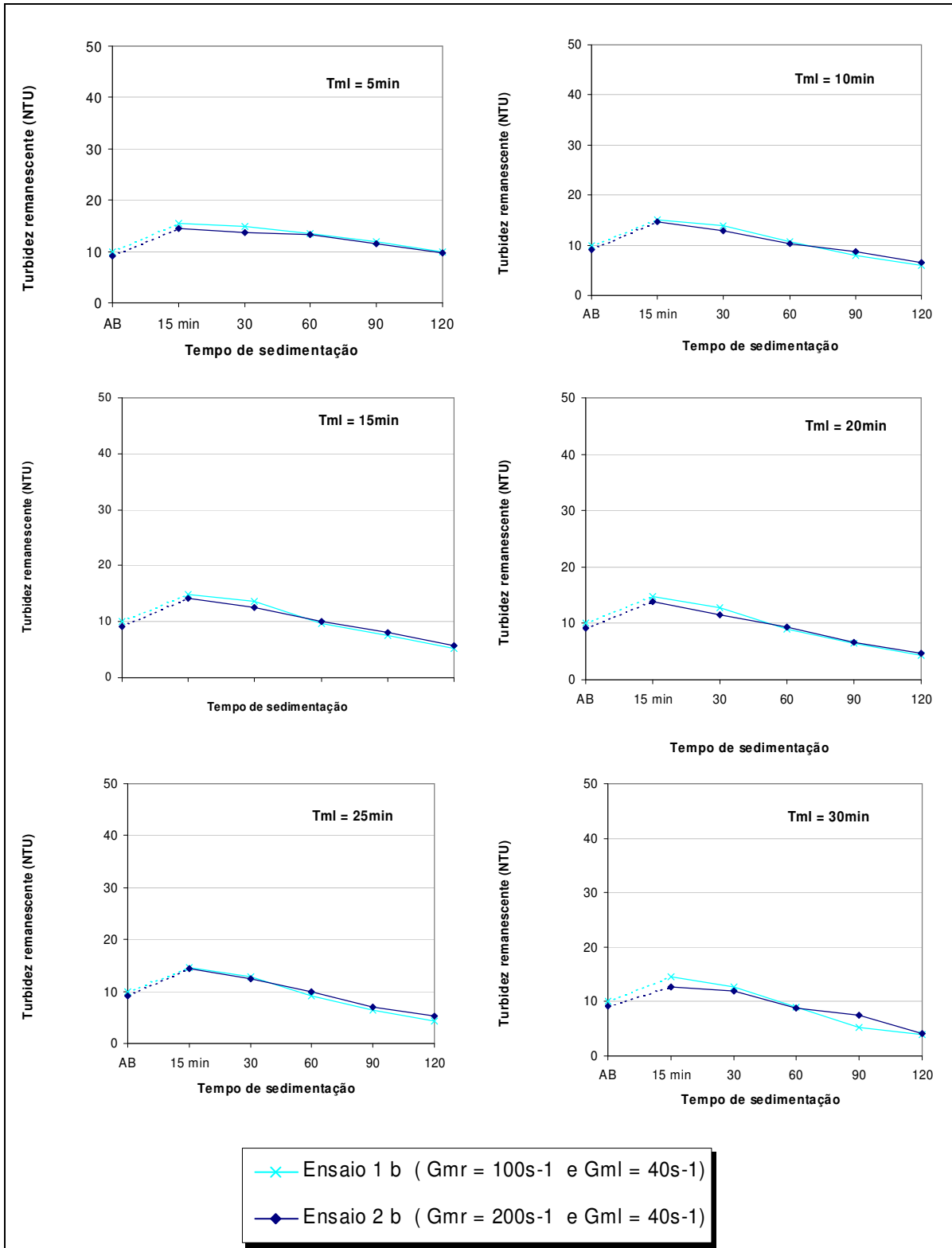


FIGURA H4.b - Curvas de remoção de turbidez (série VIII) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

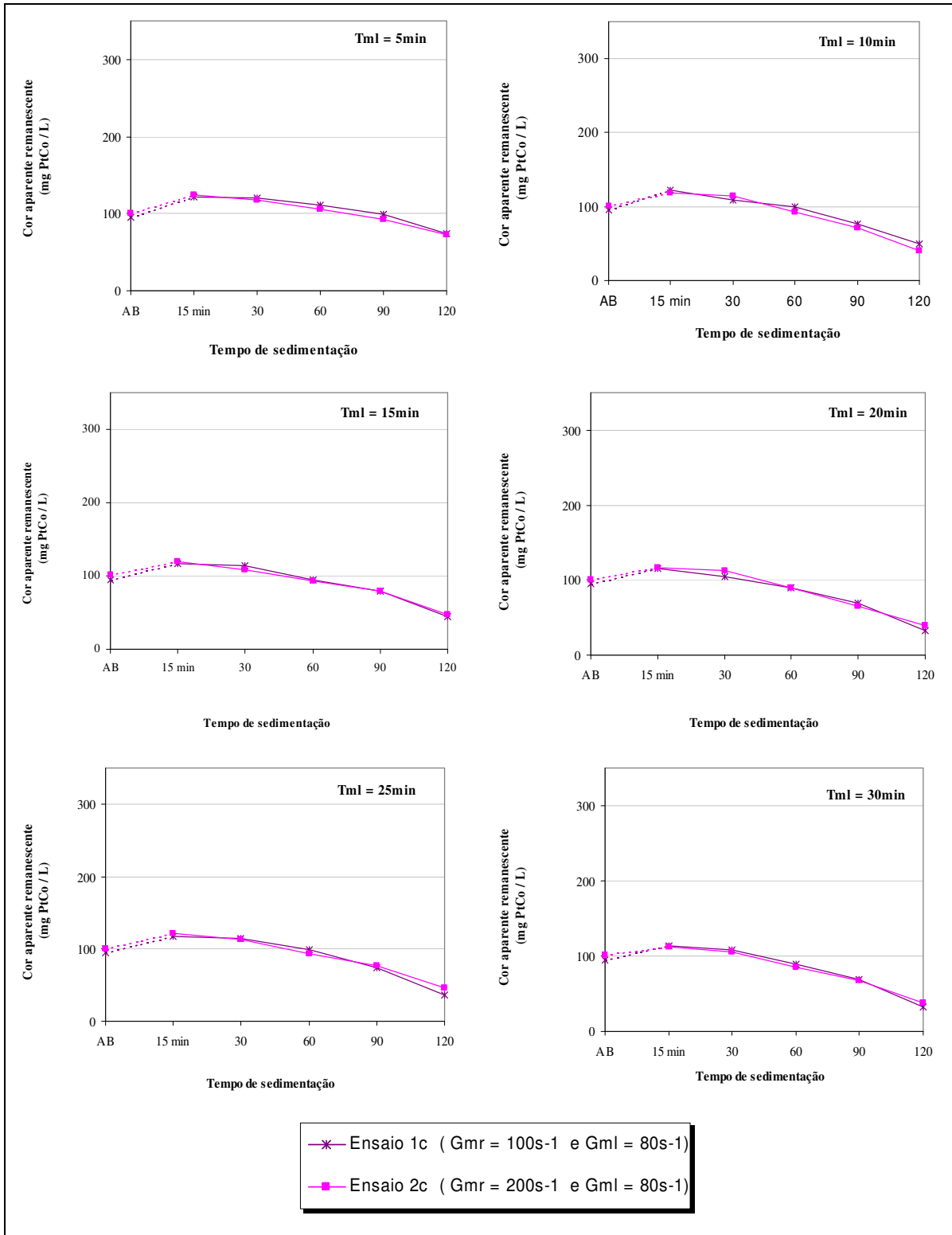


FIGURA H5.a - Curvas de remoção de *cor* (série VIII) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

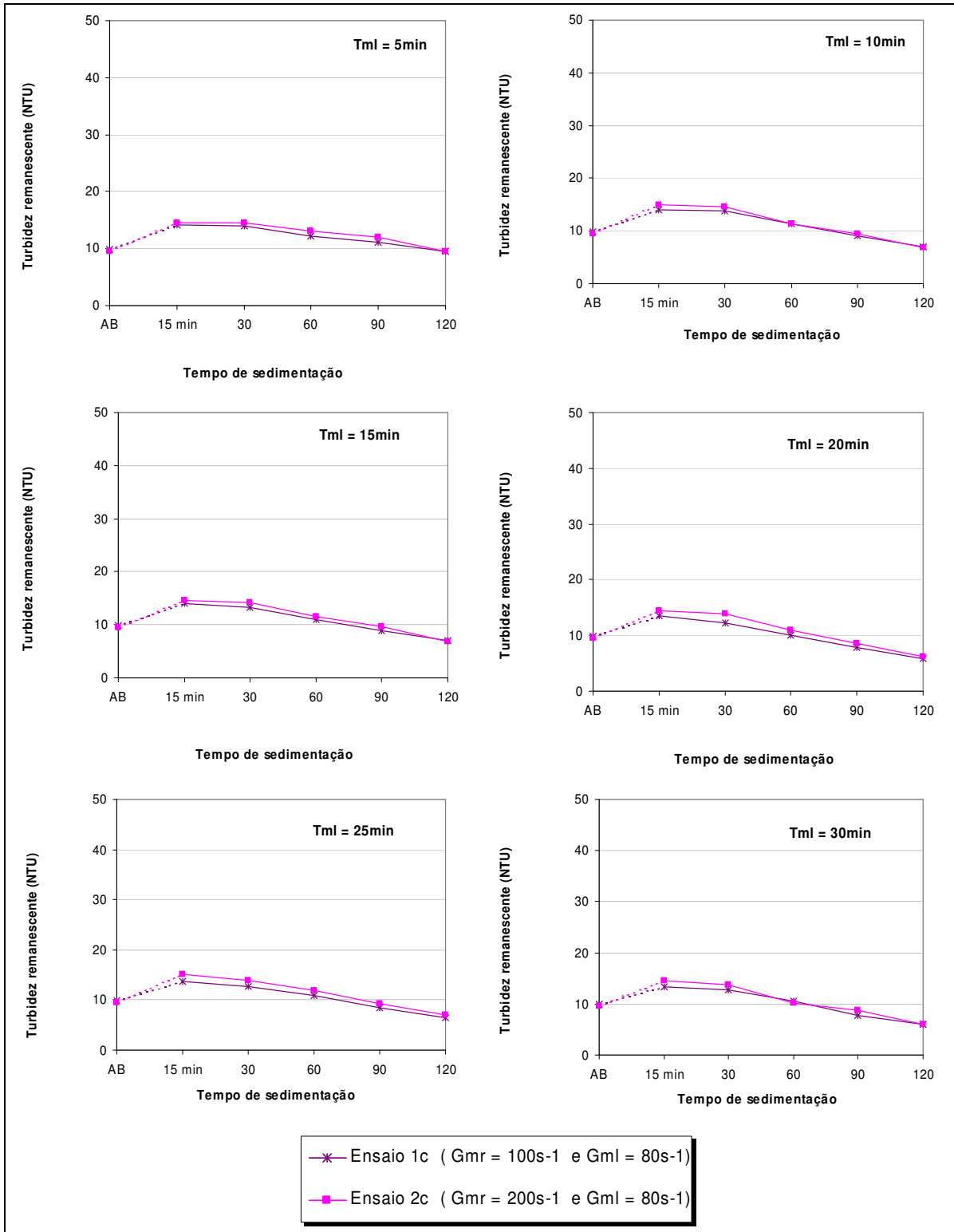


FIGURA H5.b - Curvas de remoção de turbidez (série VIII) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 30s$

SÉRIE IX - Todos os ensaios foram realizados com uma *dosagem igual a 37,5 mg/L* e $T_{mr} = 60s$.

A dosagem utilizada nesta série de experimentos 37,5mg/L ($C=2,5\%$) para todos os jarros, porém, variou-se o tempo de mistura lenta (T_{ml}) de forma que a intensidade da agitação que foi introduzida no volume de água para promover a coagulação e floculação corresponde a pares de valores diferentes a cada experimento, a saber:

Gradiente (s^{-1})	20	40	80
100	1a	1b	1c
200	2a	2b	2c

Série IX - Ensaio 1a								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM ($C= 2,5\%$)	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (T_{mr})	Gradiente médio de Velocidade (Gml)			
		s^{-1}	Rpm	s	s^{-1}	rpm	mg/L	
		100	90	30	20	35	37,5	
Características da água bruta		pH: 7,25			Turbidez: 8,67 NTU			
		Cor: 67 mg PtCo / L			Condutividade: 0,10 mS			
		Alcalinidade:			25 mg $CaCO_3$ /L			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
Tempo de agitação lenta		5 min	10	15	20	25	30	
Filtração direta	Cor	20	18	14	11	7	10	
	Turbidez	2,45	2,36	1,69	1,32	0,91	1,17	
Tempos de sedimentação	$T_{s1} = 15min$	pH	7,03	7,00	7,03	7,11	7,21	7,20
		Cor aparente	127	122	123	110	110	113
		Turbidez	14,5	14,2	14,0	13,2	13,0	13,6
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	$T_{s2} = 30min$	Cor aparente	122	116	106	97	91	92
		Turbidez	14,3	14,1	12,6	11,8	11,2	11,3
	$T_{s3} = 60min$	Cor aparente	115	97	79	77	70	56
		Turbidez	14,1	11,7	9,76	8,12	8,20	6,97
	$T_{s4} = 90min$	Cor aparente	110	83	66	50	50	45
		Turbidez	13,0	9,88	7,87	5,99	5,59	4,84
$T_{s5}=120min$	Cor aparente	94	67	52	35	30	27	
	Turbidez	11,8	8,33	6,04	4,80	4,19	3,76	

Série IX - Ensaio 1b								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM (C= 2,5%) mg/L		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)				
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm			
	90	100	30	40	60	37,5		
Características da água bruta	pH: 7,10			Turbidez: 8,04 NTU				
	Cor: 86 mg PtCo / L			Condutividade: --- mS				
	Alcalinidade:			21 mg CaCO ₃ /L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	16	11	10	11	9	8	
	Turbidez	2,11	1,43	1,28	1,27	0,83	0,79	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,06	7,12	7,14	7,17	7,18	7,27
		Cor aparente	102	103	108	104	108	112
		Turbidez	12,0	11,7	12,3	11,7	13,6	14,3
		Cond. elétrica	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	103	96	102	99	101	107
		Turbidez	11,4	11,6	11,5	11,7	13,0	12,3
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	99	92	81	73	84	77
		Turbidez	10,6	9,89	9,50	8,14	8,38	8,18
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	92	75	77	70	65	63
		Turbidez	8,53	6,80	6,56	5,58	6,13	5,38
Ts ₅ =120min	Cor aparente	72	51	50	35	36	33	
	Turbidez	7,89	5,85	5,58	4,44	4,83	4,06	

Série IX - Ensaio 1c								
Condições de operação	MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM (C= 2,5%) mg/L		
	Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)				
	s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm			
	100	90	30	80	80	37,5		
Características da água bruta	pH: 7,20			Turbidez: 8,17 NTU				
	Cor: 80 mg/L PtCo			Condutividade: 0,10 mS				
	Alcalinidade:			21,4 mg CaCO ₃ /L				
JARROS	1	2	3	4	5	6		
Tempo de agitação lenta	5 min	10	15	20	25	30		
Filtração direta	Cor	12	10	9	8	6	8	
	Turbidez	1,70	1,47	1,06	1,11	0,77	0,74	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,05	7,18	7,19	7,22	7,19	7,17
		Cor aparente	108	107	106	105	112	101
		Turbidez	13,3	13,4	13,2	13,0	13,3	12,9
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	102	96	99	99	96	99
		Turbidez	13,2	12,5	12,4	12,4	12,8	12,3
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	97	87	90	87	88	82
		Turbidez	11,6	10,4	10,6	10,3	10,4	9,89
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	84	71	71	66	69	68
		Turbidez	8,72	7,15	7,50	7,00	7,64	7,46
Ts ₅ =120min	Cor aparente	68	50	48	39	47	39	
	Turbidez	8,69	6,77	6,94	5,77	6,59	5,86	

Série IX - Ensaio 2a								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM (C= 2,5%)	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)			
		s ⁻¹	Rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L	
		200	170	30	20	35	37,5	
Características da água bruta		pH: 7,26			Turbidez: 6,36 NTU			
		Cor: 65 mg PtCo / L			Condutividade: 0,09 mS			
		Alcalinidade:			20 mg CaCO ₃ /L			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
Tempo de agitação lenta		5 min	10	15	20	25	30	
Filtração direta	Cor	20	15	17	18	10	15	
	Turbidez	2,67	1,99	2,20	2,01	1,62	1,76	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,99	7,00	6,97	7,06	7,12	7,16
		Cor aparente	91	84	86	86	88	86
		Turbidez	10,8	10,6	10,5	10,5	10,6	10,5
		Cond. elétrica	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	88	88	83	78	77	76
		Turbidez	10,8	10,3	10,1	9,25	9,29	8,92
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	87	81	72	61	58	60
		Turbidez	9,81	8,82	8,00	7,32	7,43	6,70
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	86	72	64	50	45	42
		Turbidez	9,66	7,90	6,65	5,62	5,21	4,70
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	76	57	45	39	31	28
		Turbidez	9,45	7,83	5,81	4,67	4,25	3,61

Série IX - Ensaio 2b								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM (C= 2,5%)	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)			
		s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm	mg/L	
		200	170	30	40	60	37,5	
Características da água bruta		pH: 7,66			Turbidez: 6,12 NTU			
		Cor: 59 mg PtCo / L			Condutividade elétrica: 0,10 mS			
		Alcalinidade:			21 mg CaCO ₃ /L			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
Tempo de agitação lenta		5 min	10	15	20	25	30	
Filtração direta	Cor	21	12	10	8	6	8	
	Turbidez	2,21	1,43	1,25	1,01	0,99	0,95	
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	7,06	7,06	6,98	6,98	7,04	7,16
		Cor aparente	81	81	77	77	76	78
		Turbidez	9,58	9,61	9,82	9,25	9,25	9,30
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	82	80	83	77	84	79
		Turbidez	9,45	9,38	8,78	8,73	8,95	8,55
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	82	75	74	66	72	62
		Turbidez	9,18	8,24	7,85	8,14	8,02	7,27
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	73	66	60	53	53	51
		Turbidez	8,35	7,20	7,09	6,03	6,20	6,24
	Ts ₅ =120min	Cor aparente	72	56	48	42	44	40
		Turbidez	7,96	6,26	5,63	5,69	5,29	4,51

Série IX - Ensaio 2c								
Condições de operação		MISTURA RÁPIDA			MISTURA LENTA		DOSAGEM (C= 2,5%) mg/L	
		Gradiente médio de Velocidade (Gmr)		Tempo de agitação (Tmr)	Gradiente médio de Velocidade (Gml)			
		s ⁻¹	rpm	s	s ⁻¹	rpm		
		200	170	30	80	80	37,5	
Características da água bruta		pH: 7,17			Turbidez: 7,23 NTU			
		Cor: 68 mg PtCo / L			Condutividade elétrica: 0,10 mS			
		Alcalinidade:			20 mg CaCO ₃ /L			
JARROS		1	2	3	4	5	6	
DOSAGENS (C = 2,5%)		37,5mg/L	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	
Filtração direta		Cor	19	13	15	11	15	14
		Turbidez	1,62	0,94	1,08	1,05	1,15	1,03
Tempos de sedimentação	Ts ₁ = 15min	pH	6,92	7,03	7,09	7,11	7,19	7,16
		Cor aparente	106	99	100	103	94	100
		Turbidez	12,2	11,4	12,4	12,0	13,2	11,9
		Cond. elétrica	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
	Ts ₂ = 30min	Cor aparente	102	96	95	95	99	92
		Turbidez	12,3	11,2	11,4	11,7	11,9	10,9
	Ts ₃ = 60min	Cor aparente	100	85	90	86	87	87
		Turbidez	11,2	10,7	10,5	9,94	10,6	9,88
	Ts ₄ = 90min	Cor aparente	92	75	78	69	76	73
		Turbidez	10,4	8,98	8,94	8,50	8,79	8,32
Ts ₅ =120min	Cor aparente	86	68	69	65	70	60	
	Turbidez	9,20	7,42	6,95	6,32	6,98	6,10	

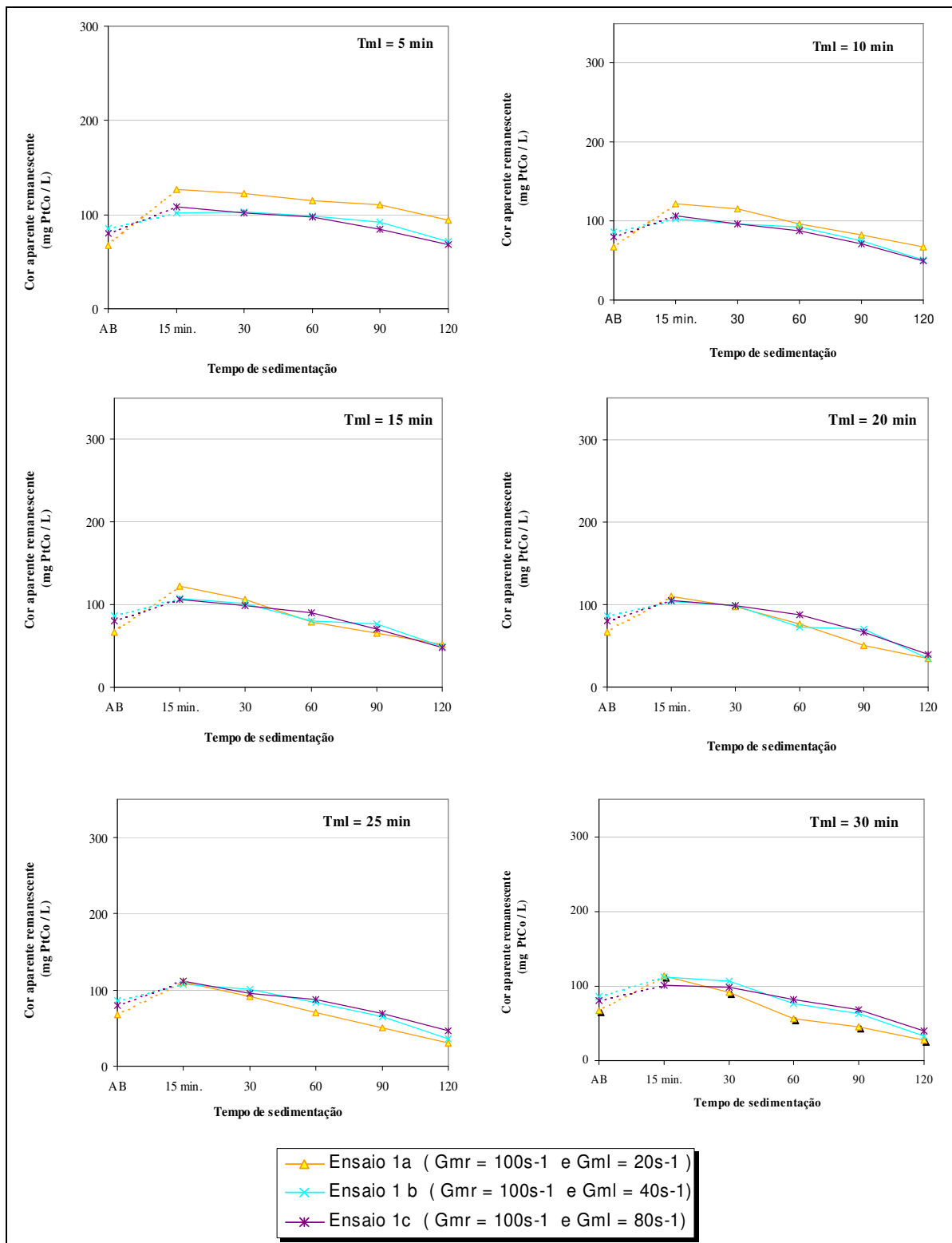


FIGURA II.a - Curvas de remoção de *cor* (Série IX) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

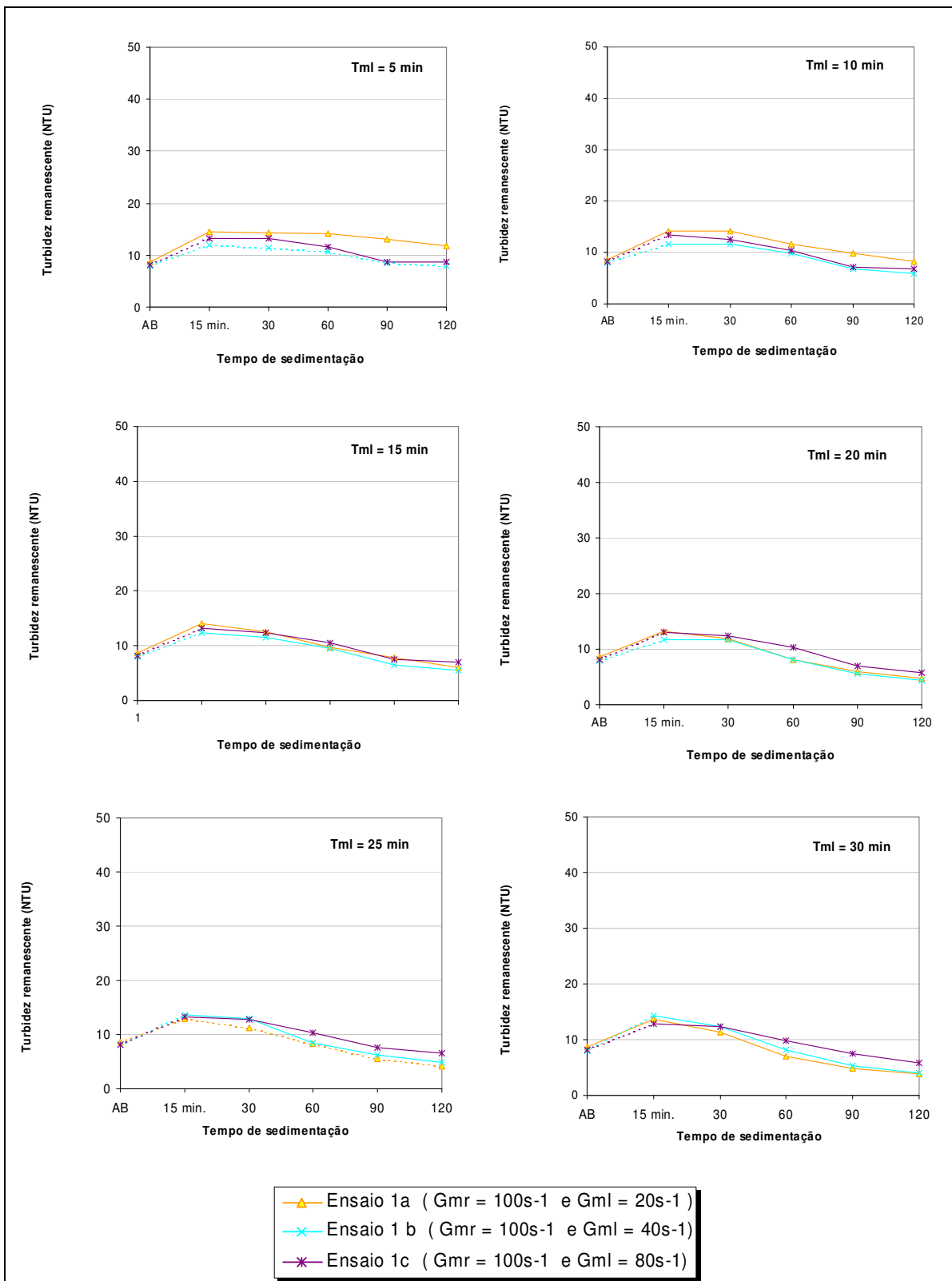


FIGURA II.b - Curvas de remoção de turbidez (Série IX) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

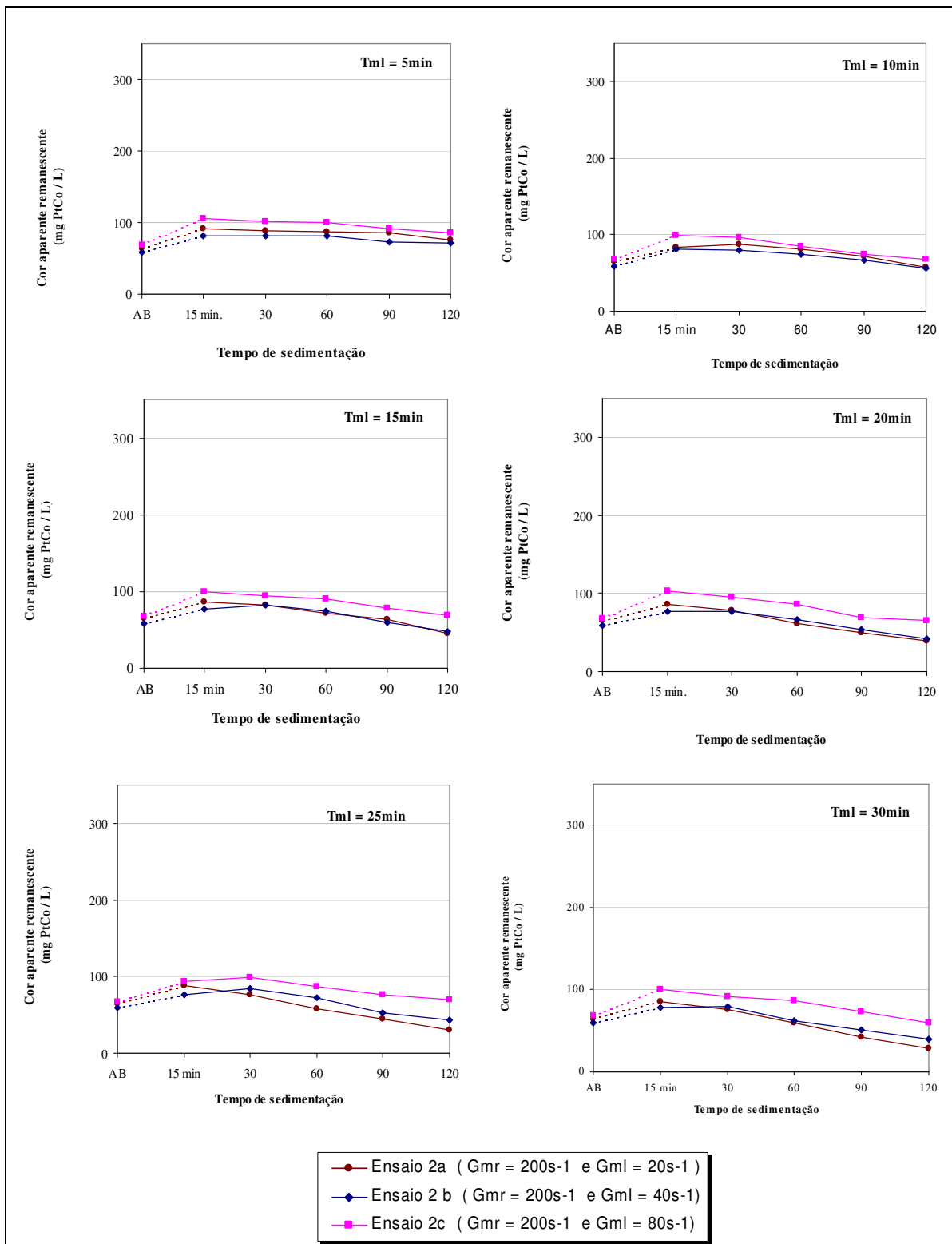


FIGURA I2.a - Curvas de remoção de *cor* (Série IX) em função do tempo de sedimentação: D = 37.5 mg/L, C = 2,5% e T_{mr} = 60s

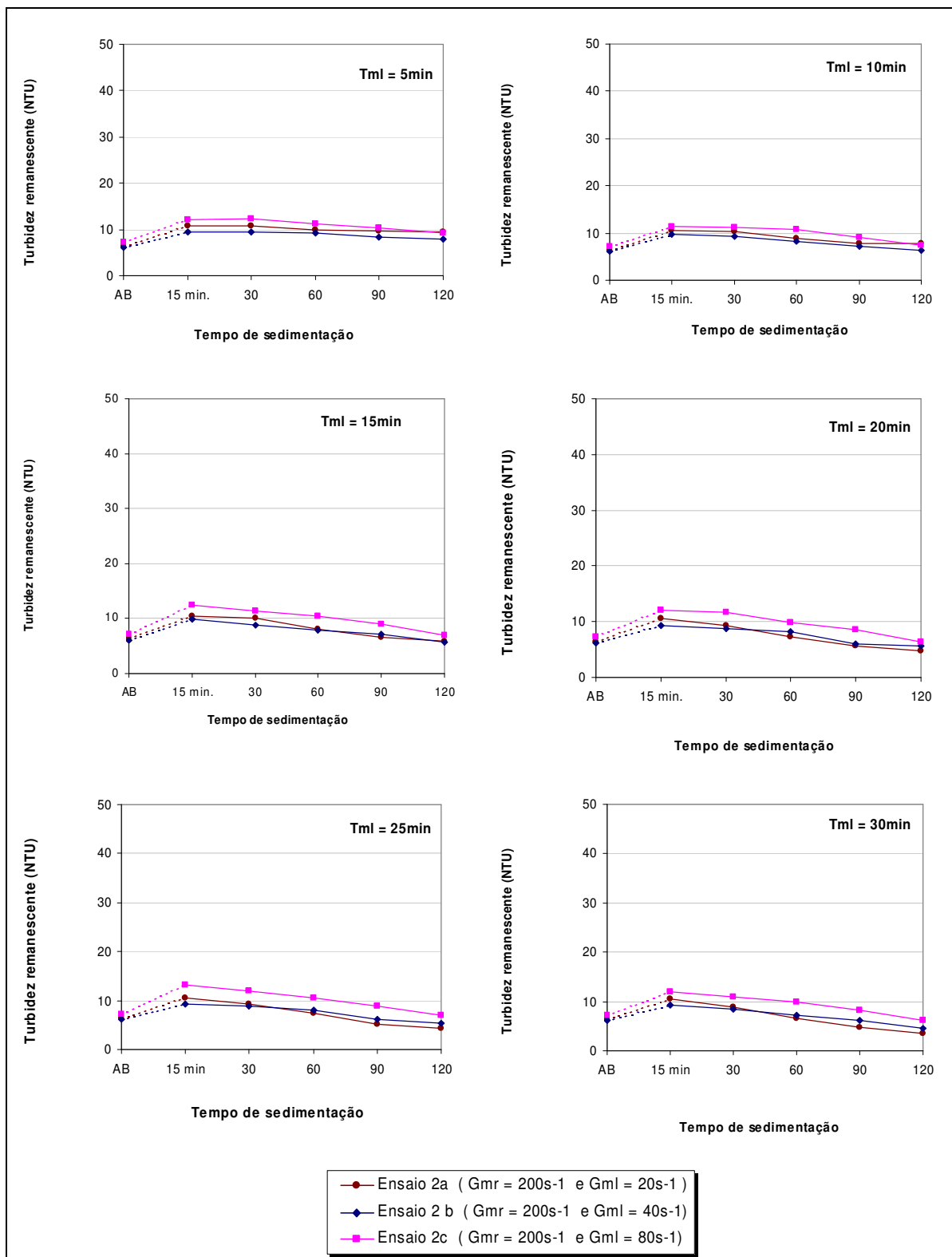


FIGURA I2.b - Curvas de remoção de turbidez (Série IX) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

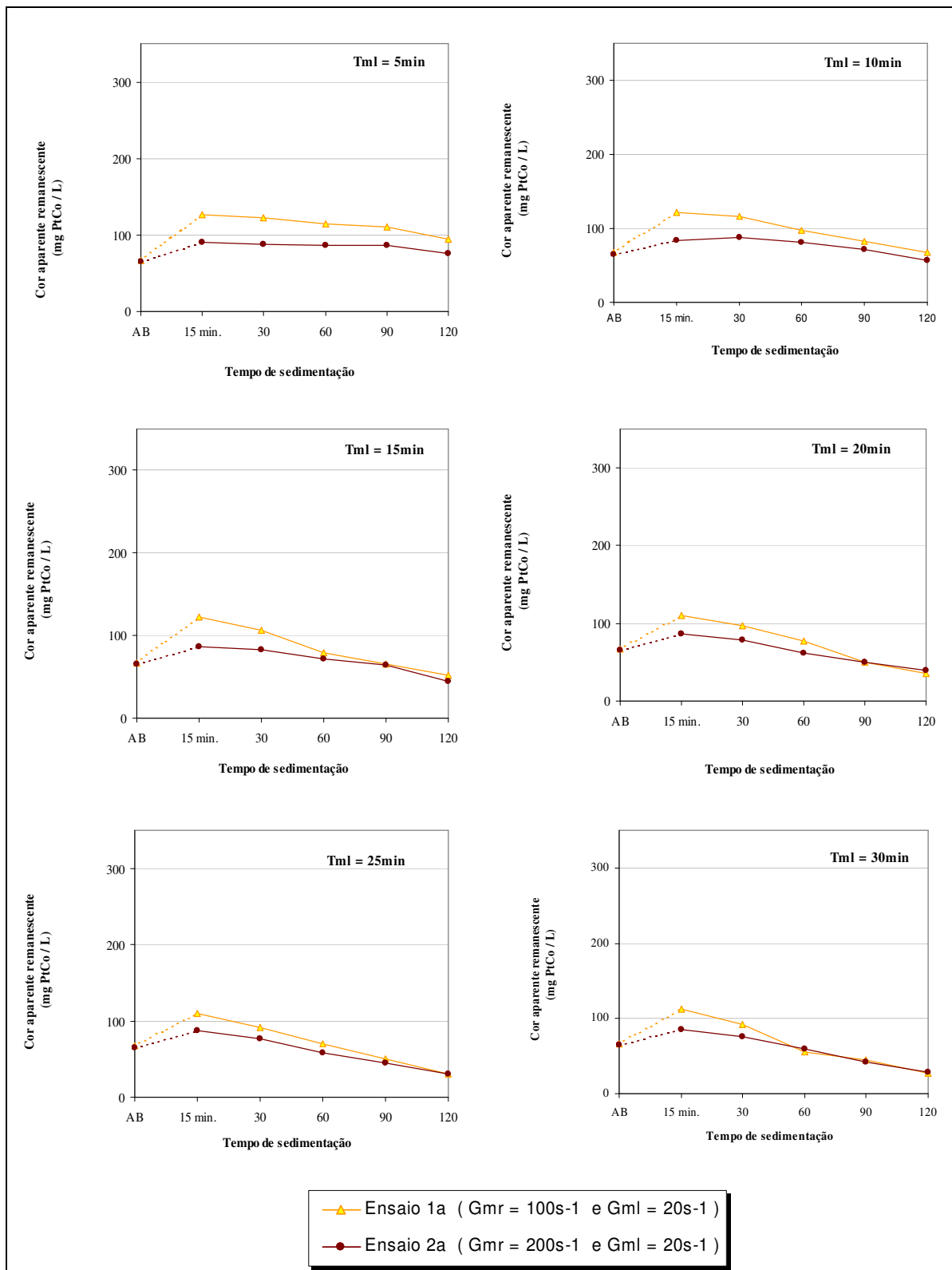


FIGURA I3.a - Curvas de remoção de *cor* (série IX) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

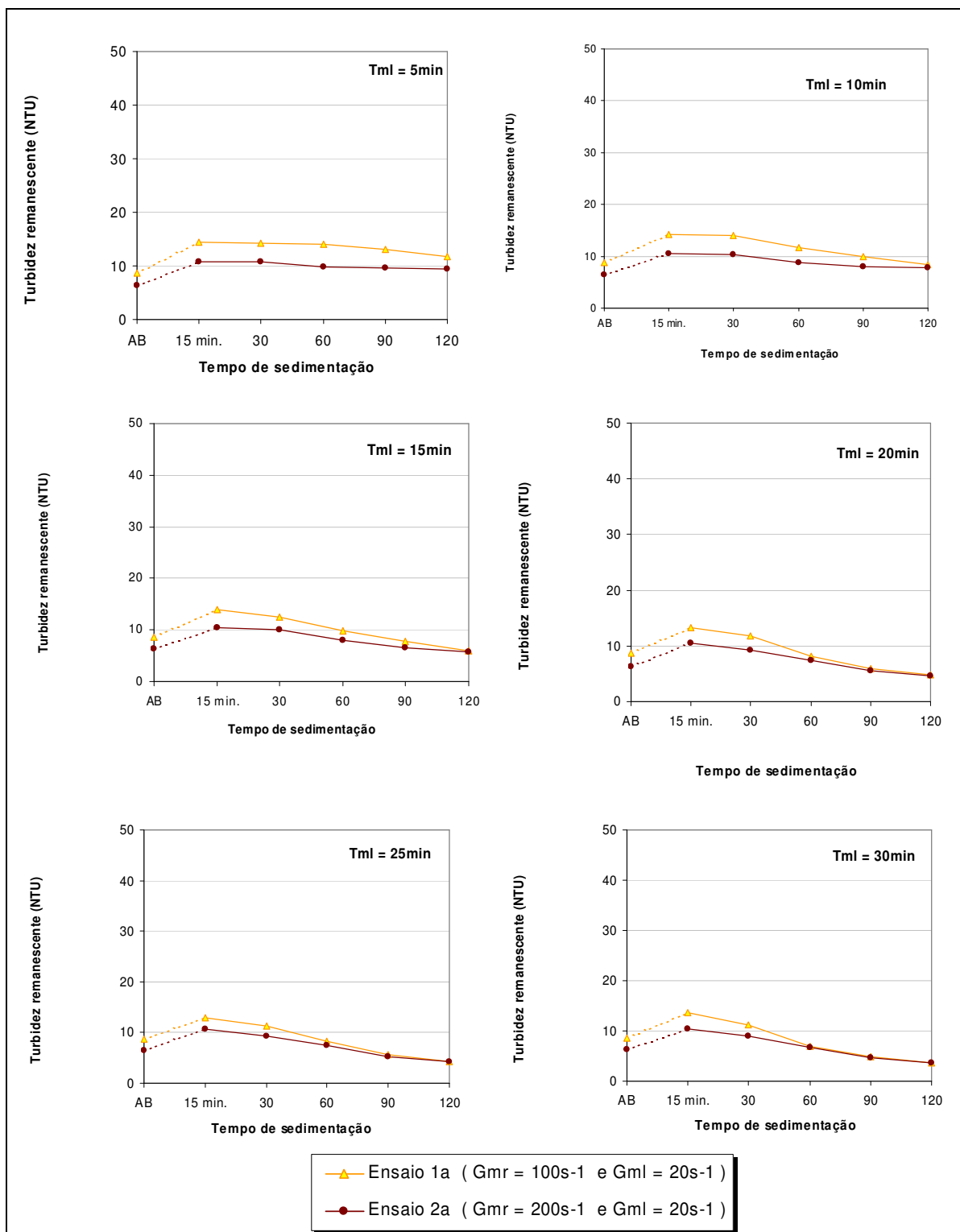


FIGURA I3.b - Curvas de remoção de turbidez (série IX) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

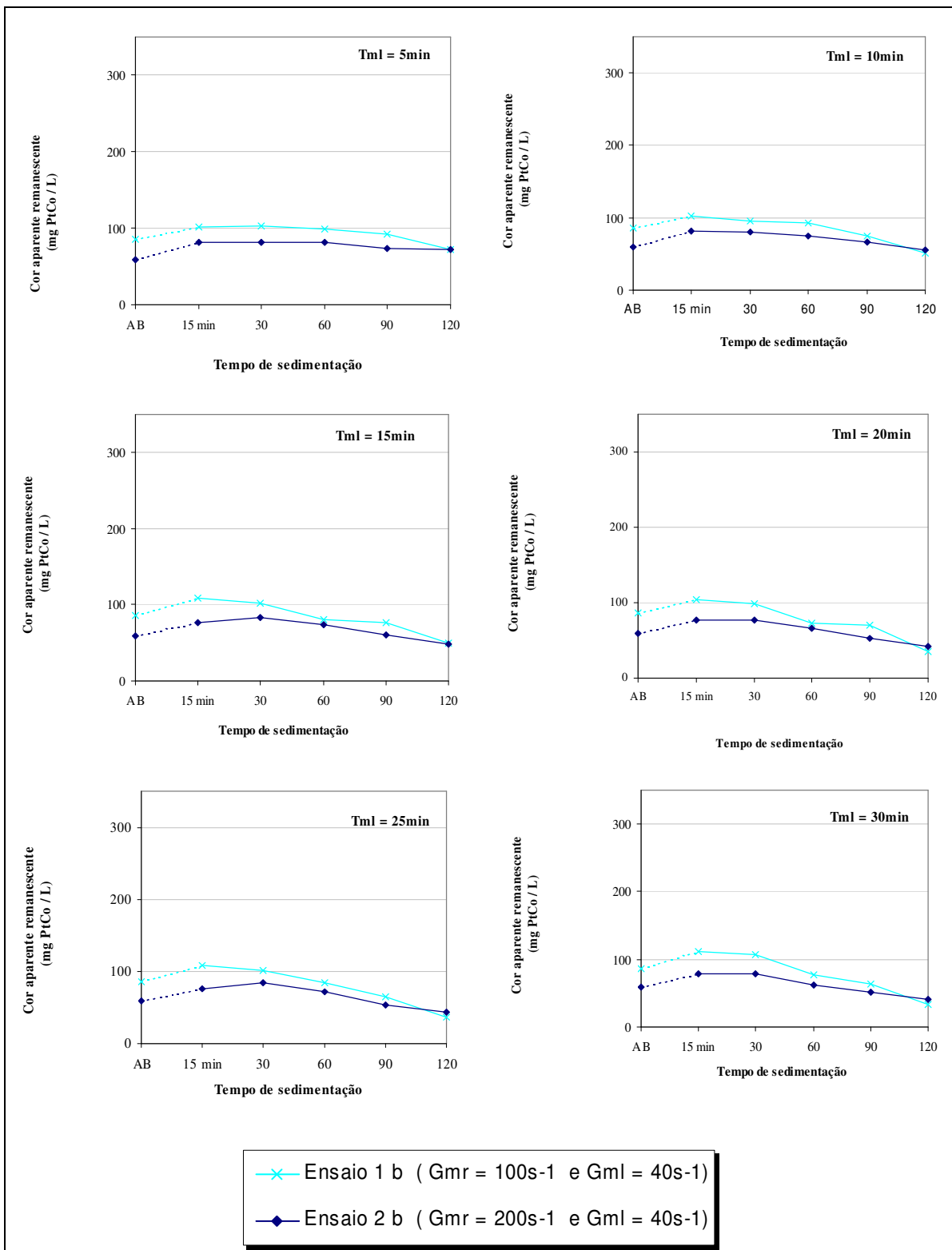


FIGURA I4.a - Curvas de remoção de *cor* (série IX) em função do tempo de sedimentação: D = 37.5 mg/L, C = 2,5% e Tmr = 60s

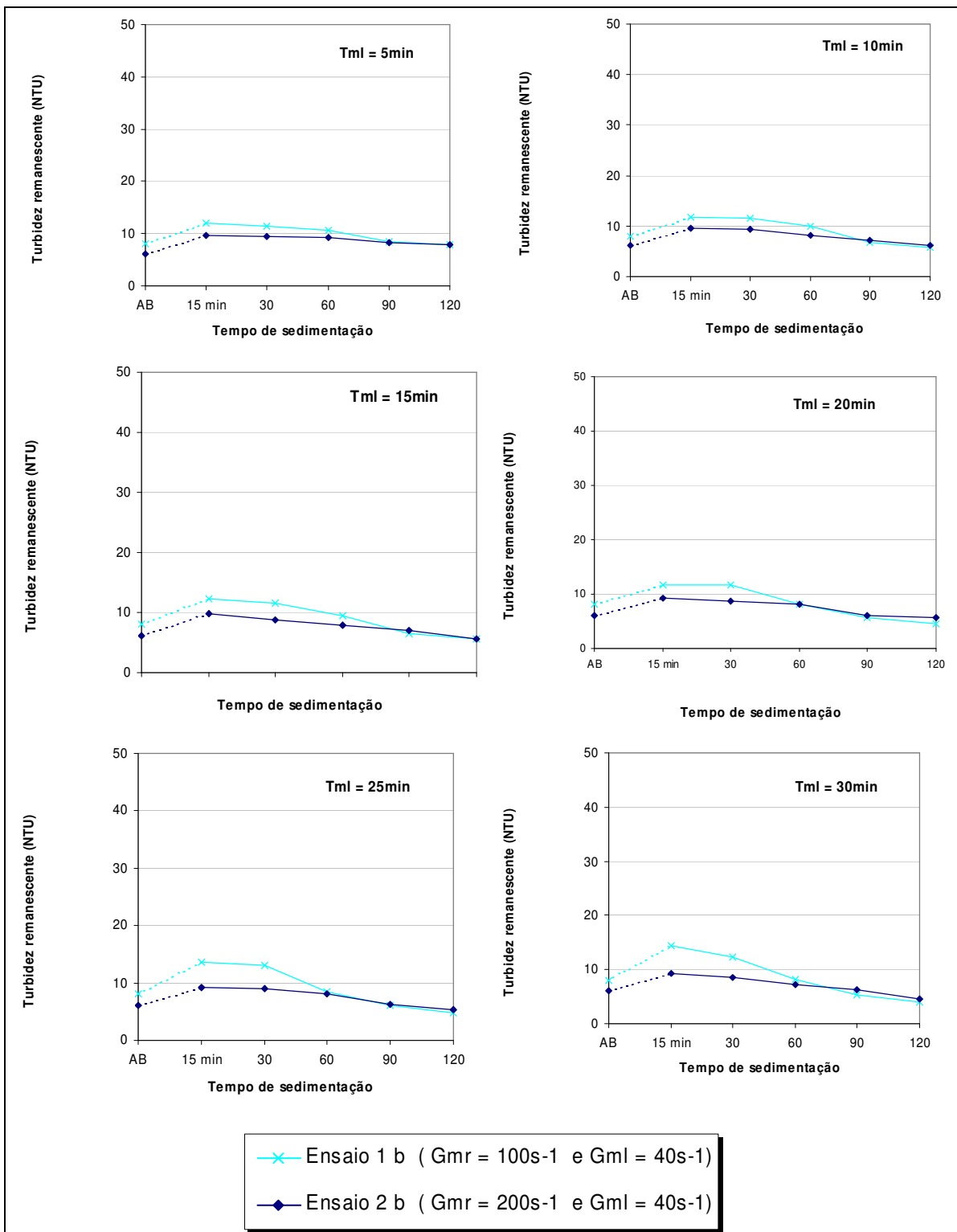


FIGURA I4.b - Curvas de remoção de turbidez (série IX) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

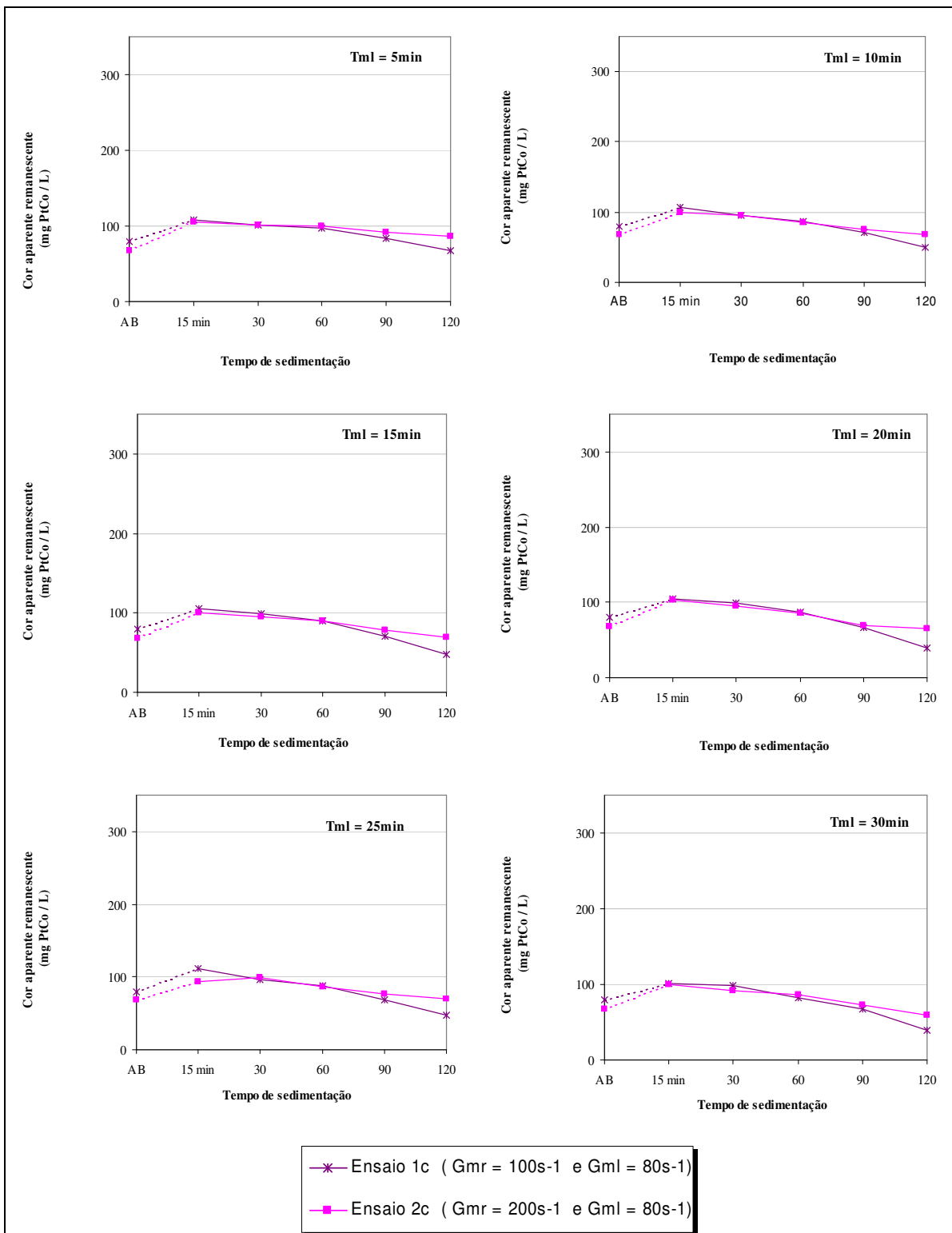


FIGURA I5.a - Curvas de remoção de *cor* (série IX) em função do tempo de sedimentação: $D = 37.5$ mg/L, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

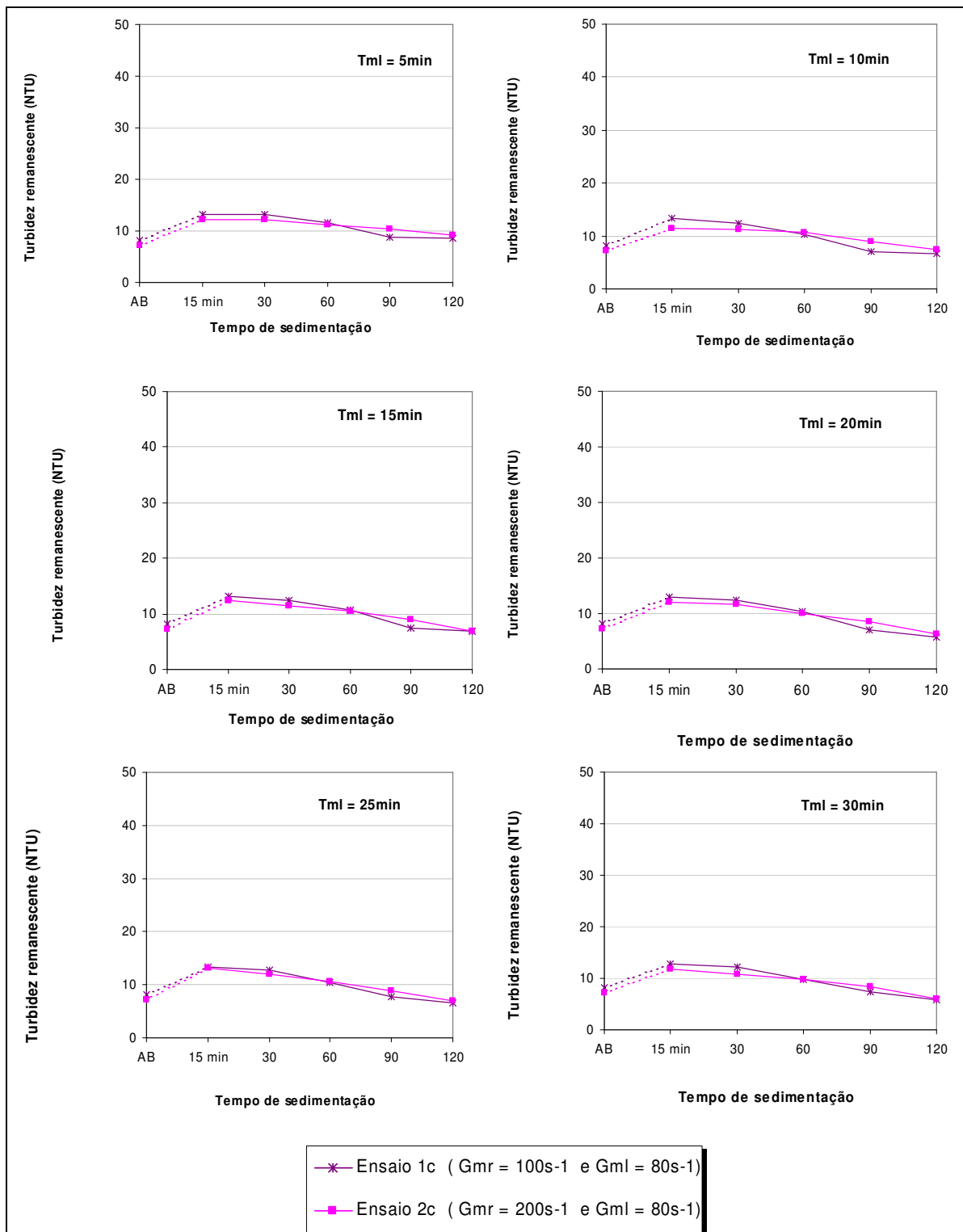


FIGURA I5.b - Curvas de remoção de *turbidez* (série IX) em função do tempo de sedimentação:
 $D = 37.5 \text{ mg/L}$, $C = 2,5\%$ e $T_{mr} = 60s$

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMIRTHARAJAH, A. & MILLS, K.M. *Rapid-mix design for mechanisms of alum coagulation*. Journal of the American Water Works Association, vol. 74, pp. 210-216, 1982.
2. ARGAMAN, Y. Pilot-plants studies of flocculation. Journal AWWA, v. 63, n 112, p775-777, 1971.
3. AZEVEDO NETTO, J.M. *et al. Planejamento de sistemas de abastecimento de água*. Publicação da Universidade Federal do Paraná e da Organização Pan-Americana da Saúde, 1973.
4. BEZERRA, A. M. E.; MOMENTÉ, V. G. & MEDEIROS FILHO, S. Germinação de sementes e desenvolvimento de plântulas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) em função do peso da semente e do tipo de substrato. Horticult. Bras. vol. 22, no.2, Brasília Abril-Junho/2004.
5. BHOLE, A.G. *Relative evaluation of a few natural coagulants*. Aqua, vol. 44, nº 6, pp. 284-290.
6. BORBA, L. R. Viabilidade do uso da *Moringa oleifera* Lam no Tratamento Simplificado de Água para Pequenas Comunidades. Universidade Federal da Paraíba, tese de mestrado, 2001, 92p.
7. BRANCO, S.M. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. CETESB, 2ª Edição, 1978.

8. BRANDÃO, C.C.S.; ARANTES, C., RAMOS, R.O., MELO, A.E.S.; NOGUEIRA, J.F.; BORGES, E.L. & MARWELL, D.T.L. Filtração direta ascendente em pedregulho seguida de filtração rápida aplicada ao tratamento de águas com baixa turbidez e presença de algas: resultados da continuidade. ABES, 2003.
9. CONCEIÇÃO, C. H. Z. Eficiência da pré-filtração e filtração lenta no controle das características químicas, físicas e biológicas da água para piscicultura. UNICAMP/Faculdade de Engenharia Agrícola, Dissertação (Mestrado), 2002.
10. DI BERNARDO, L. *Métodos e Técnicas de Tratamento de Água*. Abes, Rio de Janeiro, 1993.
11. DI BERNARDO, L.; MENDES, C. G. N. & BRANDÃO, C. C. S. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta - filtração direta aplicada à pequenas comunidades. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003, 498p.
12. FRANCO, R.M.B. *Infecções parasitárias em creche: estudo em uma área urbana, com ênfase em Cryptosporidium parvum e Giardia duodenalis*. Tese de doutorado, UNICAMP, 1996.
13. FERRAZ, C. F. Influência da espessura da camada suporte na eficiência da filtração lenta com uso de mantas sintéticas não tecidas para águas de abastecimento. Universidade Estadual de Campinas, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), 2001.
14. FONSECA, A. *Biologia - série compacta*. Editora Ática, São Paulo, vol. 1, 1983.
15. JAHN, S.A.A. *Using Moringa seeds as coagulant in developing countries*. Journal of the American Water Works Association, vol. 6, pp. 43-50,1988.
16. JANSSENS, J. G. & BUCKENS, E. Assesment of process selection for particle removal insurface water treatment. J. Water SRT - Aqua, V.42, N° 5, pp. 219-228, 1993.
17. LEME, F.P. *Engenharia do saneamento ambiental*. LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A ., Rio de Janeiro, 1984.

18. LEONARDS, G. A. Foundation Engineering - International Student Edition. McGraw-Hill Book Company INC., 1962.
19. LIBÂNIO, M. et al. Avaliação do modelo de Argman & Kaufman na estimativa do desempenho de unidades de floculação aplicadas ao tratamento das águas de abastecimento. Engenharia Sanitária e Ambiental, Ano I, vol. 2, p. 11-18, 1996.
20. McCCONACHIE, G.L.; FOLKARD, G.K.; MATAWALI, M.A. & SUTHERLAND, J.P. Field trials of appropriate hydraulic flocculation processes. Wat. Res., vol 33, n.6, pp. 1425-1434, 1999.
21. MENDES, C.G.N. Estudo da coagulação e floculação de águas sintéticas e naturais com turbidez e cor variáveis. Universidade de São Paulo - EESC. Tese de Doutorado, 1989.
22. MUYIBI, S.A. & EVISON, L.M. Moringa oleifera seeds for softening hardwater. Water Research, vol. 29, nº 4, pp. 1099-1104, 1995a.
23. MUYIBI, S.A. & EVISON, L.M. Optimizing physical parameters affecting coagulation of turbid water with Moringa oleifera seeds. Water Research, vol. 29, nº 12, pp. 2689-2695, 1995b.
24. MUYIBI, S.A. & ALFUGARA, A.M. Treatment of surface water with Moringa oleifera seed extract and alum - a comparative study using a pilot scale water treatment plant. International J. Environ. Studies, vol. 60, nº 6, pp. 617-626, dezembro/ 2003
25. NDABIGENEGESERE, A.; NARASIAH, K.S. & TALBOT, B.G. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using Moringa oleifera. Water Research, vol. 29, nº 2, pp. 703-710, 1995.
26. NOGUEIRA, J. B. Mecânica dos solos. USP-EESC, Departamento de Geotecnia, São Carlos, publicação (reimpressão) 042/94, 1988.
27. OKUDA, T., BAES, A.U., NISHIJIMA, W. & OKADA, M.. Improvements of extraction method of coagulation active components from Moringa oleifera seed Water Research, vol.33, nº 15, pp. 3373-3378, 1999.

28. OKUDA, T., BAES, A.U., NISHIJIMA, W. & OKADA, M. *Isolation and characterization of coagulant extracted from Moringa oleifera seed* by salt solution. Water Research, vol.35, n° 2, pp. 405-410, 2001a.
29. OKUDA, T., BAES, A.U., NISHIJIMA, W. & OKADA, M. *Coagulation mechanism of salt solutin-extracted active component in Moringa oleifera seeds*. Water Research, vol.35, n° 3 pp. 830-834, 2001b.
30. PADUA, V. L. Metodologia para determinação dos gradientes de velocidade médios em unidades de floculação de mistura completa com câmaras em série e escoamento contínuo a partir de ensaios em reatores estáticos. USP- EESC, Dissertação de mestrado, 1994.
31. PAVANELLI, G. Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada. Tese de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos, USP, 2001.
32. RAGHUWANSHI, P.K.; MANDLOI, M.; SHARMA, A.J.; MALVIYA, H.S. & CHAUDHARI, S. Improving filtrate quality using agrobased materials as coagulant aid. Water Qual. Res. J. Canada, vol. 37, n. 4, pp. 745-756, 2002.
33. RICHTER, C.A. & AZEVEDO NETTO, J.M. *Tratamento de água: tecnologia atualizada*. Editora Edgard Blücher LTDA, 1991.
34. SERAPHIM, L.A. Mecânica dos solos I, EC623. Universidade Estadual de Campinas, FEC, Departamento de Geotecnia e Transporte, 1995.
35. SILVA, M.J.M. Desinfecção de água utilizando energia solar (SODIS): inativação e recrescimento bacteriano. Universidade Estadual de Campinas, Dissertação de Mestrado, 2004.
36. SCHULZ, C. R. & OKUN, D. A. Treating surface waters for communities in developing countries. Journal AWWA-Management and operations, pp. 212-219, maio/1983.
37. VARGAS, M. Introdução à mecânica dos solos. Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda, São Paulo, 1977.

38. VON SPERLING, M. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias*. UFMG, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 1996.
39. WARHURST, A.M.; McCONNACHIE, G.L.; POLLARD, S.J.T. The production of activated carbon for water treatment in Malawi from the waste seed husks of *Moringa oleifera*. *Water Science Technology*, v.34, n.11, p.117-184, 1996.
40. WARHURST, A.M., McCONNACHIE, G.L. & POLLARD, S.J.T. *Characterisation and applications of activated carbon produced from Moringa oleifera seed husks by single-step steam pyrolysis*. *Water Research*, vol. 31, nº 4, pp. 759-766, 1997

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ADEMILUYI, J. O. & EZE, R. M. Improving the sludge conditioning potential of *Moringa* seed. *Environmental Management*, vol. 14, n°1, pp. 125-129, 1990.
2. BABCOCK, D. B. & SINGER, P. C. Chlorination and coagulation of humic and fulvic acids. *Journal AWWA*, pp. 149-157, abril/1983.
3. BATES, T. Rural water supply improvements: lessons learned from the water decade. *Journal AWWA*, 12-14.
4. BIRKER, F. B. & MORGAN, J. J. Polymer flocculation kinetics of dilute colloidal suspensions. *Journal AWWA*, pp. 175-191, abril/1983.
5. BLACK, A. P. & CHEN, C. Electrophoretic studies of coagulation and flocculation of river sediment suspensions with aluminum sulfate. *Journal AWWA*, 57, pp. 354-360, Março/1965.
6. CAMP, T. R. Floc volume concentration. *Journal AWWA*, pp. 657-673, Junho/1968.
7. DAVIS, D. N. Organizing and managing south Dakota's rural water systems. *Journal AWWA*, pp. 164-167, abril/1983.
8. DIAZ, A.; RINCON, N.; ESCORIHUELA, A.; FERNANDEZ, N.; CHACIN, E. & FORSTER, C. F. A preliminary evaluation of turbidity removal by natural coagulants indigenous to Venezuela. *Process Biochemistry*, 35, 391-395, 1999.

9. DONALDSON, D. Overview of rural water and sanitation programs for Latin America. Journal AWWA, pp. 225-231, maio/1983.
10. GANJIDOUST, H.; TATSUMI, K.; YAMAGISHI, T. & GHOLIAN, R.N. Effect of synthetic and natural coagulant on lignin removal from pulp and paper wastewater. Wat. Scie Tech., vol. 35, n°2-3, pp. 291-296, 1997.
11. GANJIDOUST, H.; TATSUMI, K.; WADA, S. & KAWASE, M. Role of peroxidase and chitosan in removing chlorophenols from aqueous solution. Wat. Sci. Tech., vol. 34, n° 10, pp. 151-159, 1996.
12. GHASI, S.; NWOBODO, E. & OFILI, J.O. Hypocholesterolemic effects of crude extract of leaf of *Moringa oleifera* Lam in high-fat diet fed wistar rats. Journal of Ethnopharmacology, 69, 21-25, 2000.
13. GOPPERS, V. & STRAUB, C. P. Polyelectrolyte persistence in a municipal water supply. Journal AWWA, pp. 319-321, abril/1983.
14. HANNAN, S. A. & ROBECK, G. G. Measurement of floc strength by particle counting. Journal AWWA, pp. 843-858, Julho/1967.
15. HUDSON, H. E. & WOLINER, J. P. Design of mixing and flocculating basins. Journal AWWA, pp. 1257-1267, Outubro/1967.
16. JAHN, S. A. A. The traditional domestication of a multipurpose tree *Moringa stenopetala* (Bak. f.) Cuf. in the Ethiopian Rift Valley. Ambio, vol. 20, n° 6, setembro/1991.
17. JAMES, R. C. & O'MELIA, C. R. Considering sludge production in the selection of coagulants. Journal AWWA, pp. 148-151, março/1982.
18. KALOGO, Y. & VERSTRAETE, W. Technical feasibility of the treatment of domestic wastewater by a ceps-UASB system. Environmental Technology, vol. 21, pp 55-65, 2000.
19. LETTERMAN, R. D.; QUON, J. E. & GEMMEL, R. S. Influence of rapide-mix parameters on flocculation. Journal AWWA, pp. 716-722, abril/1973.

20. MAYER, F. & STELZE, A. *Moringa stenopetala provides food and lowcost water purification*. Agroforestry Today, vol.5, n°1, p. 16-18, 1993.
21. MHAISALKAR, V.A.; PARAMASIVA, R. & BHOLE, A. G. Na innovative technique for determining velocity gradient in coagulation-flocculation process. Wat. Res., Vol. 20, N° 10, pp. 1307-1314, 1986.
22. MHAISALKAR, V.A.; PARAMASIVAM, R. & BHOLE, A. G. Optimizing physical parameters of rapid mix design for coagulation-flocculation of turbid waters. Wat. Res., Vol. 25, N° 1, pp. 43-52, 1991.
23. MILTNER, R. J.; BACKER, D. B.; SPETH, T. F. & FRONK, C. A. Treatment of seasonal pesticides in surface waters. Journal AWWA - Research and Technology, pp. 43-52, Janeiro/1989.
24. MORTON, J. F. The horseradish tree, *Moringa pterygosperma (Moringaceae)* - a boon to arid lands? Economic Botany, 45 (3), pp. 318-333, 1991.
25. MOSSA, J. S. A study on the crude antidiabetic drugs used in arabian folk medicine. Int. J. Crude Drug Res., 23, n° 3, pp. 137-145, 1985.
26. MULUVI, G.M.; SPRENT, N.; SORANZO, N.; PROVAN, J.; ODEE, D.; FOLKARD, G.; McNICOL, J.W. & POWELL, W. Amplified fragment length polymorphism (AFLP) analysis of genetic variation in *Moringa oleifera* Lam. Molecular Ecology, 8, 463-470, 1999.
27. MUYIBI, S. A. & OKUOFU, C. A. Softening hard wellwaters with *Moringa oleifera* seed extracts. Intern. J. Environmental Studies, vol. 50, pp. 247-257, 1996.
28. MUYIBI, S. A. et al. *Moringa oleifera* seeds as a flocculant in waste sludge treatment. J. of Environmental Studies, vol. 58, n.2, 185-195, 2001.
29. MUYIBI, S. A. et al. Bench scale studies for pre treatment of sanitary landfill leachate with *Moringa oleifera* extract. Intern. J. of Environmental Studies, vol. 59, n.5, 513-535, outubro/2002.

30. MUYIBI, S. A. et al. Effects of oil extraction from *Moringa oleifera* seeds on coagulation of turbid water. Intern. J. of Environmental Studies, vol. 59, n.2, 243-254, 2002.
31. NDABIGENGESERE, A. & NARASIAH, S. Quality of water treated by coagulation using *Moringa oleifera* seeds. Wat. Res., vol. 32, n° 3, pp. 781-791, 1998.
32. NDABIGENGESERE, A. & NARASIAH, S. K. Influence of operating parameters on turbidity removal by coagulation with *Moringa oleifera* seeds. Environmental Technology, Vol. 17, pp. 1103-1112, 1996.
33. NDABIGENGESERE, A. & NARASIAH, S. K. Use of *Moringa oleifera* seeds as a primary coagulant in wastewater treatment. Environmental Technology, Vol. 19, pp. 789-800, 1998.
34. OLSEN, A. Low technology water purification by bentonite clay and *Moringa oleifera* seed flocculation as performed in sudanese villages: effects on *Schistosoma mansoni* cercariae. Wat. Res., Vol. 21, N° 5, pp. 517-522, 1987.
35. PESZAR JÚNIOR M., CHAN, E.C.S & KRIEG, N.R. Microbiologia: conceitos e aplicações. MAKRON Books, 2ª Edição, vol.2.
36. PINFOLD, J. V.; HORAN, N. J.; WIROJANAGUD, W. & MARA, D. The bacteriological quality of Rainjar water in rural northeast Thailand. Wat. Res., Vol. 27, N° 2, pp. 297-302, 1993.
37. POLLARD, S. J.; THOMPSON, F. E. & McCONNACHIE, G. L. Microporous carbons from *Moringa oleifera* husks for water purification in less developed countries. Wat. Res., Vol. 29, n° 1, pp. 337-347, 1995.
38. PROSAB, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. Tratamento de água de abastecimento por filtração em múltiplas etapas. Rio de Janeiro, ABES-Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 144p, 1999.
39. REZENDE, S. C. & HELLER, L. O saneamento no Brasil - políticas e interfaces. Editora UFMG, 310p, 2002.

40. ROSEN, G. Uma História da Saúde Pública. Editora Unesp, 2ª Edição, 1994.
41. RUBIN, A. J. & BLOCKSIDGE, H. Coagulation of montmorillonite suspensions with aluminum sulfate. Journal AWWA, pp. 102-107, fev/1979.
42. SHEHATA, S.A. et al. Drinking water treatment options for eliminating freshwater algae. International Journal of Environmental Studies, vol. 59, n. 6, 679-688, Dezembro/2002.
41. TAVAREZ, A.L.; PEÑA, F.; PLACENCIA, F.; MENDONZA, H.R. & POLONCO, D. *Prevalencia de protozoos en niños com enfermedad diarreica aguda*. Archivos Dominicanos de Pediatría, vol.27, nº 2, 43-47, Maio-Agosto/1991.
42. TEKIPPE, R. J. & HAM, R. K. Coagulation testing: a comparison of techniques - Part II. Journal AWWA, pp. 620, abril/1983.
43. TELAROLLI JÚNIOR, R. Poder e Saúde: A República, a febre amarela e a formação dos serviços sanitários no Estado de São Paulo. UNICAMP, tese de doutorado, 2 vol., 1993.
44. TSAKNIS, J.; LALAS, S.; GERGIS, V. DOURTOGLOU, V. & SPILIOTIS, V. Characterization of *Moringa oleifera* variety *Mbololo* seed oil of Kenya. J. Agric. Food Chem., 47, 4495-4499, 1999.
45. UDUPA, S.L.; UDUPA, A.L. & KULKARNI, D.R. A comparative study on the effect of some indidgenous drugs on normal and steroid-depressed healing. Fitoterapia, vol. LXIX, nº 6, 1988.
46. VOICE, T. C. & WEBER Jr., W. J. Sorption of hydrophobic compounds by sediments, solids and suspended solids-I Theoria and background. Wat. Res., Vol. 17, Nº 10, pp. 1433-1441, 1983.
47. VRALE, L. & JORDEN, M. Rapid mixing in water treatment. Journal AWWA, pp. 52-58, Junho/1971.
48. WAGNER, E. G. The Latin American approach to improving water supplies. Journal AWWA, pp. 168-173, abril/1983.

49. WAGNER, E. G. Simplifying design of water treatment plants for developing countries. Journal AWWA, pp. 220-223, maio 1983.
50. WARHUST, A. M.; McCONNACHIE, G. L. & POLLARD, S. J. T. The production of activated carbon for water treatment in Malawi from the waste seed husks of *Moringa oleifera*. Wat. Sci. Tech., Vol. 34, n° 11, pp. 177-184, 1996.