

AHE Canto do Rio

**Simulação da qualidade das águas
do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento e
períodos de enchimento – Atualização**



AGOSTO / 2016

SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO.....	4
2. MODELAGEM MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO.....	5
3. OBJETIVOS DO TRABALHO	8
4. ASPECTOS GERAIS do AHE CANTO DO RIO.....	9
4.1 Barragens e Ensecadeiras.....	9
4.1.1 Barragem de Terra	9
4.1.2 Barragem de Enrocamento.....	10
4.1.3 Barragem de Gravidade em Concreto e Muros de Ligação e Contenção	10
4.2 Vertedouro	11
4.3 Circuito Hidráulico de Geração	11
4.4 Equipamentos Eletromecânicos	11
4.5 Turbina.....	12
5. ESTRUTURAÇÃO DO MODELO CE-QUAL-W2 – SISTEMA AHE CANTO DO RIO.....	13
5.1 O Modelo e Justificativas de sua escolha.....	13
5.2 Condicionantes e dados de entrada do modelo de simulação	13
5.3 Batimetria do reservatório.....	14
5.4 Vazões afluentes, vertidas e turbinadas	37
5.5 Dados Meteorológicos	39
6. ESTRUTURAÇÃO DA ENTRADA DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA	40
6.1 Parâmetros de entrada de dados	40
6.2 Estruturação da entrada de dados de qualidade da água	45
6.3 Aspectos gerais da vegetação da área de alague	47
6.3.1 Biomassa submersa em relação aos cenários de remoção da vegetação.....	47
7. RESULTADOS.....	53
7.1 FASE DE ENCHIMENTO	55
7.1.1 Temperatura da água	55
7.1.2 Oxigênio Dissolvido	62
7.1.3 DBO.....	79
7.1.4 Nitrogênio Amoniacal.....	96
7.1.5 Nitrato+Nitrato.....	105
7.1.6 Nitrogênio Total Kjeldahl.....	122
7.1.7 Fósforo Total.....	139
7.1.8 Qualidade das águas efluentes do sistema – Fase de enchimento.....	156
7.2 FASE ESTABILIZAÇÃO/OPERAÇÃO	161

7.2.1	Temperatura da água	161
7.2.2	Tempo de Residência.....	171
7.2.3	Oxigênio Dissolvido	180
7.2.4	Grupo Nitrogenado	198
7.2.5	Demanda Bioquímica de Oxigênio	227
7.2.6	Fósforo Total.....	245
7.2.7	Fluxos efluentes através do circuito gerador – tomada d'água	263
7.3	QUALIDADE DAS ÁGUAS A JUSANTE DO BARRAMENTO	269
8.	CONCLUSÕES	286
9.	BIBLIOGRAFIA DE APOIO	292
10.	ANEXOS	296

1. APRESENTAÇÃO

Este documento apresenta a atualização dos resultados do estudo “Simulação da qualidade das águas do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento e períodos de enchimento” abordando as estratégias de modelagem seguidas e o modelo matemático escolhido para a realização do trabalho.

2. MODELAGEM MATEMÁTICA COMO FERRAMENTA DE APOIO A TOMADA DE DECISÃO

A gestão do meio ambiente é um processo de tomada de decisões que deve explicitamente considerar a variável ambiental. Decisões relacionadas com o meio ambiente são complexas, pois buscam alcançar objetivos tangíveis e/ou intangíveis, envolvem aspectos essencialmente quantitativos e/ou eminentemente qualitativos e são cercados por significativos interesses em conflito. Tudo isso dificulta o processo de escolha de caminhos e o uso de instrumentos auxiliares na seleção de alternativas de políticas, programas e projetos ambientais.

O processo de decisão em um ambiente complexo normalmente envolve informações imprecisas e/ou incompletas, múltiplos critérios de escolha e vários agentes de decisão. A tomada de decisão, por conseguinte, deve buscar a opção que apresente o melhor resultado, a melhor avaliação, ou ainda, o melhor acordo entre as expectativas do “decisor” e as suas disponibilidades em adotá-la, considerando a relação entre os elementos objetivos e subjetivos.

O problema de alocação de recursos entre os diversos usos e usuários de uma bacia hidrográfica pode ser minimizado quando prevalecem os seguintes atributos: o recurso é abundante, sua qualidade é compatível com os usos requeridos, a oferta do bem é garantida no espaço e no tempo, o recurso é utilizado de forma sustentável e há um equilíbrio relativo entre os atributos para que esse problema não se torne complexo. Quando essas características não estão presentes, a sociedade tem de envidar esforços para gerenciar a oferta e a demanda do recurso e estabelecer, da melhor forma possível, uma situação harmônica.

O manejo integrado de mananciais hídricos possibilita a mitigação dos problemas inerentes à sua degradação e o atendimento das expectativas dos usuários inseridas no contexto de sustentabilidade. Trata-se da indicação de formas práticas de planejamento de ações visando à sua integração harmônica para diferentes finalidades.

Na escolha dos usos a serem adotados no manancial em estudo, deve ser examinado o caráter quantitativo e qualitativo de cada um, tendo, deste modo, um indicativo da tendência de como estes aspectos serão solicitados. Uma vez selecionados os usos, se faz necessário o estabelecimento de regras operacionais de apropriação da água a fim de se evitar conflitos de caráter administrativo e intersetoriais. São necessárias ações eficazes de manejo ambiental de todos os fatores que possam influenciar tanto a qualidade do recurso como condicionar sua disponibilidade aos diferentes usuários. Também é preciso tentar solucionar eventuais conflitos decorrentes de diferentes interesses de apropriação e uso dos recursos hídricos.

Segundo a legislação vigente, no enchimento de uma barragem para aproveitamento hidrelétrico há a necessidade de se proceder à limpeza de sua bacia de acumulação, providenciando a supressão da vegetação que será inundada, pois a mesma provocará depleção dos níveis de OD, e acrescentará, em curto espaço de tempo, grandes quantidades de nutrientes nitrogenados e fosfatados ao meio líquido, podendo impedir muitos dos usos múltiplos de seus recursos hídricos.

No entanto, a supressão total ou a retirada integral da biomassa para mitigar seus efeitos sobre a qualidade da água às vezes provoca impactos ambientais muito piores em trechos do barramento, pois muitas das áreas de grande massa vegetal são de difícil acesso. Em muitas barragens, tem sido autorizada pelos órgãos ambientais a supressão parcial da vegetação, sem ter-se notado grandes impactos na qualidade da água. Exemplos são a AHE Machadinho, Itaipú, Dona Francisca no Rio Jacuí, Montes Claros e 19 de Junho no Rio Taquari, UHE Foz do Chapecó, assim como centenas de PCHs, onde a vegetação é apenas parcialmente suprimida.

Deste modo, o emprego de modelos matemáticos pode ser utilizado como ferramenta de apoio na tomada de decisão junto aos órgãos ambientais competentes e gestores de recursos hídricos. Neste sentido, modelos matemáticos têm sido empregados para simular e prognosticar cenários de supressão da vegetação localizando-se os pontos de maior impacto no teor de oxigênio dissolvido e na geração de nutrientes, quando do enchimento.

Modelos bi e tridimensionais tem sido empregados auxiliando nas tarefas de direcionar as atividades de supressão da vegetação.

No âmbito jurídico e fiscalizador, o uso de modelos matemáticos de qualidade da água tem se tornado ferramenta indispensável para previsão de impactos locais e regionais de curto e longo prazo, como devido à construção de usinas hidrelétricas (UHE) e pequenas centrais hidrelétricas (PCH), indústrias e estações de tratamento de esgotos municipais na margem de rios e adutoras de água bruta, conforme legislação vigente para o licenciamento ambiental destes empreendimentos no âmbito da Resolução CONAMA N°237/97.

Os modelos podem ser úteis no monitoramento de bacias hidrográficas, como ferramenta de apoio no planejamento e gestão dos recursos hídricos pelos comitês responsáveis e órgãos ambientais licenciadores. A vantagem da utilização de modelos matemáticos para simulação de impactos é que se pode obter respostas relativamente confiáveis da implementação de cenários (Wells, 2005) em estudos de impacto ambiental (De Luca et al., 2003 e 2004 e De Luca et al., 2005) em curto espaço de tempo. Além disso, a previsão dos efeitos de alternativas de tratamento, alternativas de estratégias de gerenciamento e alternativas de limpeza da bacia de acumulação podem ser facilmente simuladas, desta forma norteando a tomada de decisões e decrescendo os custos ambientais finais dos aproveitamentos hidroelétricos.

Diversos são os fatores que levam à deterioração da água, podendo ser classificados em fontes pontuais e difusas. As fontes pontuais se caracterizam, essencialmente, pelos efluentes domésticos e industriais, já as difusas são caracterizadas pelos resíduos provindos da agricultura (fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas, entre outros), podendo ser citados ainda o escoamento superficial urbano, das áreas de mineração e dos pátios de indústrias. Este tipo de poluição pode ser intensificado devido à irrigação, à compactação do solo devido à mecanização, ao desflorestamento, à ausência de práticas conservacionistas do solo, aos processos erosivos, além da interferência de fatores naturais (geologia, geomorfologia, declividade, pedologia, formato e densidade da bacia de drenagem, regime de chuvas, permeabilidade do solo e outros).

O principal meio pelo qual os poluentes atingem um curso d'água, de maneira difusa, é o escoamento superficial, devendo-se buscar identificar e quantificar esses poluentes através do conhecimento do comportamento destas substâncias no meio ambiente e dos fatores naturais e antrópicos que interferem no transporte e disposição desses poluentes na água.

Quando se refere aos reservatórios, a situação é ainda mais delicada, visto que alterações consideráveis ocorrem no sistema aquático desde a fase de formação do reservatório, os quais refletem na qualidade da água. Dentre eles citam-se a redução da capacidade de depuração do curso d'água, o aumento da capacidade de retenção de sedimentos e nutrientes e a alteração das características físicas, químicas e biológicas do sistema, possibilitando um incremento no processo de eutrofização do reservatório o qual, dependendo do nível atingido, poderá comprometer os usos múltiplos a que este é destinado.

Perante a necessidade em remediar e prever problemas relacionados com a poluição dos cursos d'água, a simulação matemática dos processos que envolvem os fluxos de substâncias dissolvidas, além dos fenômenos físicos inerentes da cinética dos ecossistemas aquáticos, fizeram com que o desenvolvimento científico nesta área de pesquisa evoluísse continuamente desde o início do século passado.

Devido à ampla evolução dos modelos matemáticos aliados a flexibilidade e bom nível dos resultados apresentados, o uso dos pacotes de simulação tem sido requisitado pelas autoridades fiscalizadoras do meio ambiente por todo mundo, como uma ferramenta de apoio na tomada de decisão no planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Em muitos casos, os modelos são usados para avaliar qual alternativa será mais efetiva a longo prazo na resolução de problema com a qualidade e quantidade de água. As decisões de gerenciamento requerem a consideração da existência de condições, bem como da projeção antecipada de mudanças futuras

quanto aos recursos hídricos de um dado sistema. Nestas aplicações os modelos não só representam as condições existentes como também podem prever uma dada condição que ainda não existe através da criação de cenários futuros.

Os modelos podem ser utilizados para dar suporte a uma análise econômica, onde o tomador de decisão utiliza os resultados do modelo para avaliar a significância ambiental de um determinado projeto, estabelecendo uma relação de custo-benefício.

O exercício de modelagem é caracterizado por um conjunto de equações que descrevem de forma simplificada ou não os processos de um sistema e, portanto, recebem a nomenclatura de modelo matemático. Nas simulações dos sistemas naturais, mais especificamente, no que se refere à qualidade das águas, toda aplicação bem sucedida deve passar, primeiramente, por uma etapa inicial na qual o modelo deve ser ajustado, calibrado ou sintonizado (parametrizado) de maneira a representar o ecossistema de interesse com relação aos aspectos hidráulicos e ao comportamento químico e biológico das variáveis envolvidas. Esta etapa é chamada de calibração ou ajuste do modelo ao sistema de interesse, e é realizado a partir de um conjunto inicial de dados pela manipulação ou sintonia dos parâmetros bio-cinéticos disponíveis com o intuito de simular o comportamento do sistema. A partir deste ponto muitos são os direcionamentos realizados para projetar cenários de poluição hídrica nos corpos d'água.

Um modelo uma vez ajustado/sintonizado/parametrizado à bacia estudada, pode ser utilizado na classificação da qualidade dos cursos d'água. O uso integrado do monitoramento e simulação matemática certamente ofereceria uma melhor relação entre flexibilidade e custo do que se alcançaria somente com o monitoramento in loco, considerando a distribuição espacial e temporal da informação gerada. Para isso, faz-se necessário que o modelo seja capaz de simular diferentes cenários ou configurações de desenvolvimento na bacia, levando em conta as fontes de poluição, pontuais e difusas, e demais usos da água já estabelecidos na bacia hidrográfica de estudo, ou ainda, usos previstos ou propostos.

Dentre as capacidades da implementação de um estudo de simulação matemática citam-se:

- Auxílio na definição de regras operativas de reservatórios através da inserção da variável ambiental;
- Auxílio em prover respostas a demandas e questionamentos de órgãos ambientais fiscalizadores, à quesitos de ações judiciais do Ministério Público (MP) e sociedade em geral;
- Avaliação do fenômeno de transporte e depuração da matéria orgânica em rios, lagos e reservatórios;
- Monitoramento e ajuste de modelo matemático para mapeamento da zona de impacto devido ao despejo de esgotos não tratados;
- Prover subsídios técnicos para o melhor posicionamento de tomadas d'água para abastecimento público em rios, reservatórios e lagos;
- Avaliação da influência de cenários de desmatamento da área de alagado de reservatórios na qualidade futura das águas reservadas;
- Previsão de impactos na qualidade da água pela construção de centrais hidrelétricas em diferentes cenários do ponto de vista do posicionamento das estruturas hidráulicas associadas;
- Auxiliar na provisão de subsídios técnicos para a definição da vazão remanescente em trechos de vazão reduzida contemplando aspectos quali-quantitativos;
- Auxílio na tomada de decisão sobre diferentes estratégias do controle de poluição, as quais podem ocasionar alteração de curto prazo nos parâmetros de qualidade nos cursos d'água, em especial quanto a ocorrência de florações de algas;
- Avaliação da disponibilidade hídrica de determinado recurso hídrico, considerando a variabilidade e sazonalidade dos regimes hídricos dando suporte aos processos de outorga e enquadramento;

- Avaliação da capacidade suporte de reservatórios frente a produção aquícola, através do cultivo de peixes em gaiolas ou tanques-rede, com uso intenso de insumos alimentares;
- Avaliação de cenários de acidentes potenciais com cargas tóxicas afluentes ao um sistema hídrico (rio, lago, reservatório) de modo a subsidiar a proposição de procedimentos operacionais de mitigação aos efeitos adversos desencadeados;
- Integração da modelagem matemática ao Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório buscando a otimização do recurso hídrico frente às demandas dos diversos usuários e da legislação, subsidiando condições de balneabilidade, geração de energia, níveis de segurança, demandas mínimas e máximas de captações para abastecimento e irrigação, potencial de diluição de despejos, etc.

Os modelos de qualidade podem ser aplicados a diversos tipos de corpos d'água, lagos, estuários, rios, arroios e sistemas costeiros, por exemplo. Dependendo do tipo de ecossistema e suas configurações físicas particulares, isto é, batimetria, morfologia, sinuosidades, entre outros.

3. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho teve por objetivo simular, através de modelagem matemática, cenários de supressão da vegetação e os impactos da biomassa inundada na qualidade da água do reservatório do AHE Canto do Rio, considerando-se as fases de enchimento e estabilização/operação do mesmo frente aos aspectos atuais. Para a modelagem hidrodinâmica da qualidade das águas do sistema AHE Canto do Rio foi utilizado o modelo CE-Qual-W2 V3.7.

O desmatamento da bacia de inundação é uma das alternativas frequentemente sugeridas para a minimização dos impactos na qualidade da água de futuros reservatórios. Para o prognóstico da qualidade das águas da AHE Canto do Rio, serão analisadas diferentes situações em relação à cobertura vegetal.

A incorporação da vegetação a ser inundada será representada na modelagem através de um valor de densidade de fitomassa degradável. O valor desta densidade será calculado com base no cenário de desmatamento e da biomassa remanescente em cada tipologia a ser inundada, adotando-se taxas médias de incorporação de matéria orgânica e considerando-se dois períodos de início quanto ao enchimento do reservatório.

4. ASPECTOS GERAIS do AHE CANTO DO RIO

O Aproveitamento Hidrelétrico Canto do Rio (AHE Canto do Rio) está sendo proposta para ser implantada no alto curso do rio Parnaíba, entre os Estados do Maranhão e Piauí, com o eixo do barramento entre os municípios de Tasso Fragoso – MA e Santa Filomena-PI.

O eixo da barragem poderá ser identificado pelas coordenadas geográficas 8° 36' 59.8" Sul e 45° 47' 19" Oeste. No local do aproveitamento, o rio Parnaíba tem uma área de drenagem de 20.152 km² e vazão média de longo período de 159,22 m³/s.

Foram estabelecidos os seguintes níveis d'água (NA) para o reservatório a ser formado:

- NA máximo normal: El. 271,00m;
- NA máximo maximorum: 271,00m.
- NA mínimo minimorum: El. 271,00m.

No nível de água máximo normal na El. 271,00m, o reservatório terá a área de 79,76 km² e o volume total de 832,33 x 10⁶ m³.

O Arranjo Geral das obras do AHE Canto do Rio localizado no rio Parnaíba contempla as seguintes estruturas:

- Barragem de Terra;
- Barragem de Gravidade em Concreto e Muros de Ligação e Contenção;
- Circuito Hidráulico de Geração;
- Sistema Extravador;
- Subestação.

As estruturas de concreto foram projetadas na margem esquerda do rio Parnaíba e o restante do vale fechado com barragens de terra e enrocamento no abraço das barragens de concreto.

O Circuito Hidráulico de Geração compreende de Canal de Adução, seguido de Tomada d'água integrada à Casa de Força e Canal de Fuga.

O sistema extravasor é constituído por Vertedouro controlado com quatro comportas, seguido de uma Bacia de Dissipação revestida em concreto e um Canal de Restituição.

O sistema de desvio do rio é constituído, na primeira etapa, por uma ensecadeira longitudinal na margem esquerda do rio Parnaíba, que permite a construção do Vertedouro e da Casa de Força, sem estrangular a calha principal. Na segunda etapa, o desvio é feito através de oito adufas localizadas sob o Vertedouro, enquanto as obras da barragem do leito do rio são protegidas por ensecadeiras de montante e jusante.

4.1 Barragens e Ensecadeiras

4.1.1 Barragem de Terra

A seção do maciço da barragem é do tipo solo compactado com núcleo de argila. Para a construção do maciço é prevista escavação na fundação da barragem na ombreira esquerda de 1,5m e na ombreira direita e leito do rio variável de 2,0m a 6,0m de espessura.

A crista da barragem ficará na El.274,00m, 3,00m acima do nível normal do reservatório da El. 271,00, com 6,00 m de largura e comprimento de aproximadamente 1100 m, e altura de até 35,00m no leito do rio.

Os taludes de montante e jusante terão inclinação de 1V:2H, com bermas no talude de jusante a cada 10,0 m, respectivamente nas Elevações 264,00m, 254,00m e 244,00m.

A superfície do talude de jusante será protegida contra erosão mediante plantio de grama de espécie nativa da região e o talude de montante será protegido contra ondas geradas no reservatório com Rip-Rap, constituído por uma camada de 0,60m de rocha sã, 0,30m de material de transição e 0,30m de areia a partir da El. 269,00m.

O sistema de drenagem interna será constituído por um filtro inclinado de areia, espessura de 1,00m, constituindo uma interface entre o núcleo do solo argiloso compactado e o espaldar de jusante, permitindo o desenvolvimento de uma rede de fluxo segura sem possibilitar eventos de erosão interna do material impermeável da barragem.

O filtro inclinado terá continuidade para jusante através de um tapete horizontal tipo sanduiche, com espessura de 3 x 0,40m constituído de duas camadas de areia externas e uma camada de brita interna.

A saída do sistema de drenagem será constituído por um dreno de pé composto de transição pétrea e enrocamento, com a função de receber e conduzir para jusante as águas do sistema de drenagem interna da barragem.

As águas percoladas pelo maciço da barragem, coletadas no dreno de pé, serão permanentemente monitoradas (medidor de vazão triangular) e conduzidas por uma canaleta no pé do talude.

O controle da percolação pela fundação será feito mediante uma parede de diafragma plástico a ser construída na base do núcleo no eixo da barragem e a montante das estruturas de concreto.

Paredes diafragmas são paredes de contenção verticais executadas em argamassa ou concreto simples aramado podendo ainda servir de suporte de cargas e como camada de impermeabilização. As paredes executadas com mistura de argila e cimento são diafragmas flexíveis e as executadas em concreto são diafragmas rígidos. A escavação é feita por uma escavadeira de esteira equipada com clamshell ou um trado batilon.

4.1.2 Barragem de Enrocamento

As Barragens de Enrocamento foram projetadas junto às estruturas de concreto com o objetivo de minimizar as escavações, abraçando as Barragens de Gravidade fazendo transição com as Barragens de Terra.

A seção do maciço da barragem é constituída de enrocamento compactado nos taludes de montante e jusante. A zona de vedação é formada por um núcleo de solo argiloso compactado. Entre a zona de vedação e o enrocamento está prevista 2,0m de transição única compactada.

Os taludes de montante e jusante terão inclinação de 1V:1,3H, com 6,00m de largura de crista. Foram previstas camadas de 0,80 m de espessura de transição grossa, 0,80 m de espessura de transição fina e 0,60 m de espessura de areia entre o enrocamento do talude de jusante e a barragem de gravidade.

O trecho de transição entre a Barragem de Terra e a Barragem de Enrocamento possui uma extensão de 20,00m.

4.1.3 Barragem de Gravidade em Concreto e Muros de Ligação e Contenção

Os encontros entre as Barragens de Terra e as estruturas de concreto serão feitos através de Barragens de Gravidade em concreto massa, com extensão de 26,50m e 31,50m, nas margens esquerda e direita respectivamente, cuja geometria apresenta o talude de montante 1V:0,1H, e talude de jusante com paramento vertical da crista até a El.262,43m, a partir daí um talude de 1V:0,7H. À montante da Tomada d'Água e do Vertedouro e a jusante da Casa de Força estão previstos Muros que tem como finalidade conter os maciços das Barragens.

4.2 Vertedouro

O arranjo do Vertedouro foi estabelecido de acordo com sua localização e capacidade de escoamento, como sendo uma estrutura vertente controlada por comportas, com geometria definida de acordo com as recomendações do Design of Small Dams do U.S. Corps of Engineers.

O Vertedouro controlado possui ogiva Creager, seguido de uma bacia de dissipação e está localizado na margem esquerda do rio Parnaíba.

O Vertedouro foi projetado para escoar uma vazão máxima de 3123 m³/s através de quatro comportas de 12,0m de altura por 9,0m de largura, correspondente a cheia decamilar do AHE Canto do Rio, sem sobrelevação no nível do reservatório, devido à existência das localidades de Alto Parnaíba e Santa Filomena no trecho montante.

O Vertedouro terá à jusante uma bacia de dissipação na EL.235,00m, projetada com fundo plano e dimensões de 30,00 m de comprimento e 44,40 m de largura, revestida com laje de concreto ancorada na rocha.

4.3 Circuito Hidráulico de Geração

O Circuito de Adução, localizado na margem esquerda, foi concebido buscando aproveitar as condições topográficas e geológico-geotécnicas do trecho previsto para sua implantação, bem como a infraestrutura local.

O Canal de Adução foi dimensionado considerando-se as condições topográficas e geológicas no trecho de sua implantação, sendo adequado em função da localização e geometria do Canal de Desvio.

A estrutura de concreto da Tomada d'Água / Casa de Força deverá contar com boas condições de implantação, apoiando-se diretamente na rocha de fundação e encaixando-se completamente no nicho rochoso especialmente escavado para abrigá-la.

A Grade possui dimensões de 12,50m de altura por 6,0m de largura, em cada um dos vãos da tomada d'água, alcançando uma velocidade de 0,65 m/s no engolimento máximo da usina.

As comportas ensecadeira e vagão possuem dimensões de 7,0m de altura por 6,0m de largura.

A Casa de Força é do tipo abrigada, constituída por um bloco em concreto armado e destinada a abrigar os 2 grupos geradores e turbinas Tipo Kaplan de eixo Vertical.

Na Tomada D'água está prevista a utilização, à montante, de duas comportas vagão, duas comportas ensecadeiras e quatro jogos de grades.

A Casa de Força é servida por uma ponte rolante dimensionada para suportar a peça mais pesada prevista (rotor do gerador). No interior da Casa de Força estão previstas galerias mecânica e elétrica com pisos definidos nas elevações 242,50m e 249,00m respectivamente.

4.4 Equipamentos Eletromecânicos

A Casa de Força será equipada com duas (02) turbinas hidráulicas tipo Kaplan de eixo vertical, com Potência Nominal Unitária de 22,0 MW, acopladas a geradores síncronos, trifásicos, de eixo vertical e Potência Unitária de 24,4 MVA. O espaçamento entre as linhas de centro das Unidades foi estimado considerando as dimensões da turbina, dos acoplamentos e do gerador, conforme projeto.

4.5 Turbina

A turbina do AHE Canto do Rio foi projetada para fornecer uma potência nominal de 22 MW, sob uma queda líquida de 26,21 m, com rotação nominal de 150 rpm (a ser confirmada pelo Fabricante), no sentido horário, visto de cima. Esta potência corresponde a uma vazão unitária turbinada de 96,89 m³/s.

O rendimento médio da turbina, para a queda líquida e potência nominal será de 92 %.

5. ESTRUTURAÇÃO DO MODELO CE-QUAL-W2 – SISTEMA AHE CANTO DO RIO

5.1 O Modelo e Justificativas de sua escolha

O CE-Qual-W2 é um modelo de qualidade bidimensional, longitudinal/vertical, hidrodinâmico e de qualidade da água. O modelo assume a homogeneidade lateral, aspecto mais adequado para a modelagem de corpos d'água relativamente longos e estreitos que apresentam gradientes qualitativos longitudinais e verticais. O desenvolvimento e evolução do modelo CE-QUAL-W2 já dura três décadas, período no qual vem sendo aplicado com sucesso em lagos, reservatórios, rios e estuários de todo o mundo, com muitos trabalhos no Brasil. Neste contexto, verifica-se que as características do sistema AHE Canto do Rio, justificam a escolha do presente modelo para as projeções da implantação do empreendimento frente aos dados disponíveis e passíveis de monitoramento futuramente. Destaca-se que para o presente caso, modelos concentrados ou unidimensionais não seriam adequados para representar as variações longitudinais e verticais que tendem a ocorrer no sistema, da mesma forma aqueles de fluxo permanente (não hidrodinâmicos) frente a sazonalidade quali-quantitativa; modelos bidimensionais na horizontal também não são indicados para o uso devido a estratificação das camadas verticais no reservatório.

O fato do CE-Qual-W2 assumir a homogeneidade lateral dos gradientes é minimizado na medida em que os dados de monitoramento são tomados em pontos únicos dentro do sistema em relação as margens de referência em um sistema onde os fluxos/gradientes predominantes ocorrem no sentido longitudinal e vertical, aspectos que, caso fosse utilizado um modelo 3D para investigação, acarretaria na necessidade de se obter uma maior densidade de dados para reconhecimento do funcionamento do sistema a custos mais elevados e gastando-se mais tempo, sem qualquer garantia de uma melhor representação do sistema de forma geral para fins de gestão.

5.2 Condicionantes e dados de entrada do modelo de simulação

A implementação de um modelo de simulação a um corpo hídrico depende da criação de uma grade computacional que represente numericamente a geometria deste sistema, além das condições de contorno para as simulações. Neste trabalho se empregou o modelo CE-QUAL-W2, V.3.71 (Cole, 2011).

Os dados requeridos para uma aplicação incluem dados batimétricos, temperatura do ar, temperatura do ponto de orvalho, velocidade do vento, direção do vento, cobertura de nuvens, radiação solar, vazões afluentes e efluentes, temperatura das vazões afluentes, precipitação, evaporação, concentração dos parâmetros de qualidade da água e parâmetros hidráulicos e cinéticos.

O módulo Hidrodinâmico simula a variação da elevação da linha d'água, campos de velocidades e temperaturas. A equação de elevação da superfície da água é resolvida implicitamente. Os algoritmos do Módulo da Qualidade da água incorporam 21 parâmetros além da temperatura, incluindo as interações nutrientes-fitoplâncton-OD durante condições anóxicas, e os efeitos dos sólidos dissolvidos totais/salinidade sobre a densidade são levados em conta no módulo hidrodinâmico. Os dados de qualidade da água podem ser atualizados com menor frequência que os dados hidrodinâmicos, reduzindo o tempo computacional.

O modelo pode ser aplicado para estuários, rios ou porções de corpos d'água simplesmente especificando as condições de contorno das nascentes (cabeceras) e da saída. Matematicamente, o modelo CE-QUAL-W2 é baseado na solução numérica de diferenças finitas das equações que governam os processos de transporte e de movimento, temperatura e dos constituintes dissolvidos. O esquema numérico de diferenças finitas é mapeado em uma grade computacional que permite ao usuário discretizar o curso d'água em camadas em relação à profundidade e trechos ao longo da direção longitudinal. Este modelo vem sendo utilizado para simular ações e

estratégias de manejo em inúmeros reservatórios a fim de manter um determinado fornecimento e um adequado nível de qualidade (Annear e Wells, 2002), assim como o estudo da relação causa e efeito na quantificação da estratificação e eutrofização de lagos e reservatórios (Kuo et al., 2005).

5.3 Batimetria do reservatório

Neste modelo, o arquivo batimétrico consiste de uma representação numérica bidimensional do corpo d'água e também é chamado de grade computacional. As duas dimensões representadas são os segmentos na dimensão longitudinal e camadas na dimensão vertical, ou o comprimento e profundidade de um corpo d'água. A dimensão lateral, ou largura, não é explicitamente representada na grade, mas sim, uma largura média é computada e usada para determinar o volume. A Ilustração 5-1 é uma representação simples de uma grade do CE-QUAL-W2. Cada célula atua como um reator completamente misturado em cada intervalo de tempo.

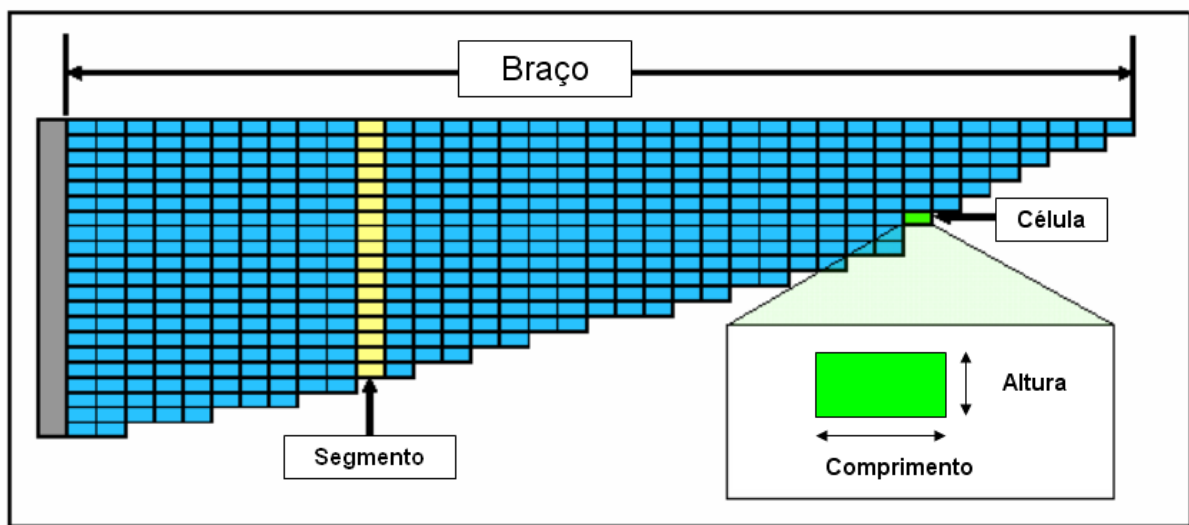


Ilustração 5-1 - Representação gráfica da grade computacional do CE-QUAL-W2. Adaptado de Willians, 2007.

A Ilustração 5-1 é uma representação simples de uma grade do CE-QUAL-W2, enquanto a Ilustração 5-2 permite a visualização tridimensional da grade computacional em que o modelo trabalha a representação do sistema. Cada célula atua como um reator completamente misturado em cada intervalo de tempo. Os segmentos consistem de uma ou mais células e os braços são um ou mais segmentos longitudinais, conforme a Ilustração 5-1. Um corpo d'água consiste de um ou mais braços; os tributários são representados por braços adicionais que são ligados ao braço principal em um segmento específico. O volume da grade é calculado multiplicando-se o comprimento, a altura e largura média das células. A soma do volume de todas as células da grade resulta no volume de armazenamento total do corpo d'água.

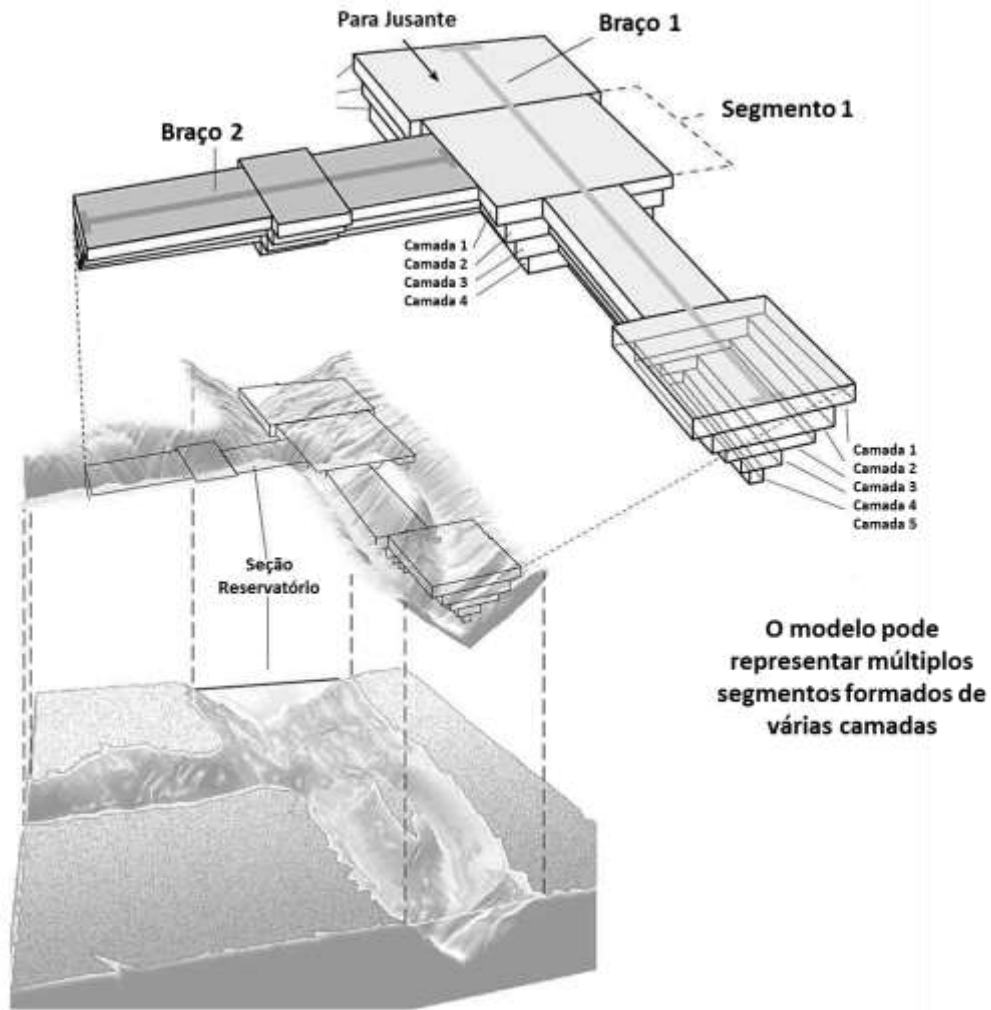


Ilustração 5-2 – Representação tridimensional da grade computacional do CE-Qual-W2. Adaptado de Joel M. Galloway e W. Reed Green. Simulation of hydrodynamics, temperature, and dissolved oxygen in Norfolk Lake. U.S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 02-4250. Prepared in cooperation with the Arkansas Game and Fish Commission Little Rock, Arkansas. 2002.

Neste estudo o reservatório do AHE Canto do Rio foi discretizado em 191 segmentos longitudinais e 30 camadas de 1,0 metro de altura, totalizando 13 braços, conforme mostram a Ilustração 5-3 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(ver Mapa em anexo para maiores detalhes). O Quadro 5-1 na sequência apresenta a segmentação resultante da discretização do trecho do reservatório quanto a composição da grade computacional (segmentação) no contexto do modelo utilizado.

Quadro 5-1 – Segmentação do trecho reservatório.

Braço	Segmento inicial	Segmento final	Segmento de ligação de jusante
Braço 1	2	75	-
Braço 2 (Riachão)	78	89	41
Braço 3 (Pureza)	92	110	42
Braço 4	113	115	101
Braço 5	118	126	45
Braço 6	129	134	55
Braço 7 (Sucuruju)	137	153	58

<i>Braço</i>	<i>Segmento inicial</i>	<i>Segmento final</i>	<i>Segmento de ligação de jusante</i>
Braço 8	156	158	147
Braço 9	161	163	60
Braço 10	166	169	61
Braço 11	172	177	65
Braço 12	180	184	66
Braço 13	187	190	68

Já para a modelagem do Rio Parnaíba a jusante da barragem procedeu-se a construção da grade numérica interpolando-se linearmente seções topobatimétricas de referência, levantadas previamente em campo no âmbito do Projeto Básico do empreendimento, totalizando 56 segmentos com comprimentos variando de 25m a 460m em camadas de 0,5m, em um trecho da ordem de 22,2 km, conforme mostra a Ilustração 5-17, sendo que a grade tem início junto a seção de entrada dos fluxos vertidos. Os comprimentos e espaçamentos dos segmentos foram definidos conforme alterações nas características físicas das seções transversais e variações longitudinais no Rio Parnaíba. As seções de referência encontram-se descritas no Relatório Técnico de Estudos Cartográficos do empreendimento. A extensão de 22,2 km do trecho de jusante simulado representa o trecho de jusante com maior influência e impacto do empreendimento. Assim, o trecho foi devidamente caracterizado a partir das seções topobatimétricas levantadas na área de influência do empreendimento, as quais foram interpoladas linearmente para a composição da grade computacional.

Na modelagem matemática de qualidade da água do AHE Canto do Rio, foram definidos 191 segmentos, incluindo a área a ser alagada do canal principal e de seus principais afluentes. Deste total de segmentos, foram escolhidos 10 segmentos (segmentos 20, 55, 75, 85, 105, 122, 130, 148, 162 e 189), denominados seções de controle, para ilustrar as variações de qualidade nas seções transversais do reservatório, facilitando a observação das variações e discussão dos resultados.

Salienta-se, contudo, que todos os resultados, de todos os 191 segmentos modelados, foram graficados e apresentados em meio digital junto a este relatório. As seções de controle foram utilizadas apenas para facilitar a visualização dos resultados.

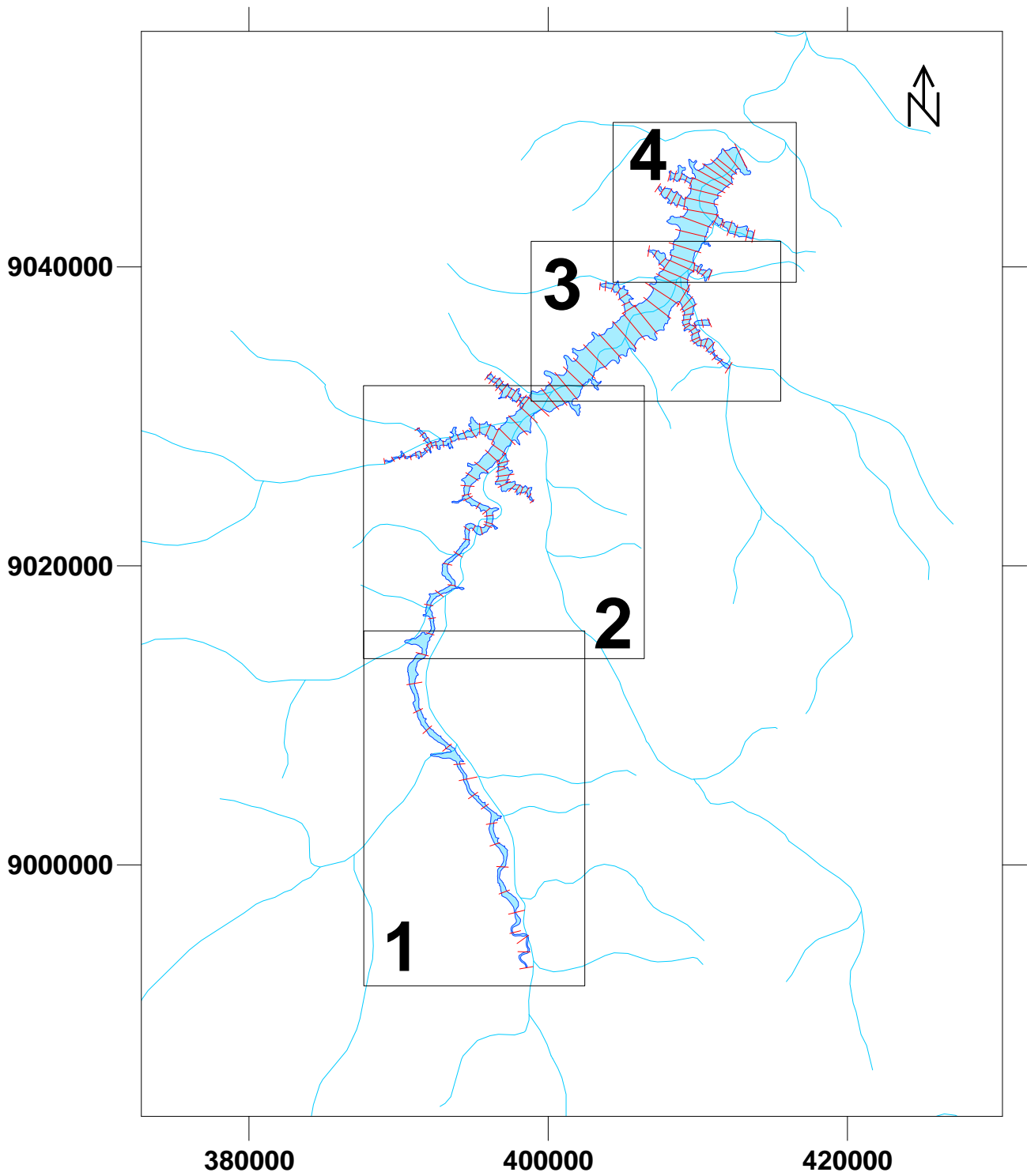
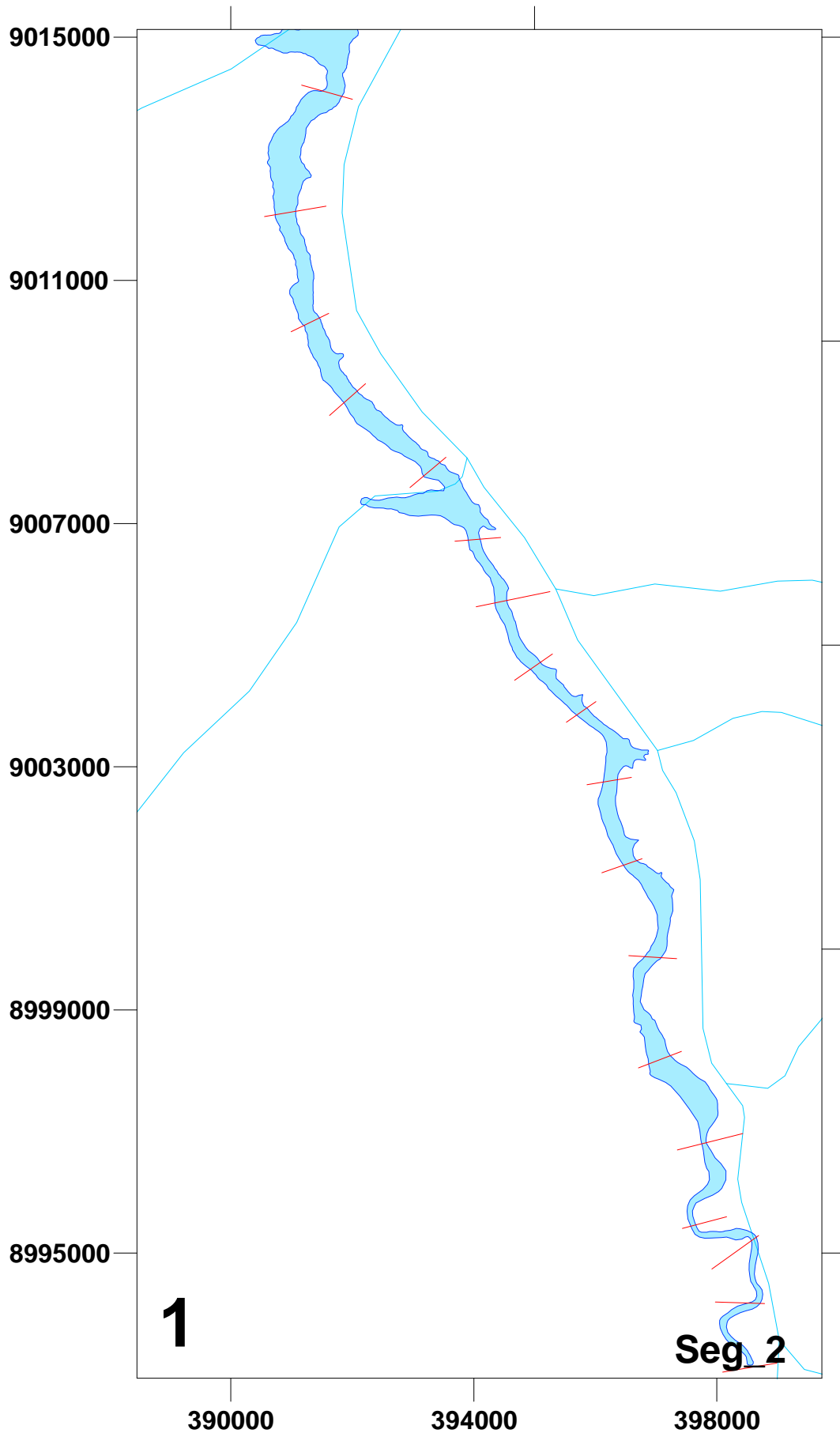
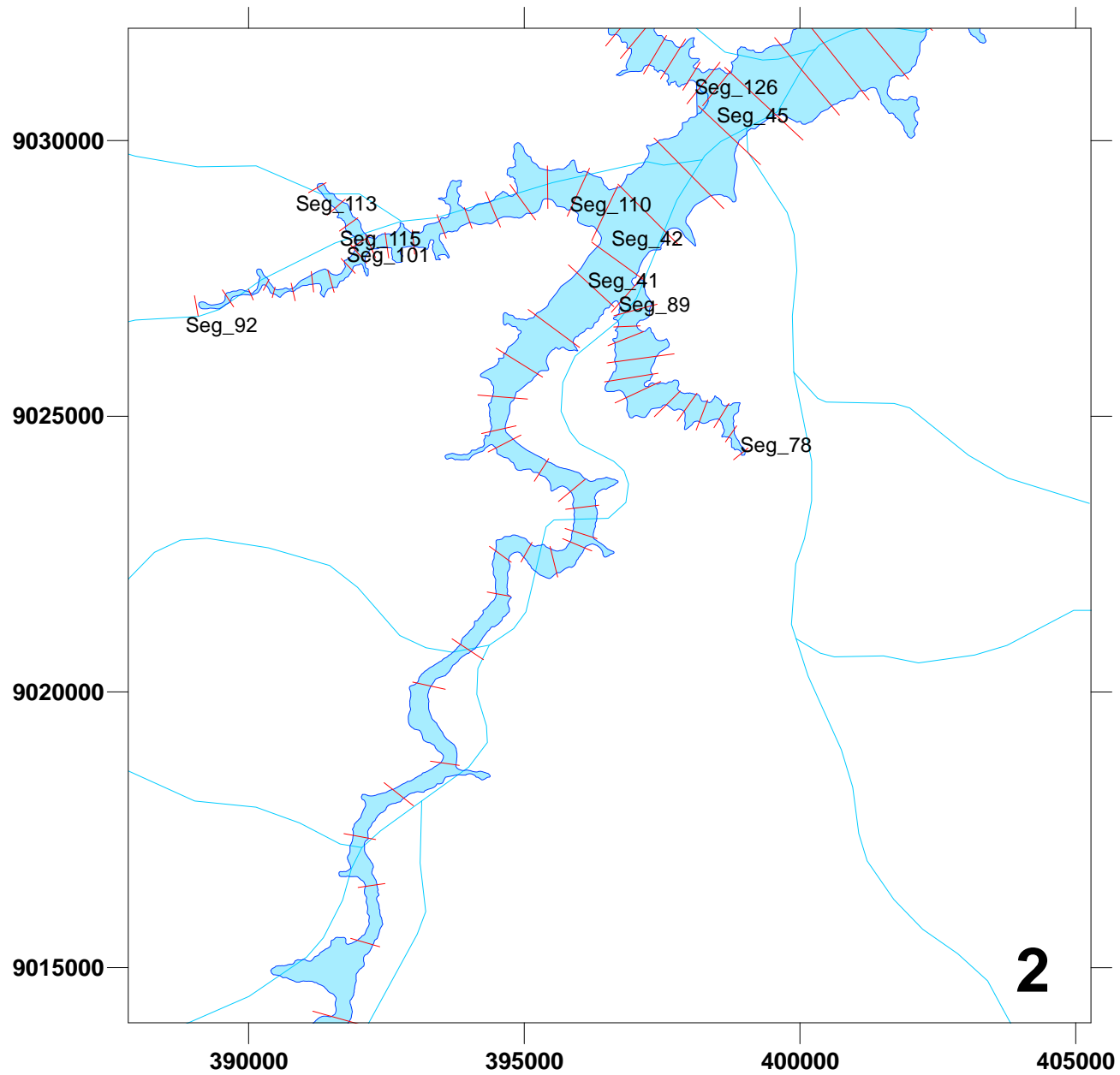
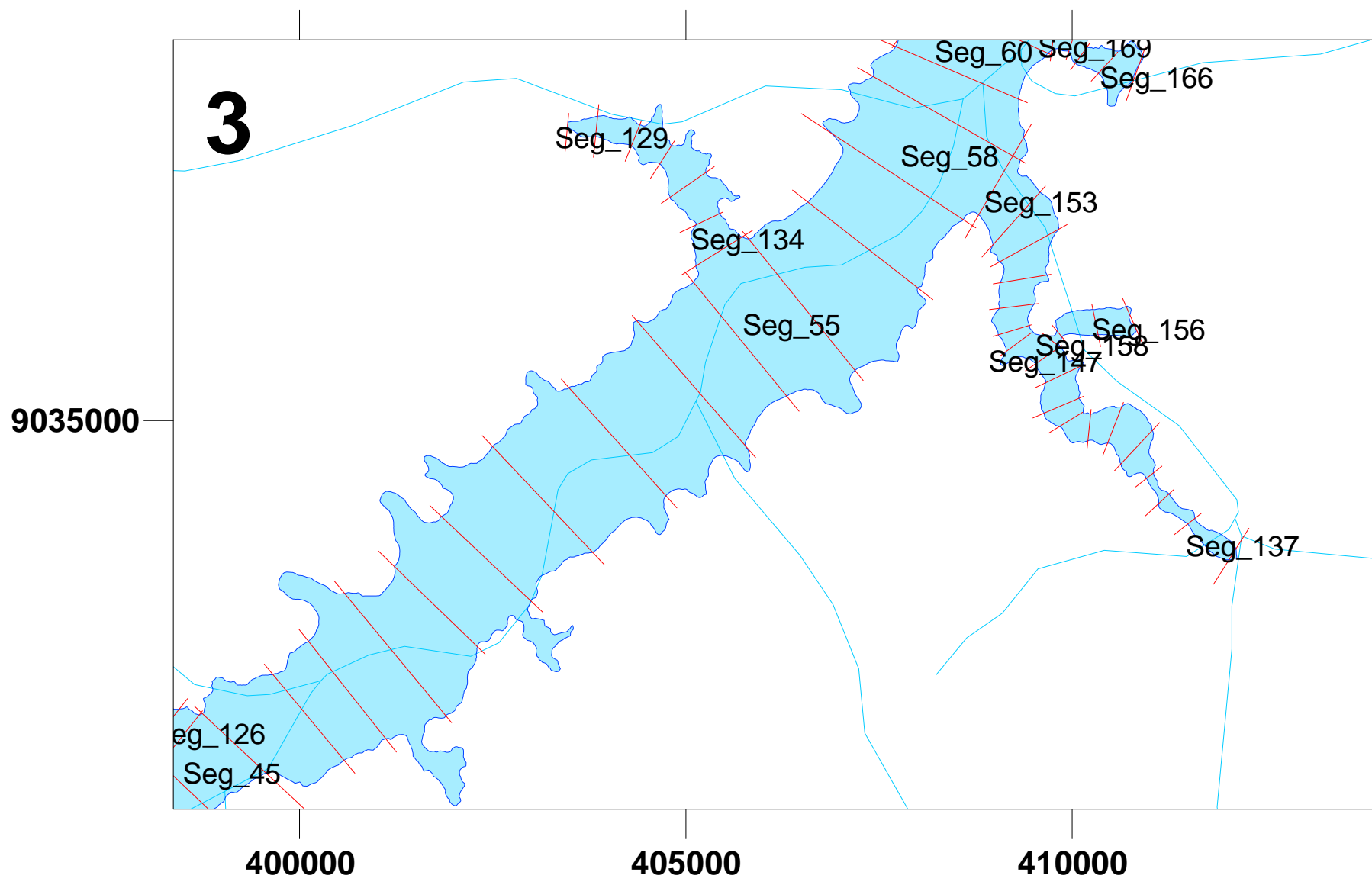


Ilustração 5-3 - Seccionamento do reservatório do AHE Canto do Rio para construção da grade computacional. Na sequência, serão apresentados os detalhes 1 a 4 da Ilustração 5.3.







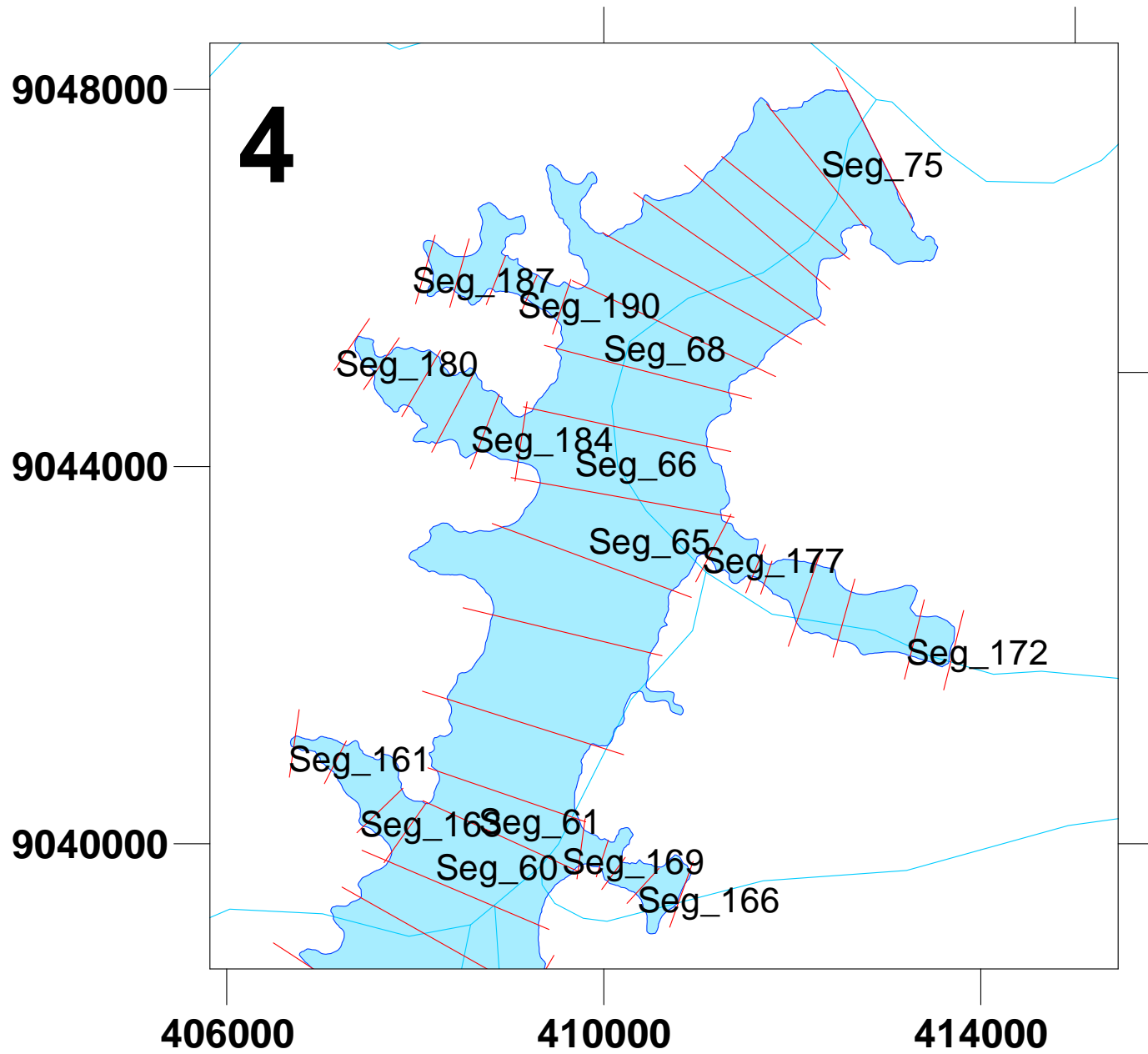
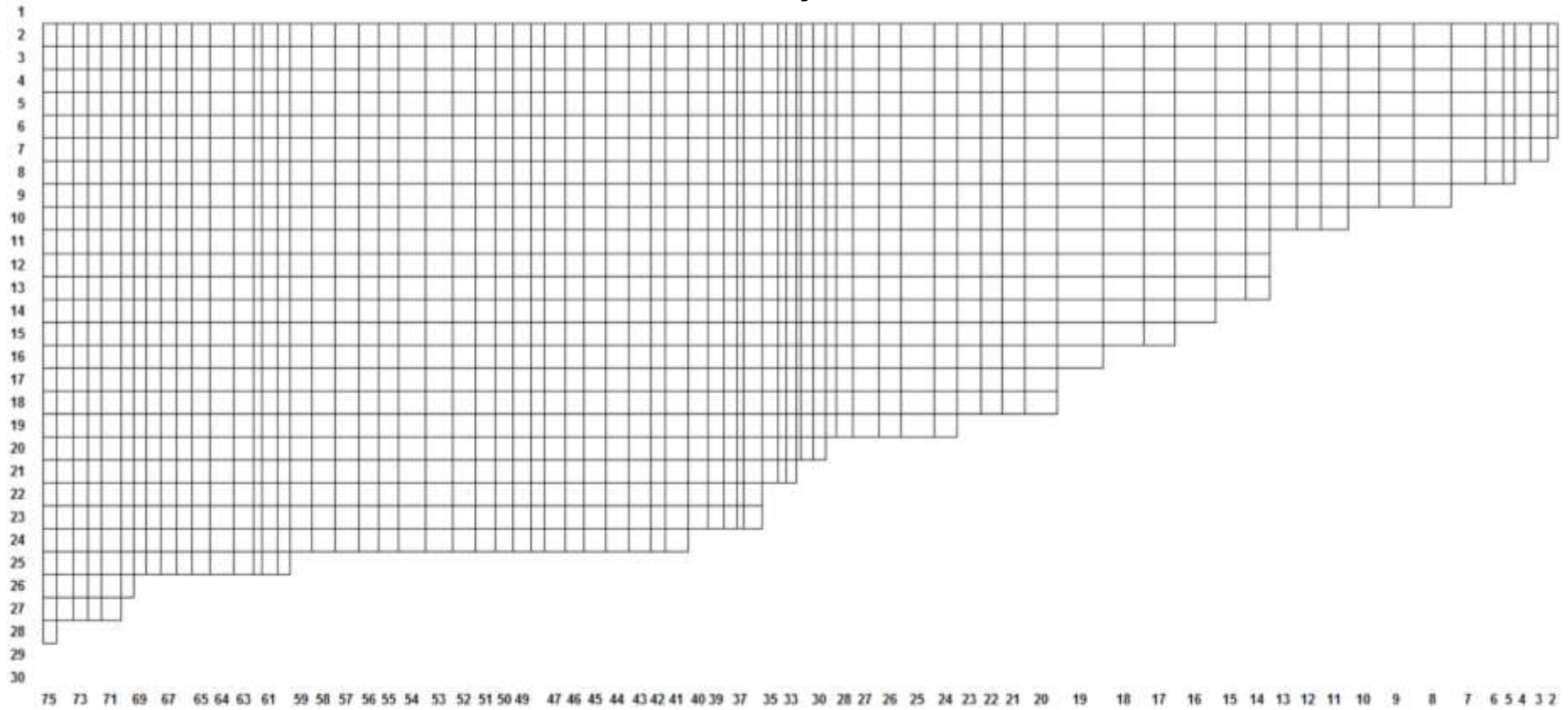




Ilustração 5-4 - Discretização longitudinal (segmentos) do reservatório do AHE Canto do Rio. Modelo CE-QUAL-W2, V3.71.

CAMADAS

BRAÇO 1



SEGMENTOS

Ilustração 5-5 - Grade computacional do Braço 1.

CAMADAS

BRAÇO 2

1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												

89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78

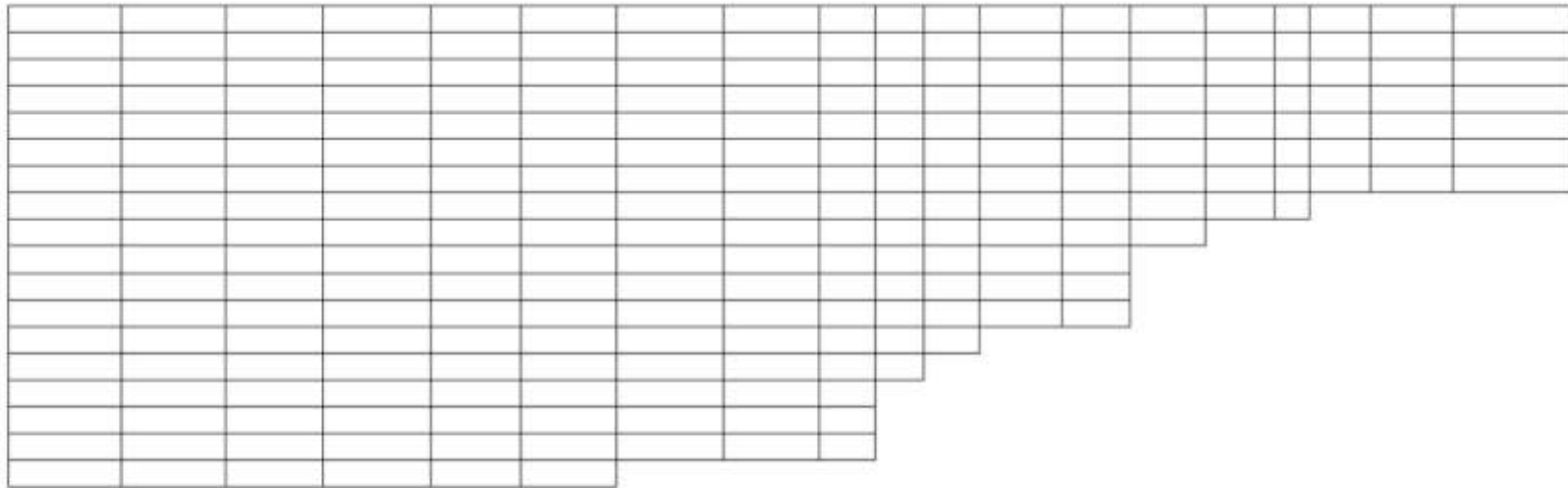
SEGMENTOS

Ilustração 5-6 - Grade computacional do Braço 2.

CAMADAS

BRAÇO 3

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30



110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 98 97 96 95 94 93 92

SEGMENTOS

Ilustração 5-7 - Grade computacional do Braço 3.

CAMADAS

BRAÇO 5

1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								

126 125 124 123 122 121 120 119 118

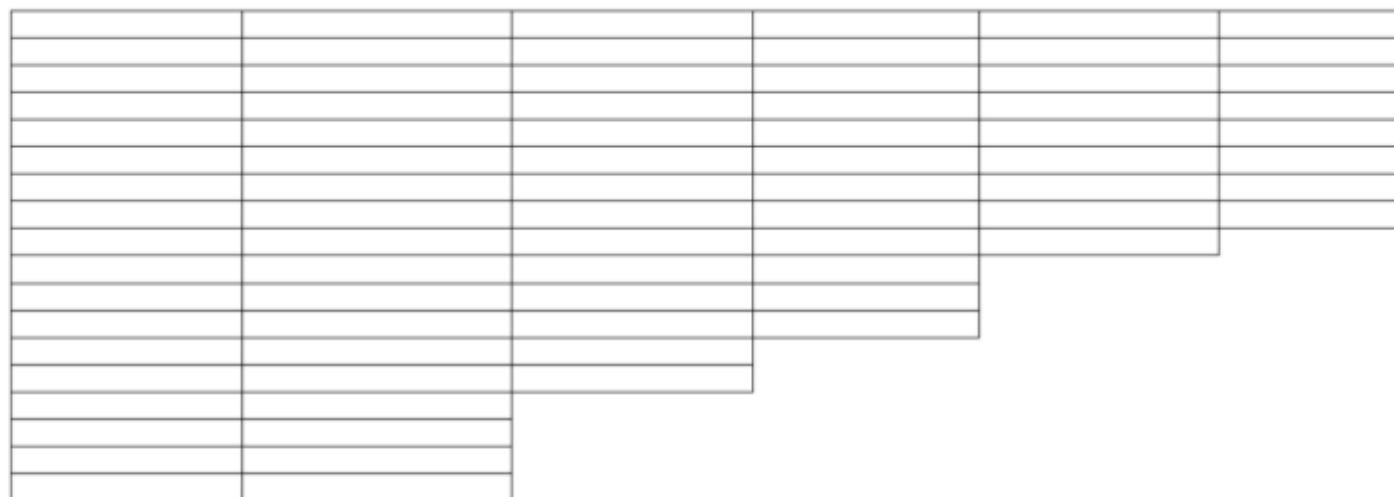
SEGMENTOS

Ilustração 5-9 - Grade computacional do Braço 5.

CAMADAS

BRAÇO 6

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30



134 133 132 131 130 129

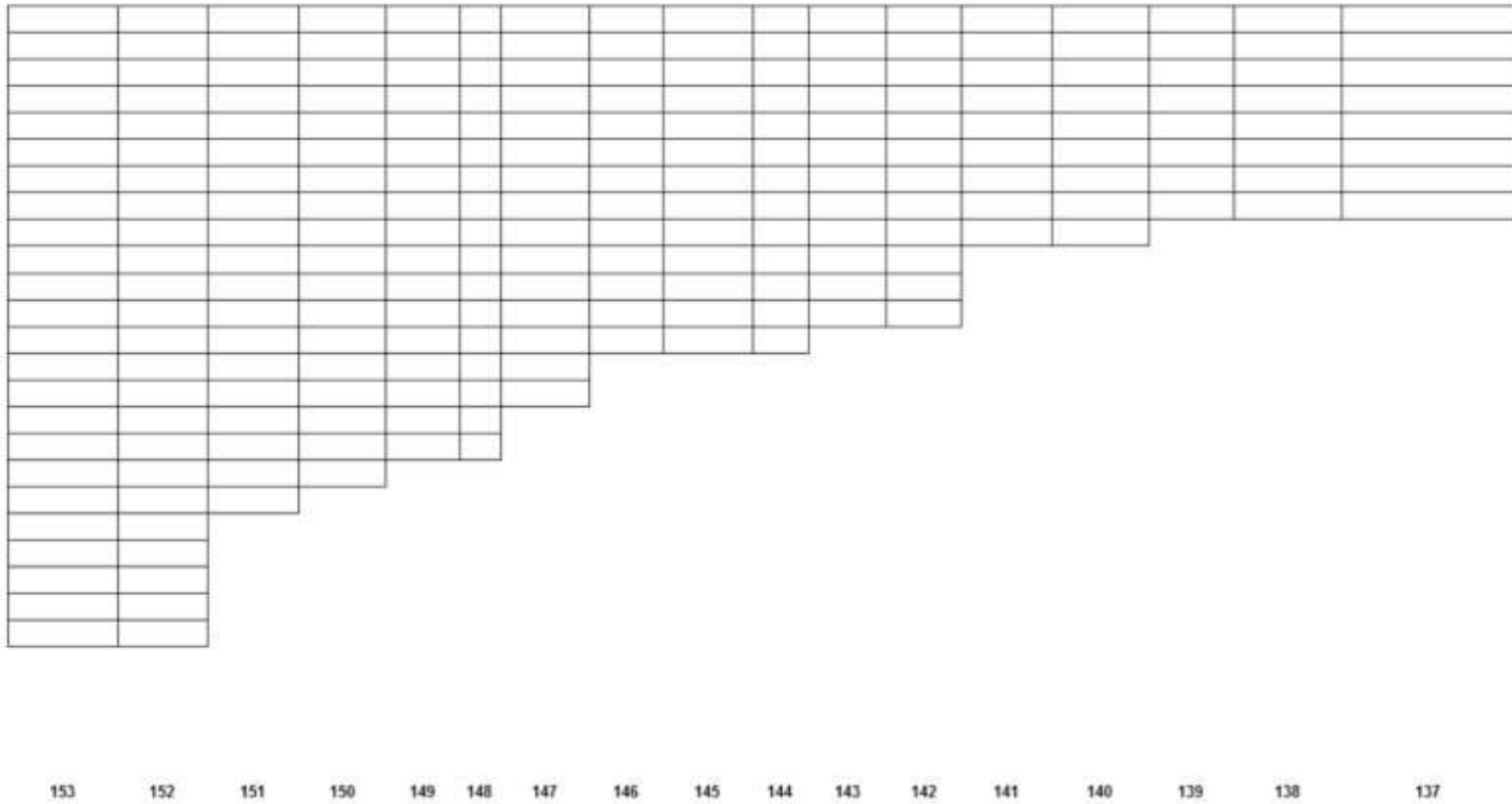
SEGMENTOS

Ilustração 5-10 - Grade computacional do Braço 6.

CAMADAS

BRAÇO 7

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30



SEGMENTOS

Ilustração 5-11 - Grade computacional do Braço 7.

CAMADAS

BRAÇO 8

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20
- 21
- 22
- 23
- 24
- 25
- 26
- 27
- 28
- 29
- 30

158

157

156

SEGMENTOS

Ilustração 5-12 - Grade computacional do Braço 8.

CAMADAS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

BRAÇO 9

163

162

161

SEGMENTOS

Ilustração 5-13 - Grade computacional do Braço 9.

CAMADAS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

BRAÇO 10

169

168

167

166

SEGMENTOS

Ilustração 5-14 - Grade computacional do Braço 10.

CAMADAS

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

BRAÇO 11

177

176

175

174

173

172

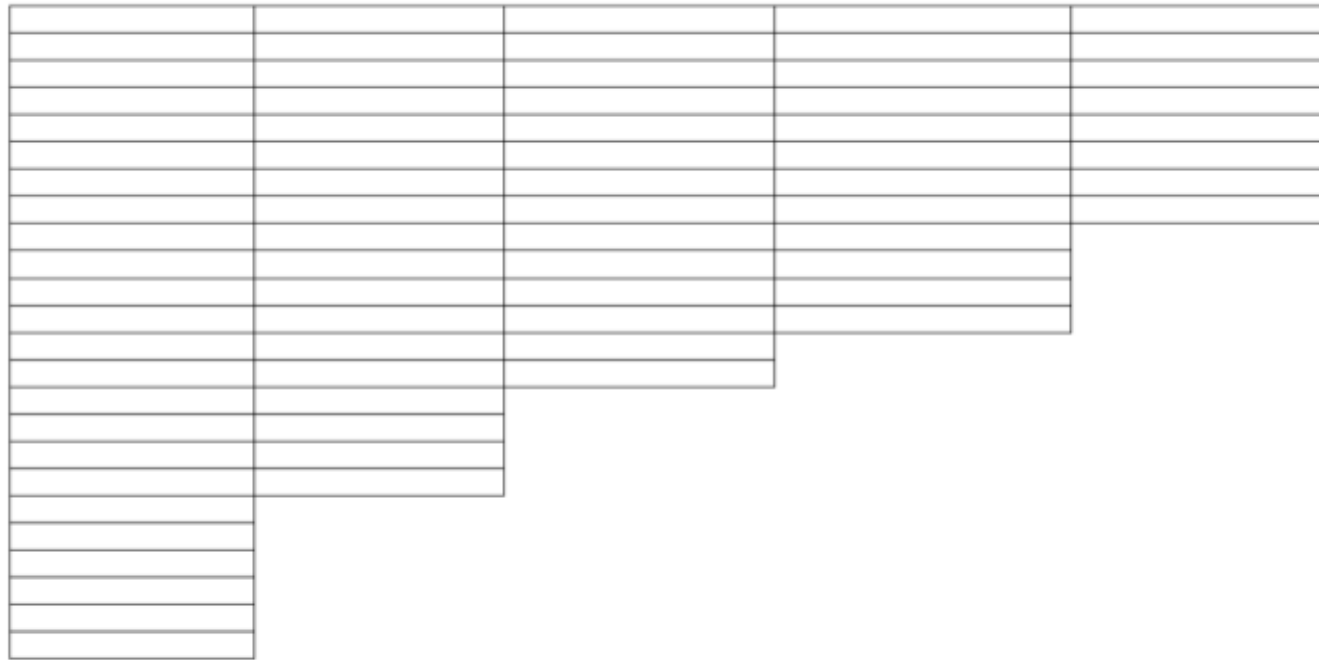
SEGMENTOS

Ilustração 5-15 - Grade computacional do Braço 11.

CAMADAS

BRAÇO 12

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30



184

183

182

181

180

SEGMENTOS

Ilustração 5-16 - Grade computacional do Braço 12.

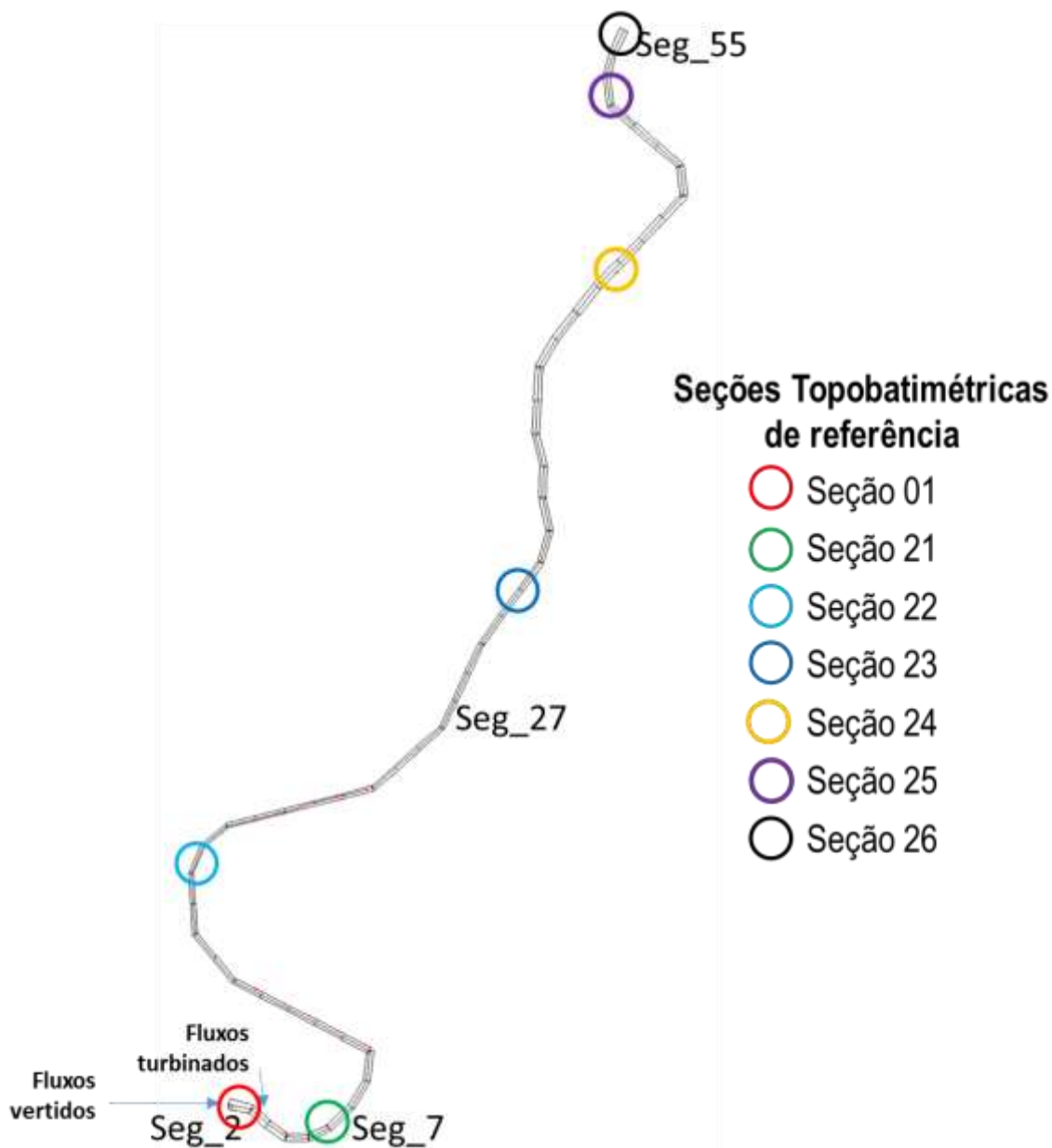


Ilustração 5-17 - Discretização longitudinal (segmentos) do Rio Parnaíba a jusante do barramento do AHE Canto do Rio. Modelo CE-QUAL-W2, V3.71.

A comparação das curvas “cota x volume” e “cota x área” para o reservatório são apresentadas na Ilustração 5-18 e Ilustração 5-19 e demonstram um bom ajuste em relação às informações contidas no projeto básico do AHE Canto do Rio.

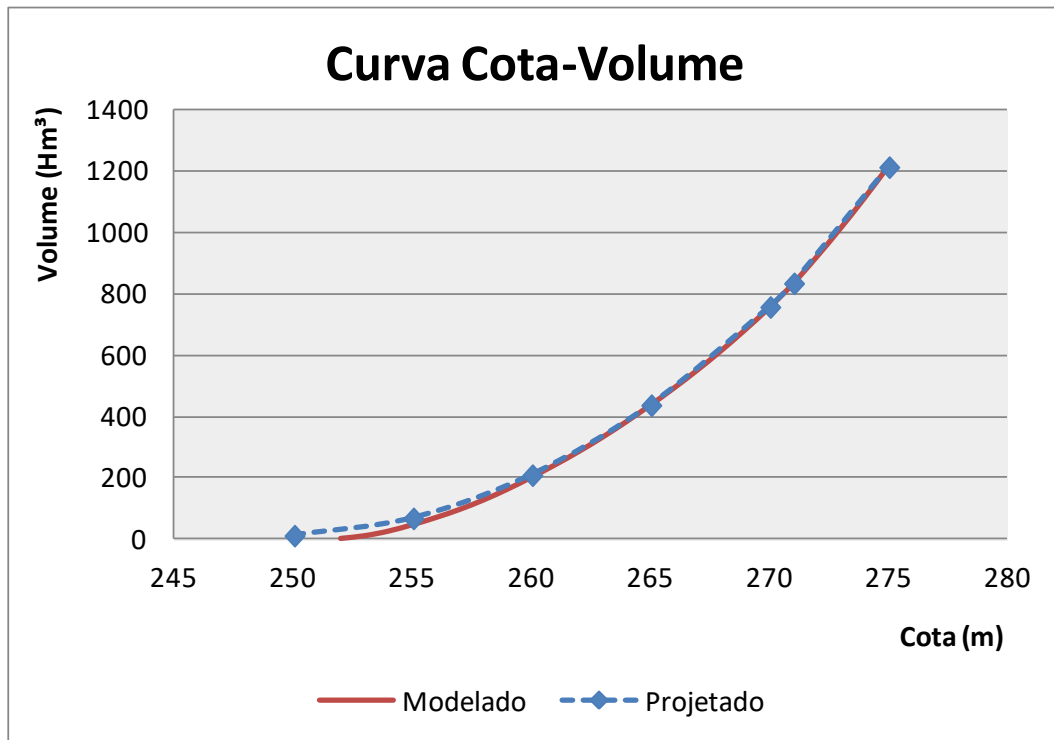


Ilustração 5-18 - Curva cota-volume projetada e modelada.

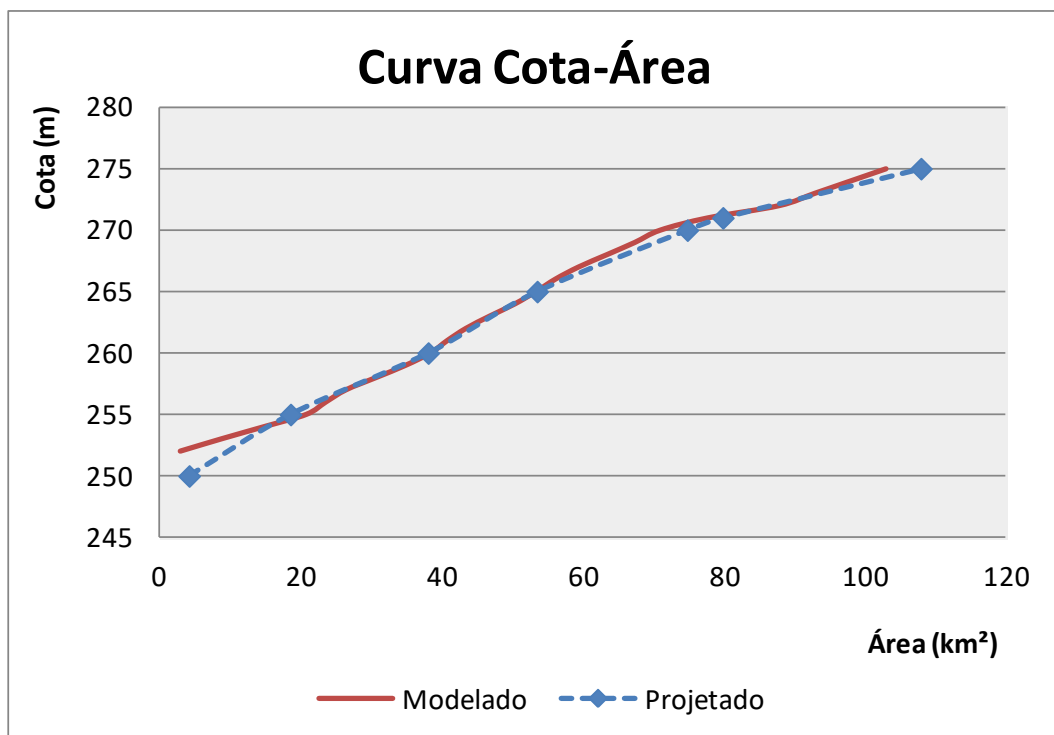


Ilustração 5-19 - Curva cota-área projetada e modelada.

5.4 Vazões afluentes, vertidas e turbinadas.

Para as simulações do presente estudo foi utilizada a série de vazões mensais médias projetadas para o empreendimento conforme dados obtidos da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica – DRDH da UHE Canto do Rio, emitida pela Agência Nacional de Águas – ANA, por meio da Resolução ANA nº 270, publicada em 17 de março de 2016. O Quadro 5-2 apresenta as vazões médias mensais para o local do AHE Canto do Rio.

Quadro 5-2 - Vazões Médias Mensais no ponto de barramento do AHE Canto do Rio.

VAZÕES MÉDIAS MENSAIS – AHE Canto do Rio													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ANO
Média	208,75	225,15	225,71	199,72	149,12	122,18	112,15	106,20	105,03	119,21	152,98	184,80	159,22

Estas vazões médias foram decompostas para fins de entrada no modelo em função da geometria da grade de modelagem proporcionalmente as suas áreas de drenagem em cada segmento/braço considerado, conforme o Quadro 5-3. Na modelagem da fase rio, o trecho de jusante foi modelado frente somente aos fluxos oriundos do reservatório.

Quadro 5-3 – Áreas de drenagem e vazões consideradas na grade computacional.

Área (%)	Local	Vazões (m³/s)											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
63,31%	Afluente ao braço 1	132,16	142,54	142,90	126,44	94,41	77,35	71,00	67,24	66,49	75,47	96,85	117,00
3,18%	Distribuída no braço 1	6,64	7,16	7,18	6,35	4,74	3,89	3,57	3,38	3,34	3,79	4,86	5,88
3,21%	Afluente ao braço 2	6,70	7,23	7,25	6,41	4,79	3,92	3,60	3,41	3,37	3,83	4,91	5,93
3,61%	Afluente ao braço 3	7,54	8,13	8,15	7,21	5,38	4,41	4,05	3,83	3,79	4,30	5,52	6,67
0,08%	Distribuída no braço 3	0,17	0,18	0,18	0,16	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,10	0,12	0,15
0,70%	Afluente ao braço 4	1,46	1,58	1,58	1,40	1,04	0,86	0,79	0,74	0,74	0,83	1,07	1,29
0,26%	Afluente ao braço 5	0,54	0,59	0,59	0,52	0,39	0,32	0,29	0,28	0,27	0,31	0,40	0,48
0,42%	Afluente ao braço 6	0,88	0,95	0,95	0,84	0,63	0,51	0,47	0,45	0,44	0,50	0,64	0,78
4,23%	Afluente ao braço 7	8,83	9,52	9,55	8,45	6,31	5,17	4,74	4,49	4,44	5,04	6,47	7,82
0,15%	Distribuída no braço 7	0,31	0,34	0,34	0,30	0,22	0,18	0,17	0,16	0,16	0,18	0,23	0,28

Área (%)	Local	Vazões (m³/s)											
		Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
0,00%	Afluente ao braço 8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,10%	Afluente ao braço 9	0,21	0,23	0,23	0,20	0,15	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,15	0,18
0,20%	Afluente ao braço 10	0,42	0,45	0,45	0,40	0,30	0,24	0,22	0,21	0,21	0,24	0,31	0,37
0,21%	Afluente ao braço 11	0,44	0,47	0,47	0,42	0,31	0,26	0,24	0,22	0,22	0,25	0,32	0,39
0,00%	Afluente ao braço 12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00%	Afluente ao braço 13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,36%	Afluente ao Segmento 7	0,75	0,81	0,81	0,72	0,54	0,44	0,40	0,38	0,38	0,43	0,55	0,67
0,10%	Afluente ao Segmento 11	0,21	0,23	0,23	0,20	0,15	0,12	0,11	0,11	0,11	0,12	0,15	0,18
0,21%	Afluente ao Segmento 13	0,44	0,47	0,47	0,42	0,31	0,26	0,24	0,22	0,22	0,25	0,32	0,39
13,94%	Afluente ao Segmento 15	29,10	31,39	31,46	27,84	20,79	17,03	15,63	14,80	14,64	16,62	21,33	25,76
5,31%	Afluente ao Segmento 20	11,08	11,96	11,99	10,61	7,92	6,49	5,96	5,64	5,58	6,33	8,12	9,81
0,23%	Afluente ao Segmento 25	0,48	0,52	0,52	0,46	0,34	0,28	0,26	0,24	0,24	0,27	0,35	0,43
0,19%	Afluente ao Segmento 53	0,40	0,43	0,43	0,38	0,28	0,23	0,21	0,20	0,20	0,23	0,29	0,35

Com vistas a simular a operação do AHE Canto do Rio adotou-se a seguinte regra operacional baseada nas duas unidades geradoras projetadas:

Nº de Unidades Geradoras em operação	Vazão turbinada mínima (m³/s)	Vazão turbinada máxima (m³/s)
1 Unidade	29,5	98,3
2 Unidades	59,0	196,5

Assim o modelo foi concebido para rodar com vazões afluentes derivadas da série histórica de médias mensais decompostas em função da geometria da grade computacional e áreas de drenagem de cada compartimento, as vazões turbinadas foram concebidas com base na regra operacional de que a vazão mínima turbinada por unidade geradora é igual a 30% da capacidade máxima da unidade.

Quadro 5-4 – Resumo das vazões turbinadas consideradas no modelo.

Vazões Turbinadas (m³/s)											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
196,53	196,53	196,53	196,53	149,12	122,18	112,15	106,20	105,03	119,21	152,98	184,80

As vazões remanescentes vertidas são calculadas automaticamente pelo modelo, uma vez que foi configurada uma condição de jusante no Braço 1 (Rio Parnaíba) que reproduz as condições do vertedouro projetado para o AHE Canto do Rio.

A vazão remanescente durante o enchimento foi adotada como sendo igual a 97,9 m³/s referente a vazão Q95%¹, sem variar ao longo deste período.

5.5 Dados Meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados na modelagem constituem-se em médias mensais derivadas dos registros do período de 1970 a 2011 da estação meteorológica Alto Parnaíba – MA, situada na latitude -9,1, longitude -45,93, em altitude de 285,05 m, conforme apresentado no quadro abaixo:

Quadro 5-5 – Dados meteorológicos utilizados na simulação.

Mês	Temperatura do ar (°C)	Temperatura do Ponto de Orvalho (°C)	Velocidade do Vento (m.s ⁻¹)	Direção do Vento (rad)	Cobertura de Nuvens (0-10)
Janeiro	25,70	22,41	1,22	0,00	5,97
Fevereiro	25,74	22,63	1,14	0,00	5,96
Março	25,81	22,73	1,12	0,00	5,83
Abril	26,01	22,33	1,06	0,00	4,93
Mai	25,69	20,92	1,27	5,50	3,83
Junho	24,61	18,67	1,51	5,50	2,61
Julho	24,40	17,60	1,54	5,50	2,07
Agosto	25,47	17,34	1,60	5,50	2,57
Setembro	27,28	18,96	1,63	5,50	3,97
Outubro	27,57	21,35	1,43	0,00	5,36
Novembro	26,67	22,16	1,30	3,14	5,80
Dezembro	25,94	22,38	1,24	0,00	6,13

Fonte: Dados referentes a Estação Alto Parnaíba/MA - BDMEP - INMET.

¹ Vazão com 95% de permanência calculada à partir da série de vazões médias mensais aprovada pela Agência Nacional de Águas no âmbito do Processo da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica da UHE Canto do Rio.

6. ESTRUTURAÇÃO DA ENTRADA DE DADOS DE QUALIDADE DA ÁGUA

6.1 Parâmetros de entrada de dados

A **temperatura** é uma medida do conteúdo de calor de um corpo físico. Indica a energia cinética média das moléculas da substância. A Temperatura da água representa uma das mais importantes características físicas das águas superficiais. É um fator crucial nos estudos de hidrodinâmica e da qualidade da água devido a:

- Os perfis verticais de temperatura em um sistema afetam a estratificação, um elemento crítico para a mistura vertical;
- A solubilidade do oxigênio dissolvido é basicamente determinada pela temperatura da água;
- Muitos processos físicos e bioquímicos são governados pela temperatura da água;
- Alguns processos, como reaeração, volatilização e sorção de químicos orgânicos pela matéria particulada são afetados pela temperatura;
- Muitas espécies aquáticas podem tolerar somente um intervalo limitado de temperatura.

O **oxigênio dissolvido** destaca-se como uma das variáveis de qualidade da água que apresenta as maiores variações diárias. Essas variações ocorrem porque este gás está diretamente envolvido com os processos de fotossíntese e respiração e/ou decomposição que, por sua vez, estão diretamente relacionados com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura. Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é um parâmetro importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático.

O **pH** é uma medida da atividade do íon hidrogênio numa amostra de água, retratando o equilíbrio ácido-base obtido pelos vários compostos dissolvidos, sais e gases. Em águas naturais, o íon hidrogênio atua como um fator de controle da dissociação de várias substâncias. Uma vez que compostos não dissociados são frequentemente mais tóxicos do que formas iônicas, o pH é um fator altamente significativo para determinar concentrações limite.

O pH é extremamente importante para a manutenção das comunidades aquáticas, já que valores extremos de pH (menores que 4,0 ou maiores que 8,5) geram comunidades bastante específicas e típicas destes meios. Grande parte dos ambientes límnicos têm um pH que varia durante as 24 horas do dia entre 6,0 e 8,0. Este aspecto é fruto de um processo dinâmico, onde as macrófitas aquáticas, o fitoplâncton e a flora epilimnica através da assimilação do CO₂ na fotossíntese, acabam elevando o pH. Isto ocorre, principalmente, em águas com baixa alcalinidade.

A **Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)** é usada como uma medida da quantidade de oxigênio requerida para oxidação da matéria orgânica biodegradável presente na água por ação bioquímica aeróbica.

A determinação da DBO não revela a concentração de uma substância específica, mas sim o efeito da combinação de substâncias e condições. A DBO, por si só, não é um poluente, exercendo um efeito indireto, ou seja, causando a depleção de Oxigênio Dissolvido até níveis que podem inibir a vida aquática e prejudicar outros usos benéficos. Nos locais onde a aeração e ação fotossintética minimizam esta depleção, a DBO não interfere com os usos benéficos da água.

No meio aquático, as diversas formas de **nitrogênio** podem ser de origem natural (proteínas, clorofila e outros compostos biológicos) e/ou de origem das atividades humanas e animais (despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes). O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob as formas: nitrato (NO₃), nitrito (NO₂), amônia (NH₃), nitrogênio molecular (N₂), nitrogênio orgânico dissolvido, entre outros (ESTEVES, 1988).

O nitrogênio nas águas naturais tem origem em diversas fontes. Os esgotos sanitários, assim como as práticas agropecuárias constituem uma fonte importante de nitrogênio. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

O termo **nitrogênio amoniacal (N-Amoniacal)** abrange as concentrações das formas do nitrogênio como amônia. A amônia é bastante restritiva à ictiofauna, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5,0 mg/L. A soma do nitrogênio orgânico e amoniacal resulta no Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).

O nitrogênio na forma de **nitrito** é encontrado em águas superficiais em pequena quantidade, devido a sua instabilidade na presença de oxigênio, sua presença indica processo biológico ativo influenciado por poluição orgânica recente.

O **nitrato** representa uma das principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. No ciclo biogeoquímico os compostos de nitrogênio são de suma importância para quase todos os grupos bacterianos tais como os autotróficos, heterotróficos, aeróbios, anaeróbios e outros, que fazem parte de processos básicos de nitrificação, desnitrificação e amonificação do nitrato. Assim, uma maior disponibilização de nitrogênio no meio implica na dinamização de todos os processos, provocando uma desorganização na cadeia trófica, inclusive com a floração de populações como as cianofíceas, que são os principais organismos fixadores de nitrogênio, tais como os gêneros *Nostoc*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Gloeotrichia*, que tomam o lugar de espécies mais adaptadas a meios menos eutrofizados.

As diferentes formas de nitrogênio podem ser indicadoras da idade e localização da poluição. A presença predominante de formas reduzidas de nitrogênio num corpo d'água indica que a fonte de poluição se encontra próxima ao local amostrado. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram mais afastadas. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

Quimicamente, **alcalinidade** é a propriedade inversa da acidez, ou seja, é a capacidade de neutralização de ácidos. Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), os carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-), cujas formas são função do pH. Para pH superiores a 9,4 tem-se dureza de carbonatos e predominantemente de hidróxidos. Entre pH de 8,3 e 9,4, predominam os carbonatos e ausência de hidroxilas. Para pH inferiores a 8,3 e acima de 4,4 ocorre apenas dureza de bicarbonato. Abaixo de 4,4 não ocorre alcalinidade. No modelo a alcalinidade é utilizada para compor o cálculo interno do pH.

O **fósforo** é um elemento não metálico, que pode ocorrer em diferentes formas: orgânica, inorgânica e como espécies dissolvidas ou particuladas. É um nutriente essencial às plantas, sendo provável que atue também como um fator limitante do seu crescimento. Os fosfatos juntamente com nitratos são elementos indispensáveis à síntese da matéria viva e, por isto, são limitantes da fotossíntese quando se encontram em quantidades insuficientes. O fósforo está sujeito à bioacumulação da mesma forma que o mercúrio. Na água, a forma conhecida do fósforo varia continuamente devido a processos de decomposição e síntese, entre formas ligadas organicamente e formas inorganicamente oxidadas.

O fósforo é raramente encontrado em concentrações significativas na água, pois é ativamente utilizado pelas plantas. A presença de fósforo nas águas pode ter origem na dissolução de compostos do solo (escala muito pequena), despejos domésticos e/ou industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A utilização crescente de detergentes de uso doméstico e industrial favorece muito o aumento das concentrações de fósforo

nas águas. Concentrações elevadas de fósforo podem contribuir da mesma forma que o nitrogênio, para a proliferação de algas e acelerar, indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização. A regulação do conteúdo de fósforo em detergentes domésticos e critérios para estabelecimento das concentrações em efluentes de processo são estabelecidos visando reduzir a eutrofização em sistemas aquáticos.

No presente estudo os teores de fósforo total refletem duas condições distintas, aqueles de origem alóctone, afluentes ao sistema através da rede hidrográfica, e os de origem autóctone, oriundos da biomassa submersa remanescente considerada em cada cenário de desmatamento.

Para a composição das séries temporais das temperaturas, valores de pH e teores de Oxigênio Dissolvido afluentes aos compartimentos da grade computacional utilizou-se os dados históricos registradas nos postos 34060000, 34040500, 34070000, 34020000 e 34010000 localizadas no rio Parnaíba (Quadro 6-1 e Quadro 6-2 – Ver Mapa EIA-040-CR Recursos Hídricos). A utilização destes dados justifica-se pelo fato de abrangerem um período relativamente extenso, propiciando-se avaliar dados médios mensais, refletindo com maior propriedade a variação sazonal destas variáveis para composição de uma série de entrada.

Quadro 6-1 – Estações de referência a composição das séries temporais das temperaturas, valores de pH e teores de Oxigênio Dissolvido.

<i>Estação</i>		<i>Coordenadas de referência</i>	
Código	Nome	Latitude	Longitude
34020000	ALTO PARNAÍBA	-9.113100	-45.926100
34040500	FAZENDA PARACATI II	-8.270800	-45.668300
34060000	RIBEIRO GONÇALVES	-7.566700	-45.254400
34070000	SÍTIO DO VELHO	-7.380800	-44.826700
34010000	FAZENDA UNIÃO	-9.290000	-45.131667

Quadro 6-2 – Dados históricos de temperatura da água, pH e Oxigênio Dissolvido registrados no rio Parnaíba.

Estação	Mês	Ano	Temp, Amostra	pH	OD
34060000	1	1977	29,00	-	-
34060000	1	1979	27,00	4,70	5,80
34060000	1	1981	28,00	5,50	5,40
34060000	1	1982	27,00	5,50	8,80
34060000	1	1984	28,00	5,00	9,20
34060000	1	2011	27,70	7,80	7,42
34060000	1	2012	27,10	7,13	7,72
34070000	1	2011	27,60	7,87	7,21
34070000	1	2012	27,40	6,56	3,54
34060000	2	1981	28,00	5,50	5,40
34060000	2	1982	30,00	5,00	5,20
34060000	3	1980	28,00	5,00	4,40
34060000	3	1981	26,00	5,00	5,20
34060000	3	1983	28,00	5,00	9,00
34060000	3	2008	26,70	6,80	7,05
34060000	3	2009	27,70	7,70	5,62
34060000	3	2010	29,00	8,15	5,44

Estação	Mês	Ano	Temp, Amostra	pH	OD
34070000	3	2010	29,50	8,14	5,42
34020000	3	2012	28,00	7,22	7,60
34060000	4	1979	28,00	5,00	6,30
34060000	4	1984	26,00	5,00	8,10
34060000	4	1993	26,00	5,00	6,20
34060000	4	1999	26,30	5,30	3,50
34060000	4	2000	26,40	6,13	5,60
34060000	4	2003	28,60	5,46	9,20
34040500	4	2010	26,90	8,71	5,25
34040500	4	2012	28,10	6,99	7,77
34040500	4	2013	27,70	7,47	7,73
34020000	4	2010	26,00	8,50	5,35
34020000	4	2013	27,50	7,77	7,52
34010000	4	2013	28,20	7,04	7,64
34060000	5	1979	27,00	6,00	6,70
34060000	5	1983	30,00	5,00	6,40
34060000	5	1999	24,10	5,50	4,00
34060000	5	2002	29,80	6,13	7,00
34060000	5	2012	29,20	7,21	7,64
34040500	5	2011	27,60	9,67	7,16
34070000	5	2012	28,40	7,19	7,74
34020000	5	2011	27,10	9,17	7,88
34060000	6	2000	27,00	6,40	4,90
34060000	6	2001	26,20	6,00	7,00
34060000	6	2005	27,20	6,08	-
34060000	6	2005	27,90	5,08	-
34060000	6	2011	27,00	9,77	7,75
34040500	6	2012	25,60	7,00	8,21
34070000	6	2005	27,90	5,26	-
34070000	6	2011	27,30	9,90	7,54
34020000	6	2012	25,60	7,25	7,74
34060000	7	1977	30,00	-	-
34060000	7	1978	27,00	6,00	7,00
34060000	7	1980	28,00	5,00	6,90
34060000	7	1999	27,40	6,39	4,10
34060000	7	2002	27,20	5,91	7,40
34060000	7	2003	29,00	5,99	9,00
34060000	7	2008	27,10	6,84	10,23
34060000	7	2009	26,80	7,13	6,35
34040500	7	2010	26,00	7,48	1,03
34040500	7	2011	26,00	9,12	6,67
34070000	7	2009	26,20	6,90	6,14
34020000	7	2010	26,30	7,18	-

Estação	Mês	Ano	Temp, Amostra	pH	OD
34020000	7	2011	25,30	8,59	6,58
34020000	7	2013	26,60	7,55	7,89
34010000	7	2013	26,50	7,37	7,94
34060000	8	1981	27,00	5,50	7,20
34060000	8	2004	29,80	5,76	-
34060000	8	2012	27,20	7,26	7,96
34040500	8	2004	28,20	6,48	-
34040500	8	2005	27,90	5,16	-
34070000	8	2004	29,70	6,14	-
34070000	8	2012	27,70	7,37	7,78
34020000	8	2004	27,50	5,55	-
34020000	8	2005	29,40	6,11	-
34020000	8	2009	27,50	6,90	6,03
34060000	9	1983	29,00	5,50	3,90
34060000	9	1992	28,00	5,00	4,00
34060000	9	2001	29,30	6,11	6,50
34060000	9	2002	29,80	6,69	8,40
34060000	9	2002	29,80	6,69	8,40
34060000	9	2011	28,30	6,96	7,81
34040500	9	2002	27,80	6,42	9,00
34040500	9	2006	27,60	5,55	6,20
34040500	9	2009	28,30	7,68	6,00
34070000	9	2002	28,60	6,79	9,50
34070000	9	2005	28,40	5,46	-
34070000	9	2011	29,10	7,01	7,52
34020000	9	2002	26,00	6,05	9,50
34020000	9	2006	27,90	5,58	6,30
34060000	10	1978	30,00	5,00	8,80
34060000	10	2000	27,00	6,89	5,20
34060000	10	2003	29,50	5,41	8,00
34060000	10	2006	27,40	5,98	6,70
34040500	10	2004	27,70	5,23	-
34040500	10	2011	28,00	6,55	7,17
34040500	10	2012	30,40	7,26	7,43
34070000	10	2006	25,90	5,40	6,10
34020000	10	2004	30,70	6,11	-
34020000	10	2011	27,40	6,81	7,38
34020000	10	2012	29,00	7,29	7,34
34020000	10	2013	28,30	7,65	7,39
34010000	10	2012	29,30	7,08	7,43
34010000	10	2013	28,40	7,45	7,20
34060000	11	1977	17,00	3,10	-
34060000	11	1999	25,90	5,91	5,00

Estação	Mês	Ano	Temp. Amostra	pH	OD
34060000	11	2000	28,00	6,64	5,50
34060000	11	2001	27,00	6,30	6,10
34060000	11	2004	30,10	6,48	-
34060000	11	2008	30,40	6,76	7,31
34060000	11	2009	29,10	8,20	5,90
34060000	11	2011	27,90	6,45	7,50
34060000	11	2012	29,80	7,48	7,05
34070000	11	2004	30,50	6,31	-
34070000	11	2009	28,60	8,67	5,80
34070000	11	2011	28,10	6,74	7,50
34070000	11	2012	29,30	7,08	7,30
34060000	12	2002	27,10	5,87	6,80
34060000	12	2007	27,90	6,52	0,85
34040500	12	2002	27,00	5,60	9,00
34040500	12	2009	27,90	8,53	5,71
34070000	12	2002	27,90	6,20	8,70
34020000	12	2002	26,60	6,10	9,20
34020000	12	2009	27,30	8,50	5,84

A partir dos dados históricos procedeu-se a determinação das médias mensais para compor as séries temporais afluentes ao sistema (Quadro 6-3).

Quadro 6-3 - Séries temporais de temperatura da água, pH e Oxigênio Dissolvido afluentes ao sistema.

Mês	Temp. Amostra	pH	OD
Jan	27,64	6,26	6,89
Fev	29,00	5,25	5,30
Mar	27,86	6,63	6,22
Abr	27,14	6,53	6,68
Mai	27,90	6,98	6,82
Jun	26,86	6,97	7,19
Jul	27,03	6,96	6,71
Ago	28,19	6,22	7,24
Set	28,42	6,25	7,16
Out	28,50	6,44	7,18
Nov	27,82	6,62	6,50
Dez	27,39	6,76	7,54

6.2 Estruturação da entrada de dados de qualidade da água

De modo a alimentar o modelo matemático quanto as demais variáveis qualitativas, procedeu-se a construção de séries temporais de qualidade afluentes ao sistema com base nos dados de monitoramento da qualidade das águas na área de influência do empreendimento. Para tanto foram considerados os valores médios das variáveis de interesse associadas as campanhas de monitoramento realizadas no âmbito deste próprio Estudo de Impacto Ambiental, em abril e agosto de 2013, entre os pontos de monitoramento nomeados de CR-01 a CR-12 localizados

na área de influência do empreendimento (ver Mapa em anexo). A utilização destes dados justifica-se na medida em que refletem as condições atuais do trecho de interesse e compuseram o diagnóstico do sistema.

Parâmetro	Campanha	Estação de monitoramento												Média
		CR-01	CR-02	CR-03	CR-04	CR-05	CR-06	CR-07	CR-08	CR-09	CR-10	CR-11	CR-12	
Alcalinidade (mg/L)	Abr/13	3.6	5.2	4.67	8.12	2.17	4.58	2.68	2.52	5.93	4.61	8.52	10.29	3.4
	Ago/13	2.75	3.31	1.69	2.21	0.44	0.93	0.97	0.35	0.45	1.24	2.51	2.21	
Nitrogênio Orgânico (mg/L)	Abr/13	0.39	0.45	0.14	0.17	0.17	0.21	0.2	0.22	0.14	0.17	0.22	0.62	0.217
	Ago/13	0.14	0.166	0.168	0.196	0.14	0.196	0.14	0.14	0.196	0.196	0.14	0.28	
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	Abr/13	0.058	0.223	0.091	0.131	0.253	0.158	0.121	0.261	0.238	0.131	0.096	0.336	0.119
	Ago/13	0.228	0.043	0.021	0.021	0.003	0.008	0.031	0.076	0.006	0.058	0.143	0.118	
Nitrito (mg/L)	Abr/13	0.019	0.014	0.072	0.057	0.009	0.027	0.006	0.02	0.052	0.01	0.069	0.103	0.020
	Ago/13	0.0005	0.0017	0.0008	0.0009	0.0002	0.0009	0.0005	0.0017	0.0012	0.0006	0.0019	0.0049	
Nitrato (mg/L)	Abr/13	0.13	0.18	0.29	0.27	0.15	0.23	0.17	0.32	0.24	0.22	0.27	0.53	0.458
	Ago/13	0.63	0.67	0.65	0.65	0.62	0.61	0.67	0.68	0.67	0.74	0.72	0.66	
Fósforo Total (mg/L)	Abr/13	0.009	0.012	0.022	0.025	0.007	0.013	0.005	0.018	0.014	0.006	0.017	0.025	0.012
	Ago/13	0.009	0.009	0.009	0.015	0.007	0.006	0.009	0.009	0.008	0.009	0.009	0.006	
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	Abr/13	5.12	7.37	3.26	0.7	1.81	1.75	2.85	2.43	2.5	1.72	2.7	3.03	2.62
	Ago/13	1.78	1.22	2.28	3.64	2.29	2.85	1.92	2.25	2.75	2.26	1.78	2.72	
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	Abr/13	49.4	40.8	34.67	95	54.5	43.4	50	38.43	62	35.33	119	19.67	28.85
	Ago/13	8	7.75	1.5	1.5	6.5	1.95	2.25	6.25	3.6	7.95	1.75	1.15	

A partir deste passo calcularam-se coeficientes de carga² para os seguintes parâmetros: Demanda bioquímica de oxigênio, Fósforo total, Nitrogênio total e Sólidos Dissolvidos Totais, com base na média de dados de monitoramento da área de influência do empreendimento e vazão específica da bacia (7,76 L/s.km²). A Alcalinidade foi tomada como igual a média dos dados (3,4 mg/L).

Quadro 6-4 – Concentrações de referência (mg/L).

VAZÃO ESPECÍFICA = 7,76 L/s.km ²	CONCENTRAÇÃO MÉDIA (mg/L)	CARGA (kg/ha.ano)	CARGA (kg/dia)
DBO ₅	2,62	6,42	35455,62
Fósforo total	0,012	0,03	156,50
Nitrogênio Total*	0,813	1,99	10985,47
Sólidos dissolvidos totais	28,85	70,60	389769,70

* Relativo a soma das concentrações médias das frações nitrato, nitrito, N-amoniacal e N-orgânico.

A vazão específica tem origem na relação entre a vazão média afluente ao ponto de barramento (159,22 m³/s) e a área da bacia de contribuição neste mesmo ponto (20152 km²), conforme informações de projeto. A carga tem

² Coeficiente de Carga é calculado pela multiplicação da Concentração Média de cada parâmetro (valores apresentados na tabela 6.4 - Concentrações de Referência) pelo valor da Vazão Específica da Bacia (7,76 L/s.km²)

origem na multiplicação da concentração média da variável de interesse pela vazão específica.

De posse dos coeficientes de carga das variáveis de interesse, estes foram relacionados com as vazões médias afluentes projetadas para o ponto de barramento de modo a construir as séries qualitativas mensais. Assim procedeu-se aos seguintes cálculos: 1) Transformação da carga afluente em kg/d, através da multiplicação do coeficiente de carga (em kg/ha.ano) pela área da bacia de drenagem (em hectares), dividindo-se pelo número de dias em um ano; 2) Obtenção da concentração mensal associada a vazão média mensal de referência através da divisão da carga afluente do passo anterior (em kg/d) pela vazão média do mês de referência relativa a entrada do braço 1 (Rio Parnaíba), procedendo-se ao ajuste das unidades. Estas concentrações foram assumidas nos demais braços, e fontes pontuais (tributários) e distribuídas (ver capítulo referente as vazões afluentes no contexto da estruturação do modelo). Assim obteve-se as seguintes séries mensais que foram adotadas para alimentar o modelo ao longo do período modelado:

Mês	Vazão média Afluente (m³/s)	Concentrações de entrada (mg/L)								
		Fósforo total	PO4*	SDT	N-Total	Nitrato + Nitrito**	Nitrogênio Amoniacal**	N-orgânico***	Fósforo-orgânico****	DBO
Jan	131.26	0.014	0.0014	34.4	0.97	0.36	0.18	0.43	0.012	3.13
Fev	144.26	0.013	0.0013	31.3	0.88	0.33	0.16	0.39	0.011	2.84
Mar	134.07	0.014	0.0014	33.6	0.95	0.35	0.18	0.42	0.012	3.06
Abr	121.13	0.015	0.0015	37.2	1.05	0.39	0.19	0.47	0.013	3.39
Mai	92.34	0.020	0.0020	48.9	1.38	0.51	0.26	0.61	0.018	4.44
Jun	77.75	0.023	0.0023	58.0	1.64	0.61	0.30	0.73	0.021	5.28
Jul	70.09	0.026	0.0026	64.4	1.81	0.67	0.34	0.80	0.023	5.85
Ago	66.37	0.027	0.0027	68.0	1.92	0.71	0.36	0.85	0.025	6.18
Set	66.32	0.027	0.0027	68.0	1.92	0.71	0.36	0.85	0.025	6.19
Out	71.93	0.025	0.0025	62.7	1.77	0.66	0.33	0.78	0.023	5.70
Nov	94.47	0.019	0.0019	47.8	1.35	0.50	0.25	0.60	0.017	4.34
Dez	117.68	0.015	0.0015	38.3	1.08	0.40	0.20	0.48	0.014	3.49

* Adotado como 10% da concentração de fósforo total; ** Referente a 50% do valor da concentração de nitrogênio total; *** Referente a 25% do valor da concentração de nitrogênio total; **** Referente ao valor remanescente da concentração de nitrogênio total descontadas as frações de nitrato+nitrito e N-amoniacal; ***** Referente ao valor remanescente da concentração de fósforo total descontada a fração de PO4.

6.3 Aspectos gerais da vegetação da área de alagüe

6.3.1 Biomassa submersa em relação aos cenários de remoção da vegetação

Os municípios de Tasso Fragoso – MA, Alto Parnaíba - MA e Santa Filomena – PI se encontram dentro do Bioma Cerrado, que engloba várias tipologias vegetais, mas predominantemente a Savana Arborizada (Cerrado sentido restrito) existindo também algumas Áreas de Tensão Ecológica entre a Savana e a Floresta Estacional.

A vegetação do Bioma Cerrado apresenta fisionomias que englobam formações florestais, savânicas e campestres. As fisionomias vegetais existentes na área de influência do empreendimento são: Cerrado sentido restrito (Savana Arborizada), Floresta de galeria Inundável (Floresta Estacional Aluvial) e Floresta de galeria não inundável (Transição Floresta Estacional aluvial para submontana).

A Floresta de galeria é um tipo de vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos dos

planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados sobre o curso d'água. Geralmente localizam-se nos fundos de vales ou nas cabeceiras de drenagem onde os cursos de água ainda não escavaram um canal definitivo. A Floresta de galeria pode ser dividida em inundável (Floresta Estacional Semidecidual Aluvial) e não inundável (Floresta Estacional Semidecidual Submontana e transições com aluviais), isso por conta de diferenças em características ambientais como topografia e altura do lençol freático.

A Savana arborizada é um subgrupo de formação natural que se caracteriza por apresentar uma fisionomia nanofanerofítica rala e outra hemicriptofítica graminóide, contínua, sujeita ao fogo anual. Apresenta árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com ramificações irregulares e retorcidas, geralmente com evidências de queimadas. Os arbustos e subarbustos encontram-se espalhados, com algumas espécies apresentando órgãos subterrâneos perenes (xilopódios), que permitem a rebrota após a queima ou corte. Os troncos das plantas lenhosas em geral possuem cascas com cortiça grossa, fendida ou sulcada, e as gemas apicais de muitas espécies são protegidas por densa pilosidade.

O Quadro 6-5 apresenta a abrangência das fitofisionomias encontradas na área de alague do AHE Canto do Rio.

Quadro 6-5 - Descrição dos principais usos de solo encontrados na área de alague do AHE Canto do Rio.

Classe	Área (ha)
Corpo Hídrico	531.735
Floresta de Galeria (Inundável)	635.722
Floresta de Galeria (Não Inundável)	121.426
Savana Arborizada	6680.249
Savana Arborizada (Platô)	0.073
Total Geral	7969.205

A estimativa da incorporação de DBO por conta do alagamento da vegetação foi estimada pela seguinte relação dada por HESPANHOL (1984, apud GESAI 2010) no presente estudo:

$$L = M / (Q + k_1 \cdot V)$$

Onde:

L = Concentração da DBO da Massa Líquida (mg/L);

M = Velocidade de Incorporação de DBO durante o Enchimento (Kg/dia);

Q = Vazão Média Afluente (m³/dia);

k₁ - Taxa de Remoção de DBO (dia⁻¹);

V = Volume (m³).

Sendo:

$$M = 2,67 D_v (A / t_e)$$

2,67 = coeficiente de utilização de O₂ por parte da biomassa (KgDBO/KgC-O)

D_v = densidade da biomassa devido a vegetação (KgC-O/m² - massa de carbono oxidável por unidade

de área);

A = área inundada (m²);

te = tempo de enchimento (dias);

Empregou-se nesta análise faixas de caracterização de vegetação. Cada uma das faixas de vegetação tem uma densidade de carbono, Dv que irá consumir oxigênio, em kg-CO/m². Para cada fitofisionomia da área de alagado do AHE Canto do Rio atribuiu-se uma densidade da biomassa devido a vegetação (KgC-O/m²) tendo-se como valores orientadores, quais sejam: Mata densa = 20 KgC-O/m²; Mata rala = 4 KgC-O/m²; Pastagens/Campos = 0,4 KgC-O/m²; e Culturas = 0,12 KgC-O/m². Deste modo considerou-se: Floresta de Galeria (Inundável) e Floresta de Galeria (Não Inundável) = 20 KgC-O/m²; e Savana Arborizada = 15 KgC-O/m². Estes valores são descritos em RTK (1999) e foram tomados como referência ao estudo, uma vez que não se dispunham de dados primários da área a ser suprimida que quantificassem a quantidade de carbono orgânico associado a esta vegetação com maior precisão.

Destaca-se que a metodologia aqui empregada deve ser vista como um modelo simplificado quanto as estimativas da incorporação da biomassa remanescente (a ser inundada), assim como comumente vem ocorrendo nos demais estudos de aproveitamentos hidrelétricos do Rio Parnaíba e outros a nível de Brasil. Entende-se que a adoção destes valores orientadores relativos a relação carbono oxidável/área, associados as diferentes fisionomias estão alinhados com dados da literatura frequentemente utilizados em estudos desta natureza (cita-se BIANCHINI & CUNHA-SANTINO, 2011 e ROSMAN, 2011), qual seja, prognóstico dos aspectos qualitativos de reservatórios frente a biomassa remanescente afogada, quanto a quantificação destes aspectos.

Para a simulação da futura qualidade das águas do reservatório do AHE Canto do Rio, bem como a importância da retirada da matéria vegetal no período de enchimento, foram analisadas diferentes hipóteses de maneira a permitir um balizamento abrangente, da resposta de qualidade da água, considerando situações distintas em relação à cobertura vegetal: 0% de desmatamento, 60% – 75 % de desmatamento e 100% de remoção. O cenário relativo a uma taxa de 0% de remoção da vegetação foi contemplado para balizar os efeitos mais contundentes que se poderiam esperar em termos de influência da biomassa submersa na qualidade das águas do reservatório; por sua vez, o cenário com 100% de remoção contempla a situação contrária; já os cenários com taxas de remoção intermediárias (60% e 75%) de vegetação contemplam faixas de desmate mais usuais em reservatórios com características semelhantes e buscam avaliar os efeitos na qualidade das águas do reservatório para uma situação mais próxima da realidade, retratando situações onde não seria possível desmatar toda a vegetação da bacia de alagado dada uma situação impeditiva

Adotou-se uma taxa média de incorporação de matéria orgânica de 0,03 (dia⁻¹ – ou seja, ao dia 3% do material torna-se disponível ao meio), de acordo com as pesquisas de Samuel Murgel Branco (1975) levando-se em conta o período de inundação. Destaca-se que esta taxa de incorporação de matéria orgânica alinha-se aqueles reportados por Gimenes et al. (2010).

Para a utilização do modelo simplificado acima descrito, utilizado para estimar a incorporação de DBO por conta dos remanescentes de vegetação na área a ser inundada, considerou-se em termos de início de enchimento dois períodos distintos, quais sejam:

- Período de Cheia com início da simulação no mês de dezembro, com vazão média afluente da ordem de 207

m³/s³, aspecto que imputa ao reservatório do AHE Canto do Rio um tempo de enchimento da ordem de 87 dias (considerando-se uma vazão remanescente para jusante de 97,9m³/s, que deve ser descontada da vazão afluente); e

- Período de Seca com início da simulação no mês de setembro, com vazão média afluente da ordem de 138⁴ m³/s, aspecto que imputa ao reservatório do AHE Canto do Rio um tempo de enchimento da ordem de 240 dias (considerando-se uma vazão remanescente para jusante de 97,9 m³/s, que deve ser descontada da vazão afluente).

A área do espelho d'água e volume foram aqueles constantes no projeto do empreendimento de 79,76 km² e 833,82 hm³ respectivamente.

Conforme Samuel Murgel Branco (1975, apud De Luca, 2000) leva de quatro meses a um ano para que se decomponham folhas e talos tenros de gramíneas, culturas e capoeiras. Até sete anos para decompor os galhos e troncos de árvores, dependendo da temperatura da água e da espécie vegetal. Assim, neste trabalho adotou-se um período de dois anos como o tempo máximo de contribuição da degradação da vegetação, de modo a avaliar o comportamento dos aspectos qualitativos das águas do reservatório, configurando assim a fase de estabilização/operação.

Destaca-se que não há como se precisar o tempo em que a vegetação remanescente será estabilizada, de modo que em qualquer estudo de modelagem matemática o(s) modelo(s) deve ser alimentado com dados necessários ao desenvolvimento dos processos, bem como condições de contorno são adotadas para delimitar o estudo, principalmente em estudos onde o reservatório a ser avaliado ainda não existe, como o caso em análise, cabendo ao(s) modelador(s) fazer estas escolhas com base em sua expertise. Desta forma, dada a inexistência de estudos mais precisos que indiquem o período de estabilização da biomassa inundada é que se adotou o período de 2 anos, avaliando-se assim como os aspectos qualitativos do reservatório evoluem, frente é claro como já comentado, às condições de contorno adotadas. Passado este período entende-se que a contribuição de DBO da vegetação remanescente inundada cessa.

Abaixo são apresentadas estimativas da contribuição em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio relativo à biomassa afogada na área de influência do empreendimento com base no modelo simplificado adotado no presente estudo para os diferentes cenários propostos e períodos de início de enchimento. Para aquelas áreas desmatadas considerou-se uma densidade de biomassa remanescente nas áreas desmatadas de 4,0 KgC-O/m², o qual consiste em um valor bem conservador quando comparado as faixas da metodologia adota.

Quadro 6-6 – Densidade de Biomassa e DBO incorporada nos cenários de desmatamento – Período de Seca para o início do enchimento.

Cenário	0 %		60 %		75 %		100 %	
	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv
Floresta de Galeria (Inundável)	8,0%	20	3,2%	20	2,0%	20	0,0%	20
Floresta de Galeria (Não Inundável)	1,5%	20	0,6%	20	0,4%	20	0,0%	20

³ Vazão média referente ao período, com proporcionalidade de dias, entre Dezembro e Fevereiro.

⁴ Vazão média referente ao período, com proporcionalidade de dias, entre Setembro e Dezembro.

Cenário	0 %		60 %		75 %		100 %	
	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv
Savana Arborizada	83,8%	15	33,5%	15	21,0%	15	0,0%	15
Desmate	0%	4	56,0%	4	70,0%	4	93,3%	4
Densidade Ponderada (Kg-CO/m ²)	$= (8\%*20)+(1,5\%*20)+(83,8\%*15)+(0\%*4)$ = 14,47		$= (3,2\%*20)+(0,6\%*20)+(33,5\%*15)+(56\%*4)$ = 8,03		$= (2\%*20)+(0,4\%*20)+(21\%*15)+(70\%*4)$ = 6,42		$= (0\%*20)+(0\%*20)+(0\%*15)+(93,3\%*4)$ = 3,73	
Área = A	79,76*10 ⁶		79,76*10 ⁶		79,76*10 ⁶		79,76*10 ⁶	
Volume = V	833,82*10 ⁶		833,82*10 ⁶		833,82*10 ⁶		833,82*10 ⁶	
Vazão afluente = Q	138		138		138		138	
Vazão remanescente = Qr	97,9= (V/[(Q-Qr)*86400]		97,9= (V/[(Q-Qr)*86400]		97,9= (V/[(Q-Qr)*86400]		97,9= (V/[(Q-Qr)*86400]	
Tempo de enchimento = te	= 241		= 241		= 241		= 241	
M	= 2.67*14,47*(A/te) = 12530011		= 2.67*8,03*(A/te) = 6951007		= 2.67*6,42*(A/te) = 5556256		= 2.67*3,73*(A/te) = 3231671	
L = DBO Incorporada (mg/L)	= (M/(Q*86400+0.03*V)) = 0,34		= (M/(Q*86400+0.03*V)) = 0,19		= (M/(Q*86400+0.03*V)) = 0,15		= (M/(Q*86400+0.03*V)) = 0,09	

Quadro 6-7 – Densidade de Biomassa e DBO incorporada nos cenários de desmatamento – Período de Cheia para o início do enchimento.

Cenário	0 %		60 %		75 %		100 %	
	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv
Floresta de Galeria (Inundável)	8,0%	20	3,2%	20	2,0%	20	0,0%	20
Floresta de Galeria (Não Inundável)	1,5%	20	0,6%	20	0,4%	20	0,0%	20
Savana Arborizada	83,8%	15	33,5%	15	21,0%	15	0,0%	15
Desmate	0%	4	56,0%	4	70,0%	4	93,3%	4
Densidade Ponderada (Kg-CO/m ²)	$= (8\%*20)+(1,5\%*20)+(83,8\%*15)+(0\%*4)$ = 14,47		$= (3,2\%*20)+(0,6\%*20)+(33,5\%*15)+(56\%*4)$ = 8,03		$= (2\%*20)+(0,4\%*20)+(21\%*15)+(70\%*4)$ = 6,42		$= (0\%*20)+(0\%*20)+(0\%*15)+(93,3\%*4)$ = 3,73	
Área = A	79,76*10 ⁶		79,76*10 ⁶		79,76*10 ⁶		79,76*10 ⁶	
Volume = V	833,82*10 ⁶		833,82*10 ⁶		833,82*10 ⁶		833,82*10 ⁶	
Vazão afluente = Q	207		207		207		207	

Cenário	0 %		60 %		75 %		100 %	
Classe de Uso	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv	Área%	Dv
Vazão remanescente = Qr Tempo de enchimento = te	$97,9 = (V/[(Q-Qr)*86400])$ = 88		$97,9 = (V/[(Q-Qr)*86400])$ = 88		97,9 $= (V/[(Q-Qr)*86400]) =$ 88		$97,9 = (V/[(Q-Qr)*86400])$ = 88	
M	$= 2.67*14,47*(A/te)$ $= 35429687$		$= 2.67*8,03*(A/te)$ $= 19654573$		$= 2.67*6,42*(A/te)$ $= 15710795$		$= 2.67*3,73*(A/te)$ $= 9137830$	
L = DBO Incorporada (mg/L)	$= (M/(Q*86400+0.03*V))$ $= 0,83$		$= (M/(Q*86400+0.03*V))$ $= 0,46$		$=$ $(M/(Q*86400+0.03*V))$ $= 0,37$		$= (M/(Q*86400+0.03*V))$ $= 0,21$	

7. RESULTADOS

Neste item são apresentados e analisados os resultados das simulações hidrodinâmicas de qualidade das águas do AHE Canto do Rio com relação aos cenários de desmatamento considerados inicialmente na fase de enchimento e na sequência a fase de estabilização/operação do empreendimento nos períodos de Cheia e Seca com relação ao início do enchimento. O modelo utiliza para a escala temporal dias julianos, contando o tempo a partir da data de início configurada em seu arquivo controle. Um período de dois anos foi definido como sendo aquele em que o reservatório tende a estabilizar-se quali-quantitativamente pós-enchimento e onde a carga orgânica remanescente da vegetação facilmente degradável já foi estabilizada conforme descrito anteriormente.

Destaca-se que o modelo na fase de estabilização/operação foi inicializado com os resultados das simulações da fase de enchimento a partir do momento em que o sistema alcançou a cota 271 m. Os dados apresentados referentes ao segmento 75 que caracteriza o segmento mais próximo ao barramento do AHE Canto do Rio, ponto onde estão localizadas as principais estruturas hidráulicas do sistema, estando a soleira do vertedouro (ogiva) posicionada na cota 259m (profundidade de 12m em relação ao nível normal de operação) e a tomada d'água na cota 249m (profundidade de 22m em relação ao nível normal de operação) conforme apresentado na Ilustração 7-1.

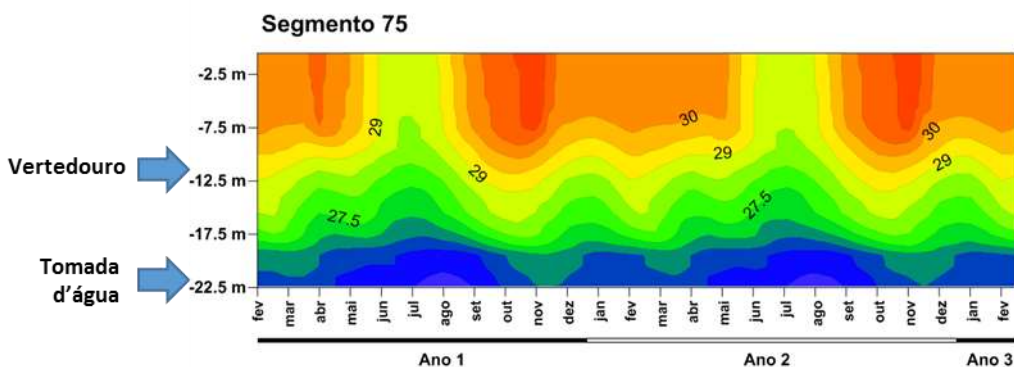


Ilustração 7-1 – Ilustração do posicionamento das principais estruturas hidráulicas do sistema AHE Canto do Rio na apresentação dos resultados ao longo do texto.

A avaliação dos resultados obtidos com a simulação dos cenários de desmatamento baseou-se na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA Nº 357/05 (CONAMA, 2005). A Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005, estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas segundo seu uso preponderante. Esta classificação é realizada considerando, principalmente, que o enquadramento dos corpos de águas deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade, a saúde e o bem-estar humanos e o equilíbrio ecológico aquático atual ou futuro. Nesta resolução, são classificadas, segundo seus usos preponderantes, em nove classes, as águas doces, salobras e salinas. Para cada classe de água, a resolução estabelece limites/condições máximas para os parâmetros físicos, químicos e biológicos.

O Quadro 7-1 apresenta os limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA Nº 357/05 para alguns parâmetros de interesse.

Quadro 7-1 - Limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA N°357/05.

Parâmetros	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
OD (mg/L _{O₂})	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥2
DBO (mg/L _{O₂})	≤ 3	≤ 5	≤ 10	-
Nitrogênio Amoniacal Total (mg/L)	3,7mg/L pH ≤ 7,5 2,0mg/L 7,5<pH≤8,0 1,0mg/L 8,0<pH≤8,5 0,5 mg/L pH>8,5	3,7mg/L pH ≤ 7,5 2,0mg/L 7,5<pH≤8,0 1,0mg/L 8,0<pH≤8,5 0,5 mg/L pH > 8,5	13,3 mg/L pH ≤ 7,5 5,6mg/L 7,5<pH≤8,0 2,2mg/L 8,0<pH≤8,5 1,0mg/L pH 8,5	-
Fósforo Total (Ambiente Lótico) (mg/L)	0,1	0,1	0,15	-
Fósforo Total (Ambiente Intermediário) (mg/L)	0,025	0,05	0,075	-
Fósforo Total (Ambiente Lêntico) (mg/L)	0,02	0,03	0,05	-
Nitrato (mg/L)	10,0	10,0	10,0	-
Nitrito (mg/L)	1,0	1,0	1,0	-
SDT (mg/L)	500	500	500	-

O termo qualidade da água é usado para descrever as características químicas, físicas e biológicas da água. É através da análise destas características que se constata se o recurso hídrico é adequado ao uso para o qual foi designado, ou pretendido através do enquadramento, sempre de acordo com o estabelecido pela legislação pertinente. Em uma bacia hidrográfica, a qualidade das suas águas é influenciada pelas atividades humanas, uso do solo e da água e por fatores naturais, como o clima e a geologia. A qualidade da água é, portanto, um indicativo da qualidade ambiental da bacia e, no caso de um reservatório, ele funciona como um verdadeiro “coletor de eventos”, ou seja, é influenciado, diretamente, pelo que ocorre na bacia (usos do solo, atividades antrópicas, fontes poluidoras, usos das águas, etc).

As seções (= segmentos) selecionadas para apresentação dos dados foram escolhidas de forma a representar o comportamento típico do braço ao qual pertencem. Assim procedeu-se a escolha buscando-se representar segmentos localizados próximos ao centro de cada braço, negligenciando segmentos mais próximos ao início do braço que retratam as condições de entrada que são conhecidas e foram apresentadas, da mesma forma que se negligenciam os segmentos finais que fazem fronteira com o corpo principal, de maior volume e maior hidrodinâmica podendo serem influenciados por este trecho principal. Assim, a escolha das presentes seções fundamentou-se em buscar uma visão da evolução dos aspectos qualitativos mais personalizada dentro de cada braço modelado, mostrando a evolução desde o segmento de entrada e preservando os efeitos causados pelo trecho principal.

7.1 FASE DE ENCHIMENTO

7.1.1 *Temperatura da água*

A Ilustração 7-2 apresenta os resultados quanto a temperatura média da água ao longo do sistema durante o processo de enchimento do reservatório Canto do Rio no período de cheia, enquanto a Ilustração 7-3 os resultados para o período de Seca.

Em ambos os períodos de início de enchimento verifica-se que, no braço principal (Rio Parnaíba) e na direção do barramento as camadas tendem a apresentarem maior variação (da ordem de 5°C), com as camadas superficiais apresentando as maiores temperaturas médias notadamente a partir do segmento 25 (em função do aumento da largura das seções transversais). Ao longo dos braços secundários verifica-se comportamento semelhante na distribuição média da temperatura nos períodos de enchimento.

Da Ilustração 7-4 a Ilustração 7-7 é apresentada a variação da temperatura da água ao longo de seções de controle do sistema nos períodos de Cheia e Seca quanto ao início do enchimento do reservatório. As seções de controle estão delimitadas nas figuras apresentadas anteriormente (5.3 e 5.4).

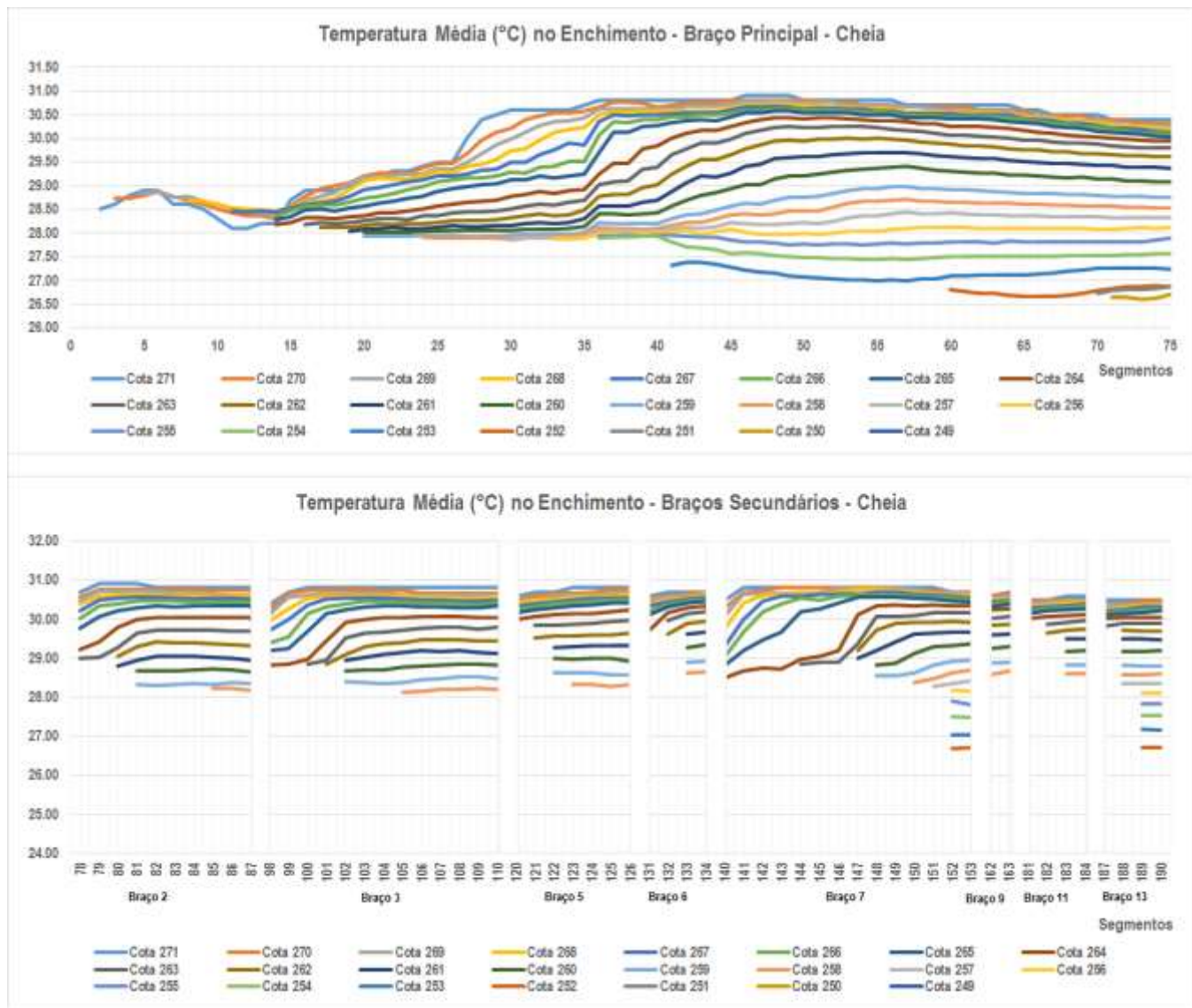


Ilustração 7-2 – Temperatura média da água ao longo do enchimento – Período de Cheia.

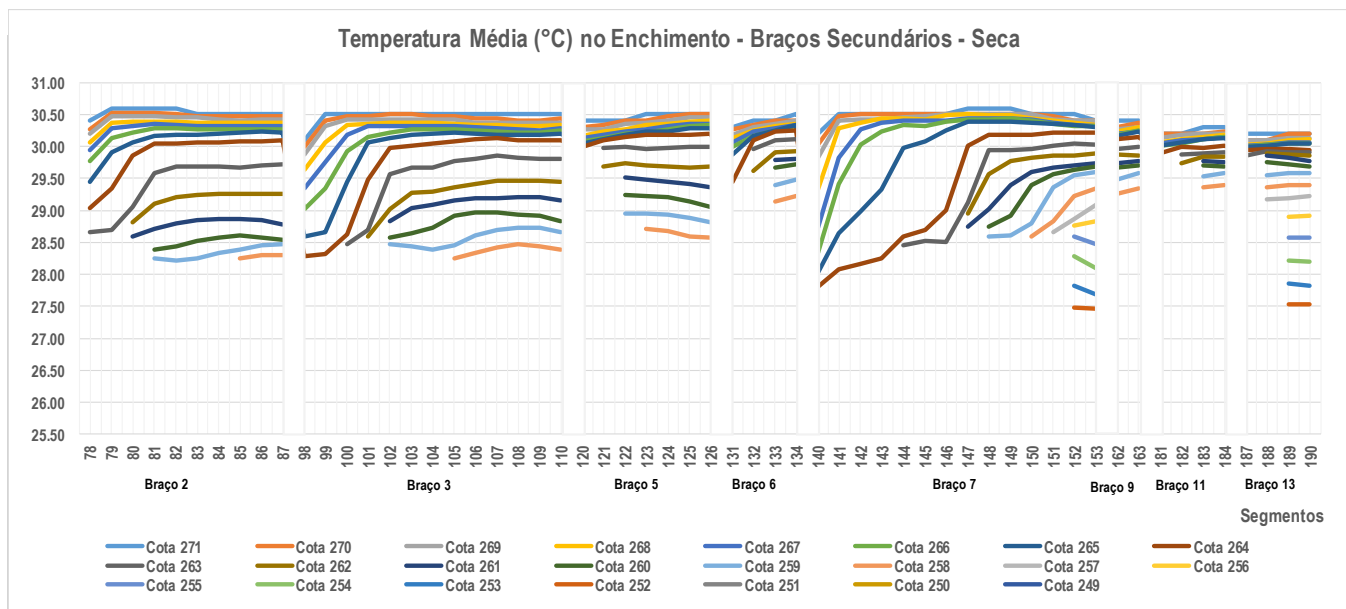
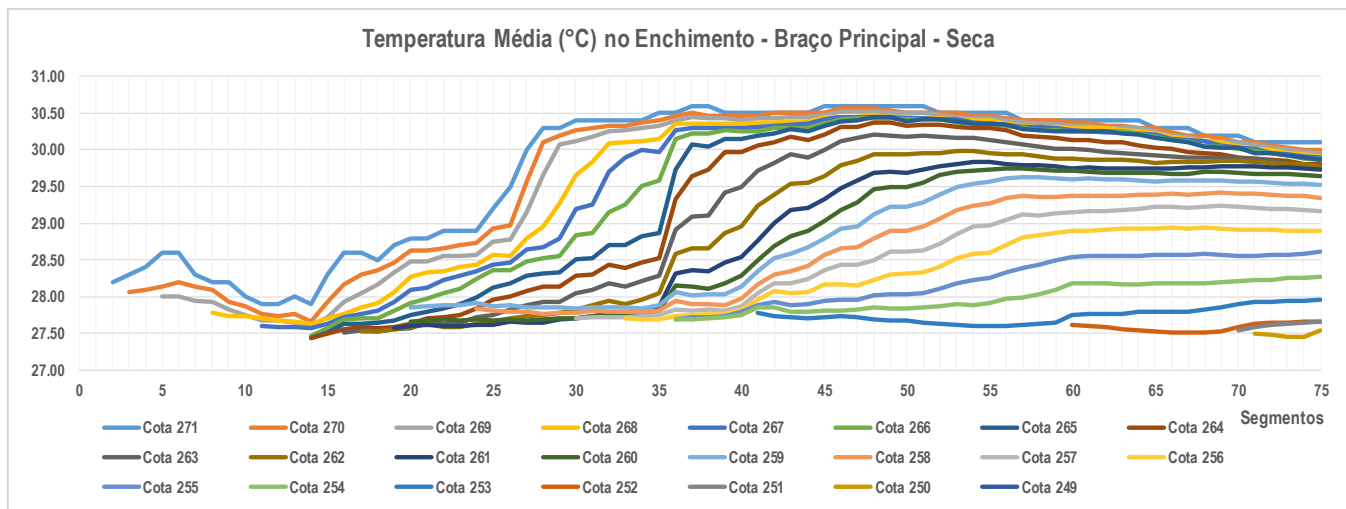


Ilustração 7-3 – Temperatura média da água ao longo do enchimento – Período de Seca.

TEMPERATURA DA ÁGUA - ENCHIMENTO - CHEIA

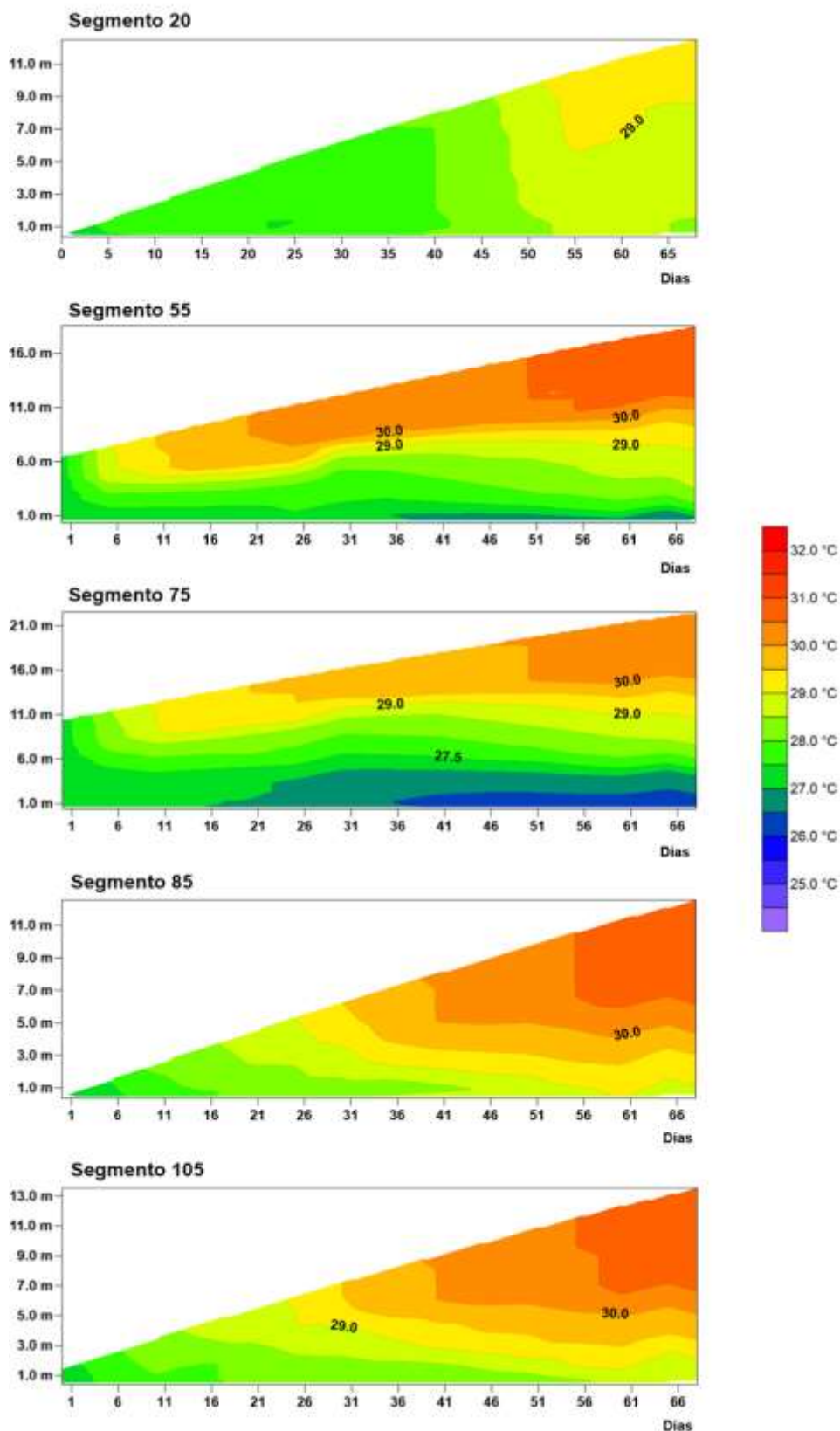


Ilustração 7-4 – Variação da temperatura da água ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle.

TEMPERATURA DA ÁGUA - ENCHIMENTO - CHEIA

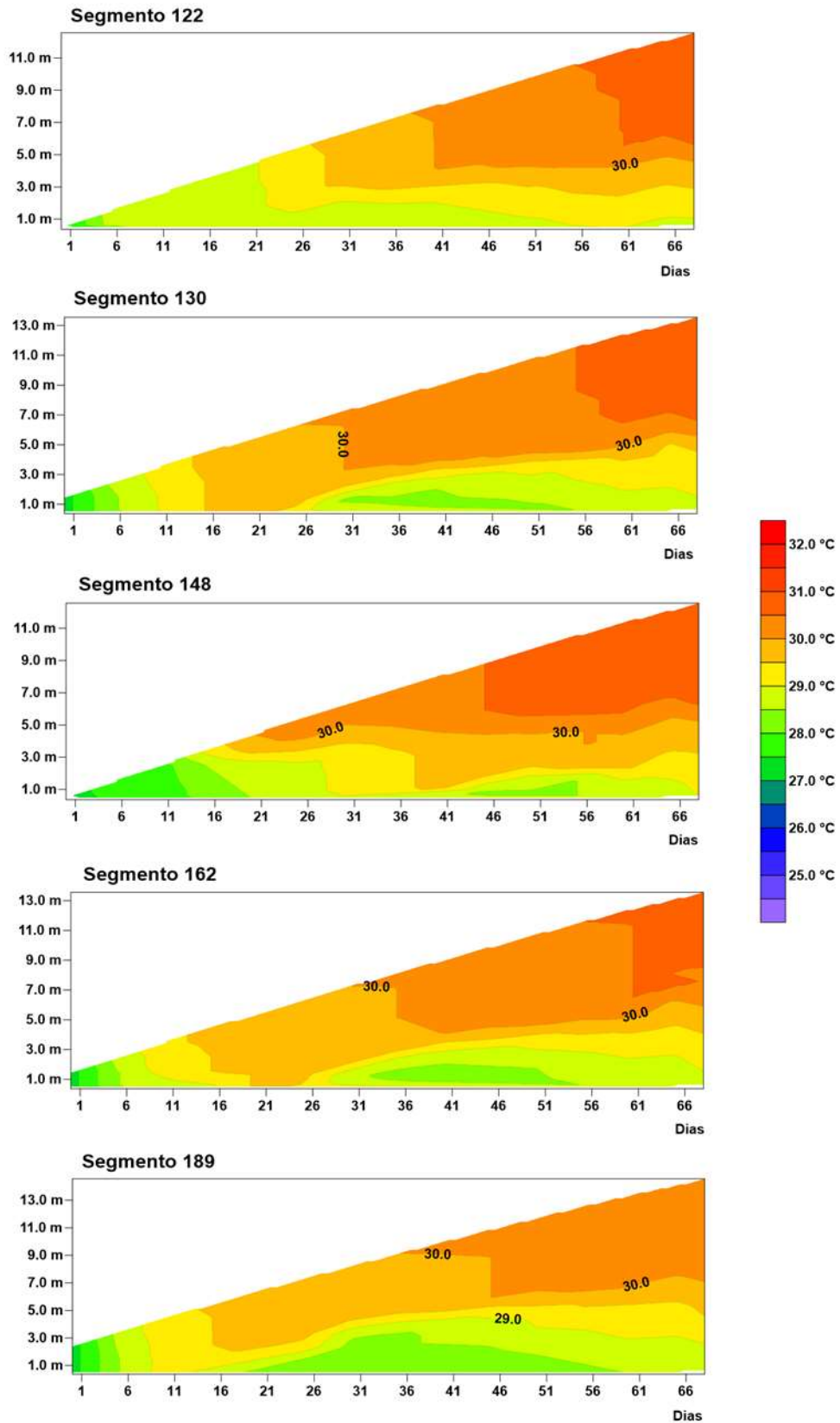


Ilustração 7-5 – Variação da temperatura da água ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle (continuação).

TEMPERATURA DA ÁGUA - ENCHIMENTO - SECA

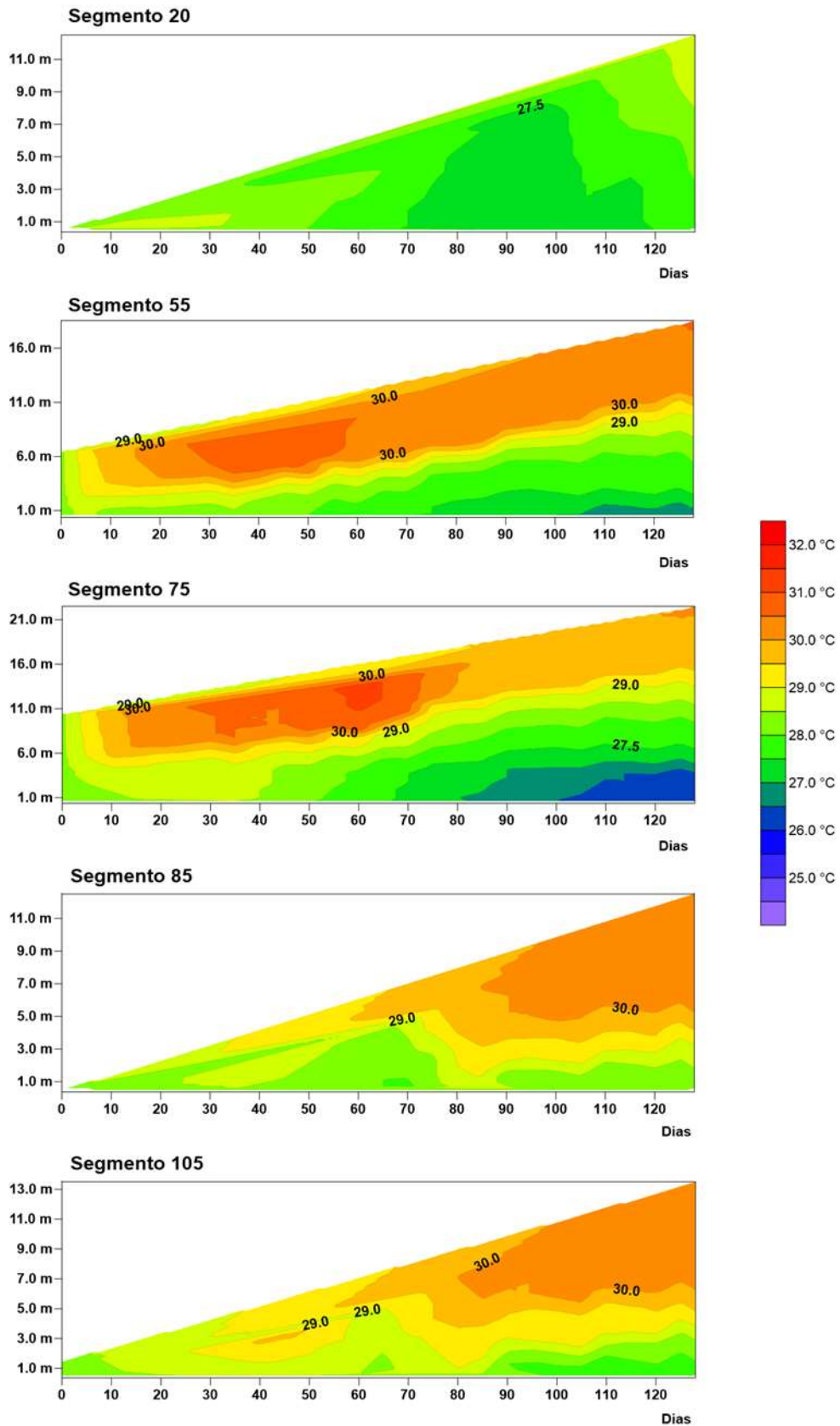


Ilustração 7-6 – Variação da temperatura da água ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle.

TEMPERATURA DA ÁGUA - ENCHIMENTO - SECA

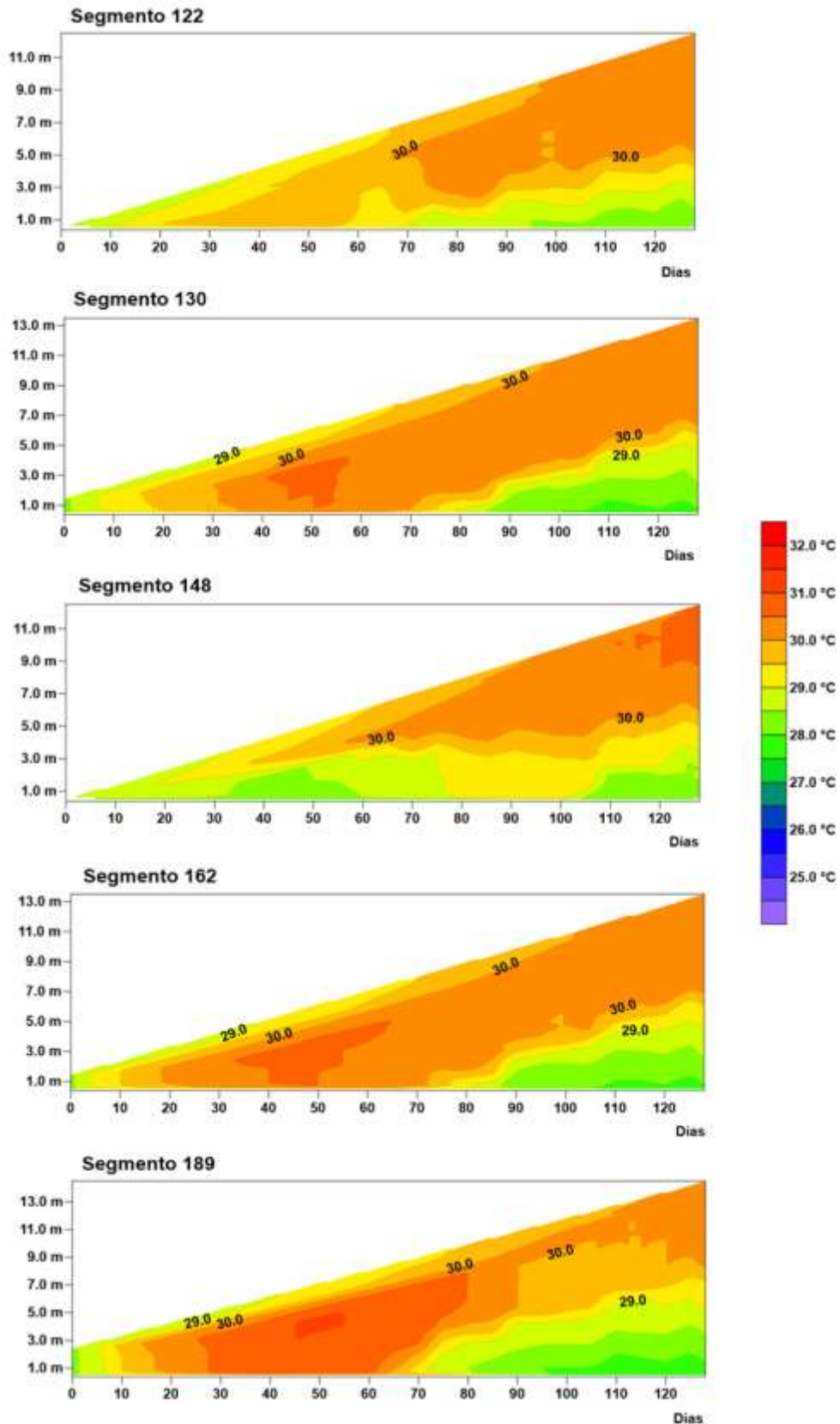


Ilustração 7-7 – Variação da temperatura da água ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle (continuação).

7.1.2 Oxigênio Dissolvido

Da Ilustração 7-8 a Ilustração 7-11 são apresentados os resultados quanto aos teores médios de Oxigênio Dissolvido (OD) ao longo do sistema durante o processo de enchimento do reservatório Canto do Rio no período de Cheia, enquanto que da Ilustração 7-12 a Ilustração 7-15 os resultados para o período de Seca.

No período de Cheia, os teores médios de OD tendem a apresentarem-se estratificados ao longo do braço principal (Rio Parnaíba) notadamente em direção ao barramento, verificando-se teores abaixo de 4,0 mg/L, de forma geral, para todos os cenários de desmatamento abaixo das cotas 264m e 263m. Esta condição de estratificação química estende-se aos segmentos limítrofes ao braço principal e mais profundos associados aos braços secundários.

No período Seca quanto ao enchimento os teores médios de OD tendem a serem mais elevados, ainda que pouco significativo, quando comparados ao período de Cheia, verificando-se teores abaixo de 4,0 mg/L, de forma geral, para todos os cenários de desmatamento abaixo das cotas 259m e 258m. A condição de estratificação é também verificada neste período (Seca).

Da Ilustração 7-8 a Ilustração 7-15 são apresentadas as variações do OD ao longo de seções de controle do sistema nos períodos de Cheia e Seca quanto ao início do enchimento do reservatório associadas aos cenários de 60% e 75% de desmatamento simulados.

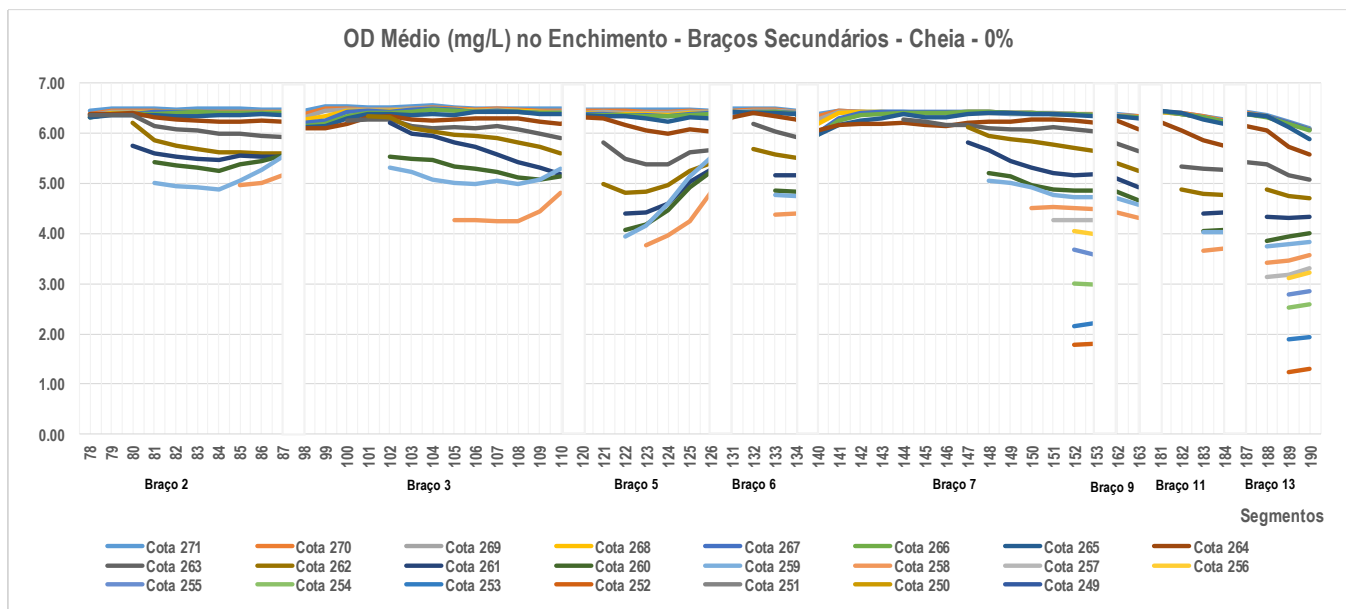
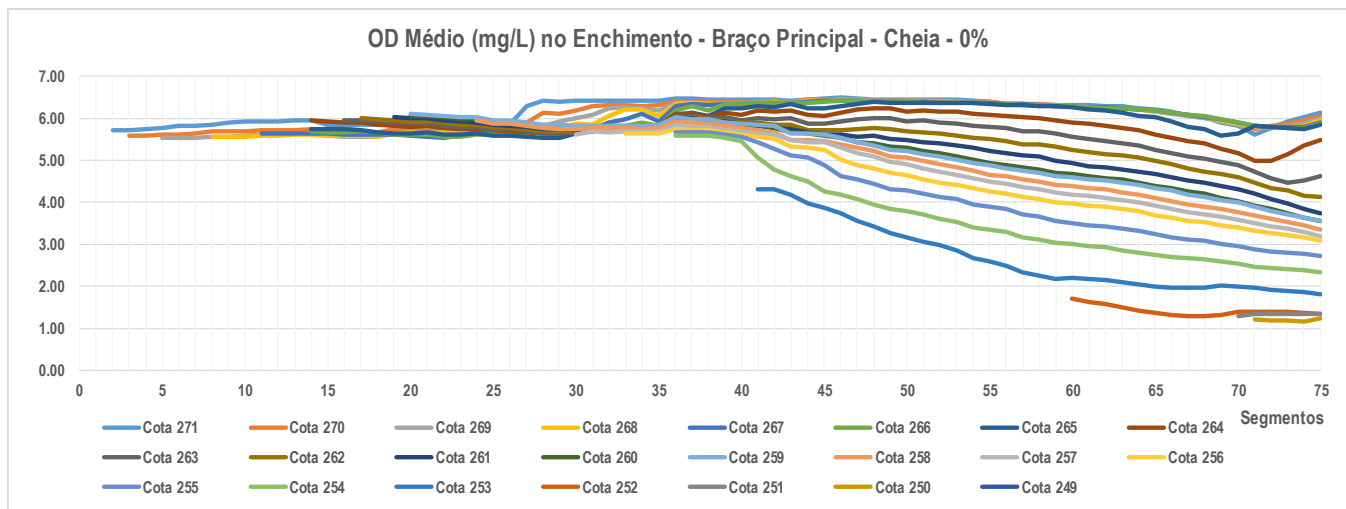


Ilustração 7-8 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 0% de desmatamento.

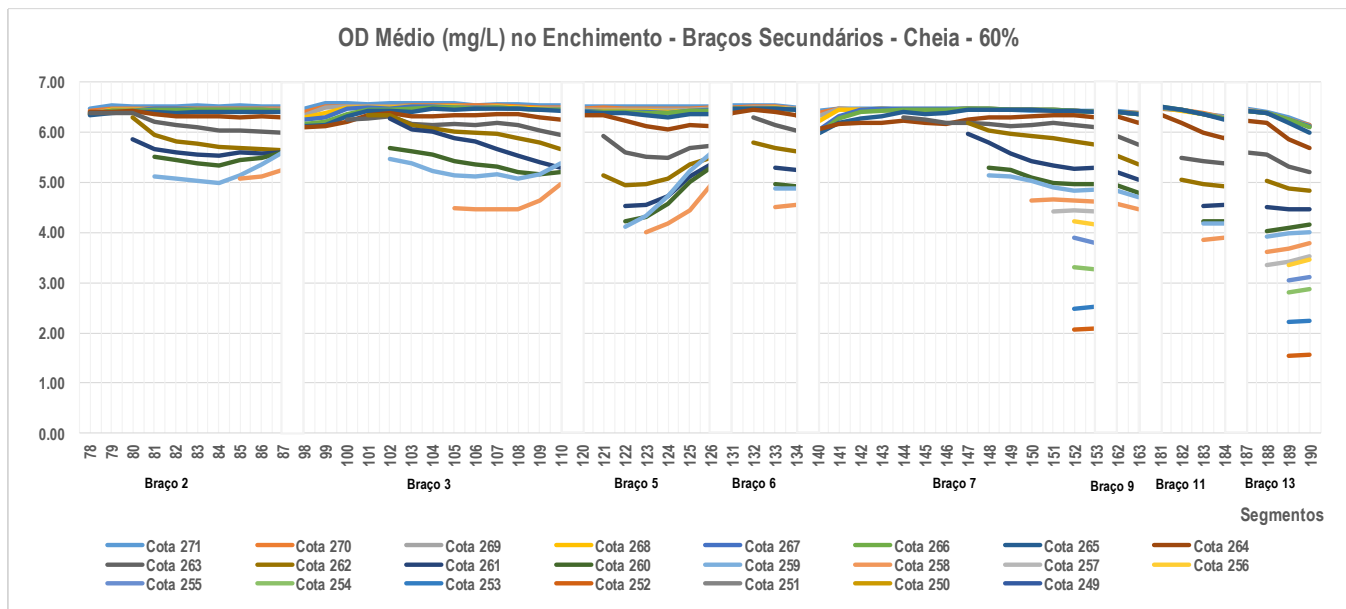
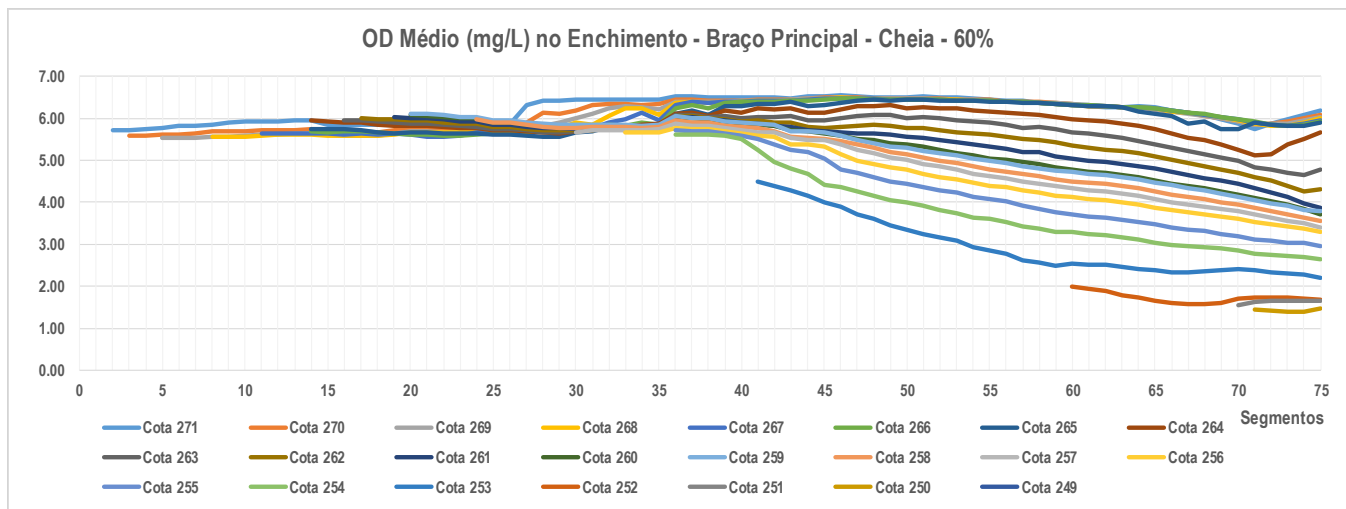


Ilustração 7-9 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 60% de desmatamento.

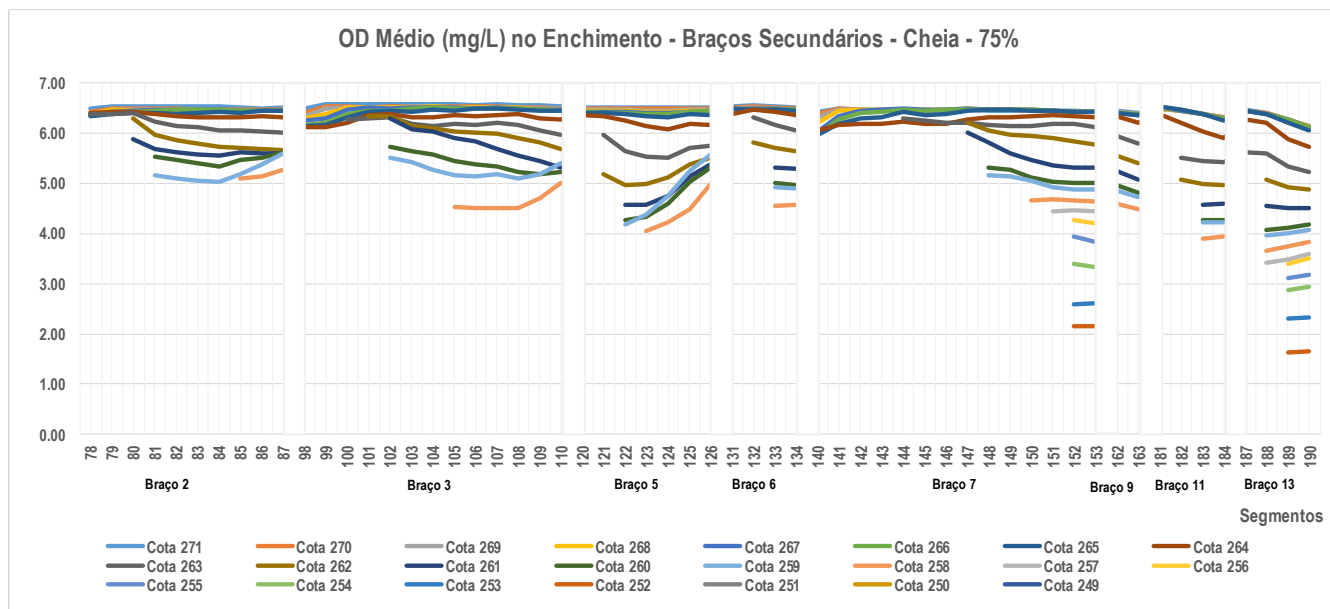
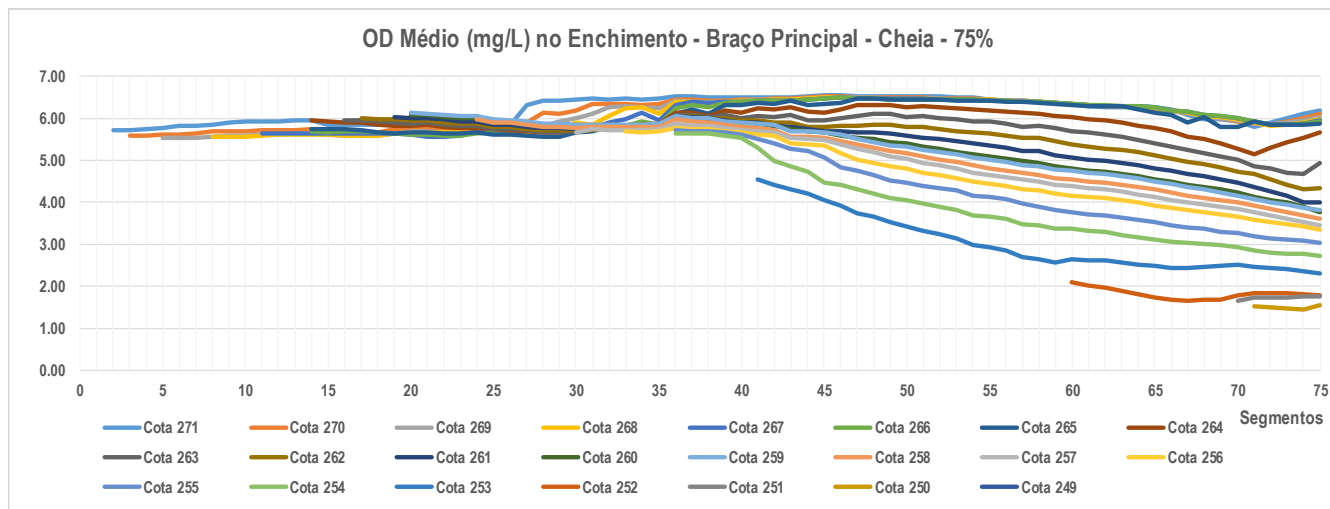


Ilustração 7-10 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 75% de desmatamento.

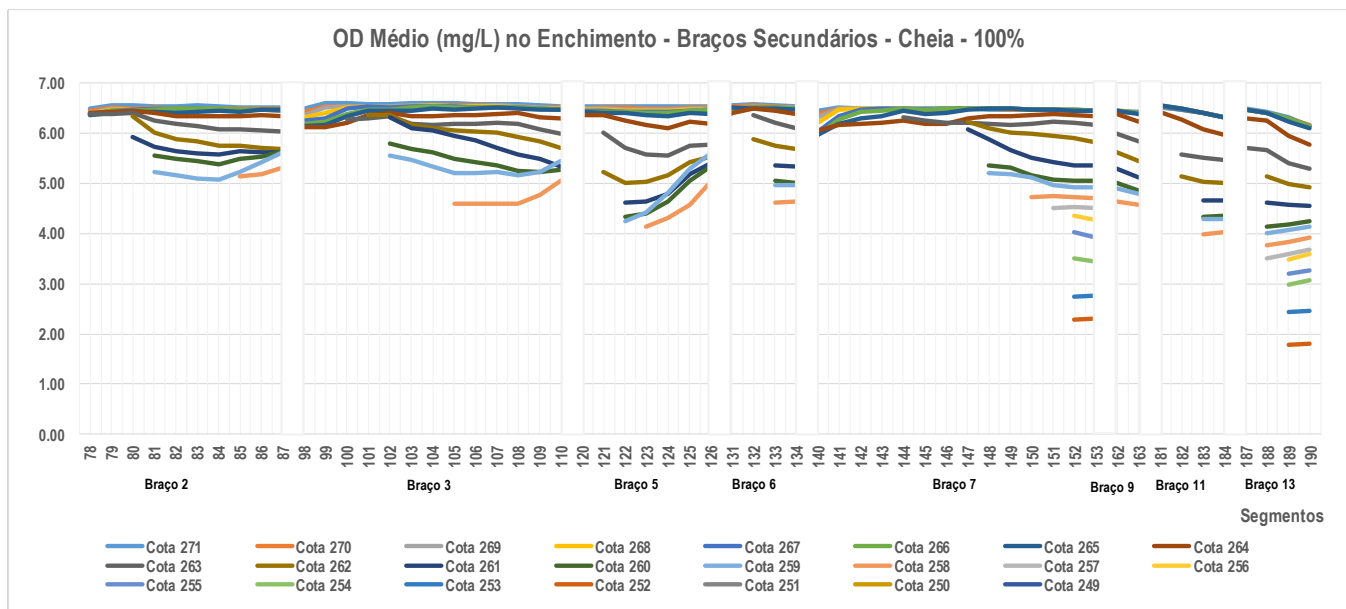
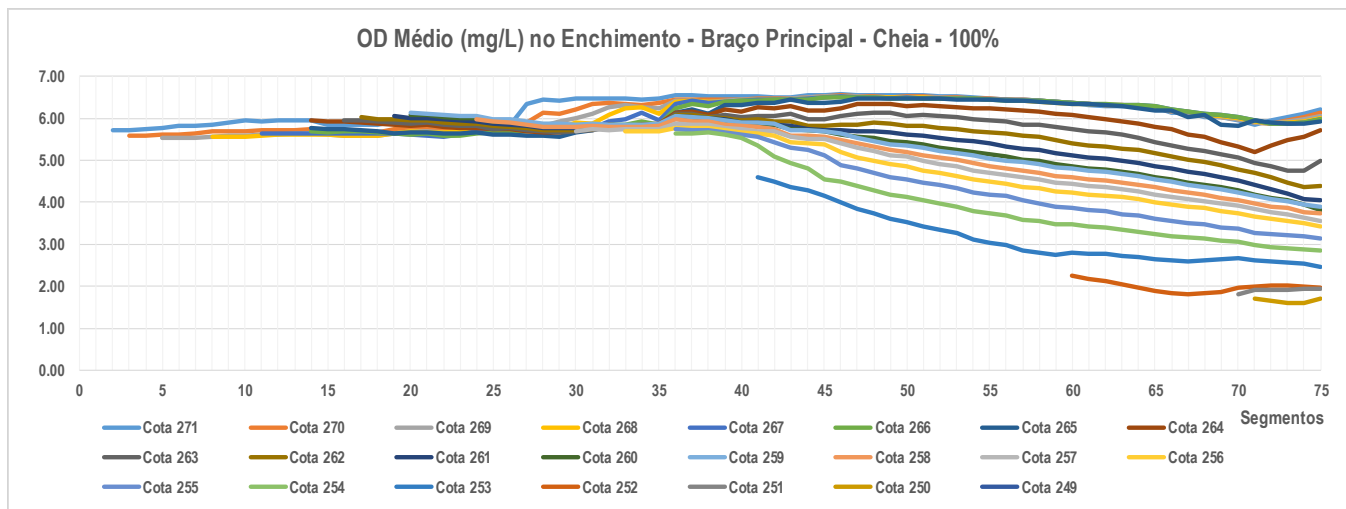


Ilustração 7-11 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 100% de desmatamento.

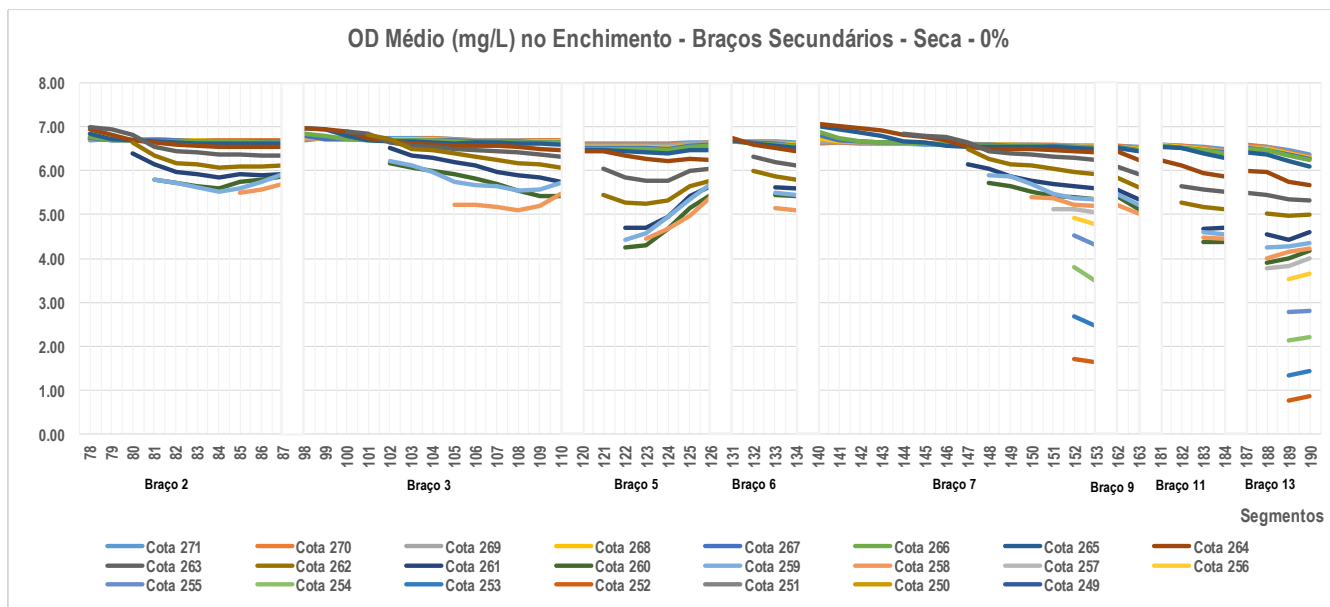
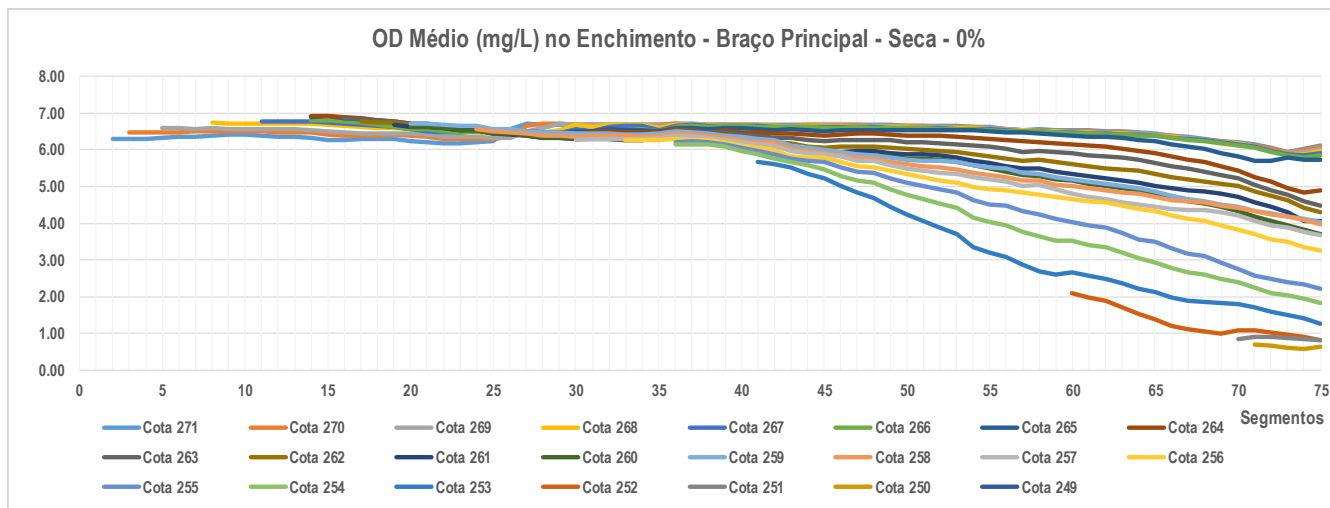


Ilustração 7-12 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 0% de desmatamento.

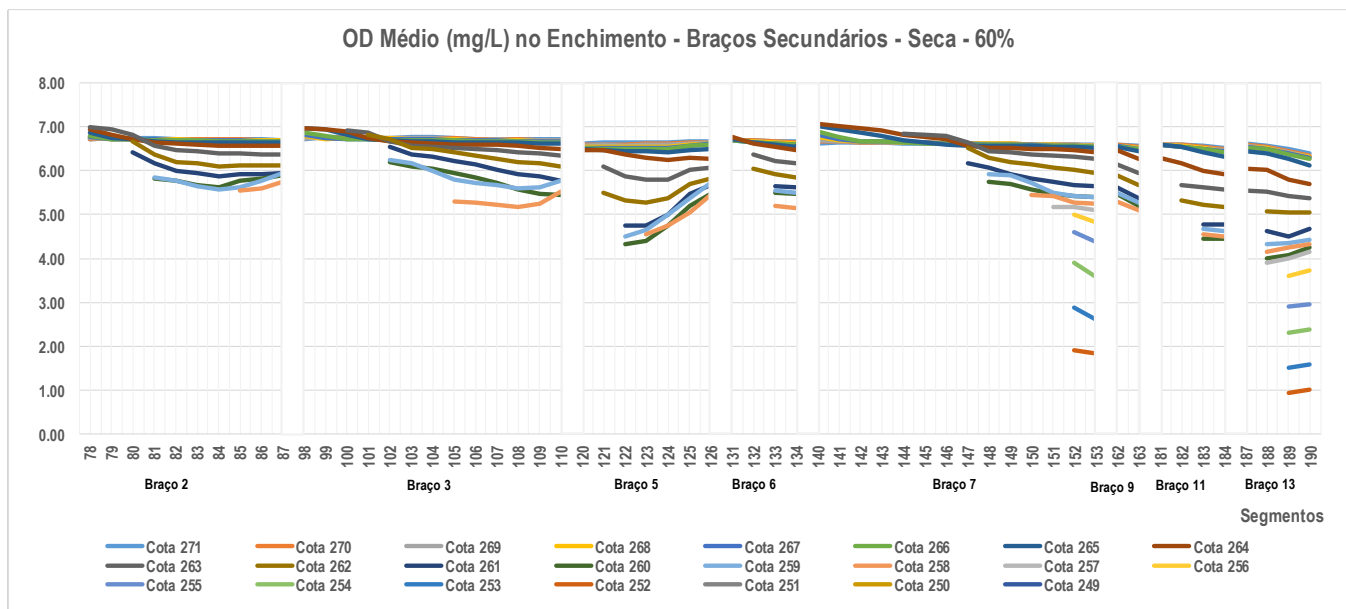
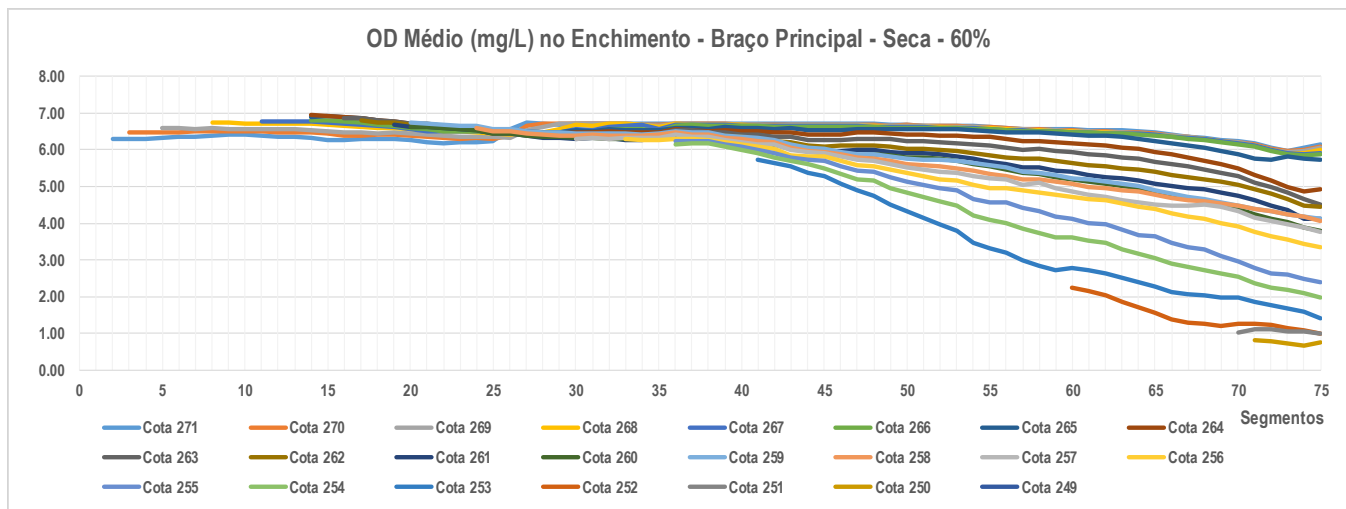


Ilustração 7-13 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 60% de desmatamento.

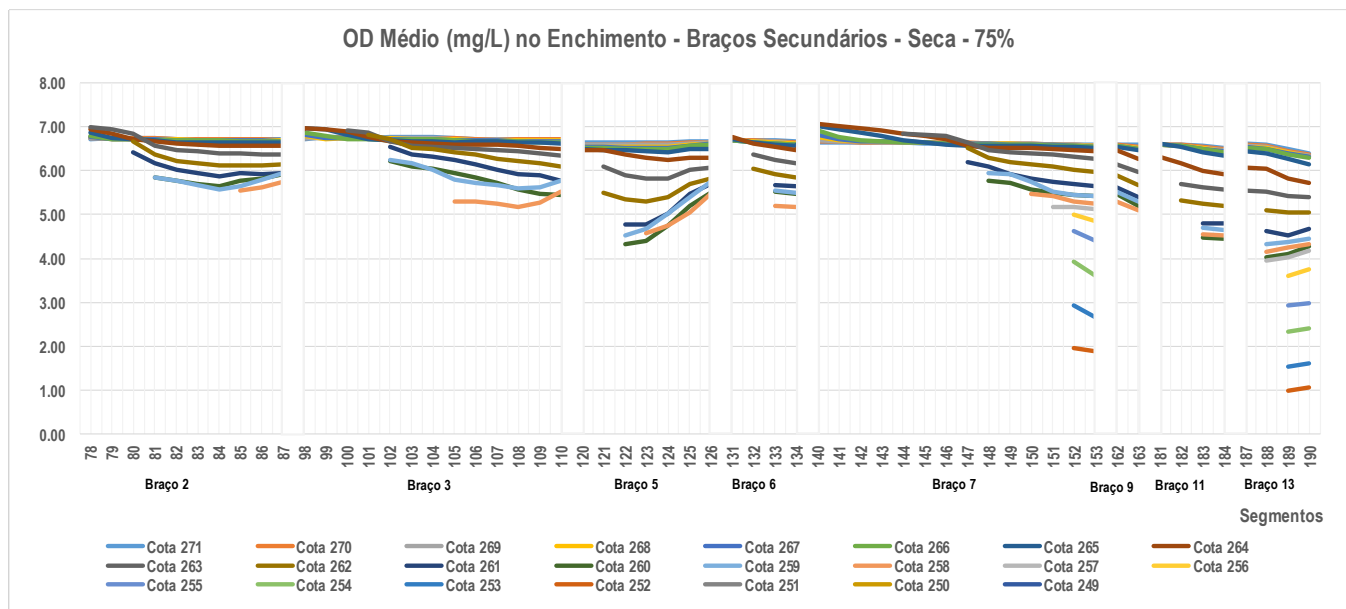
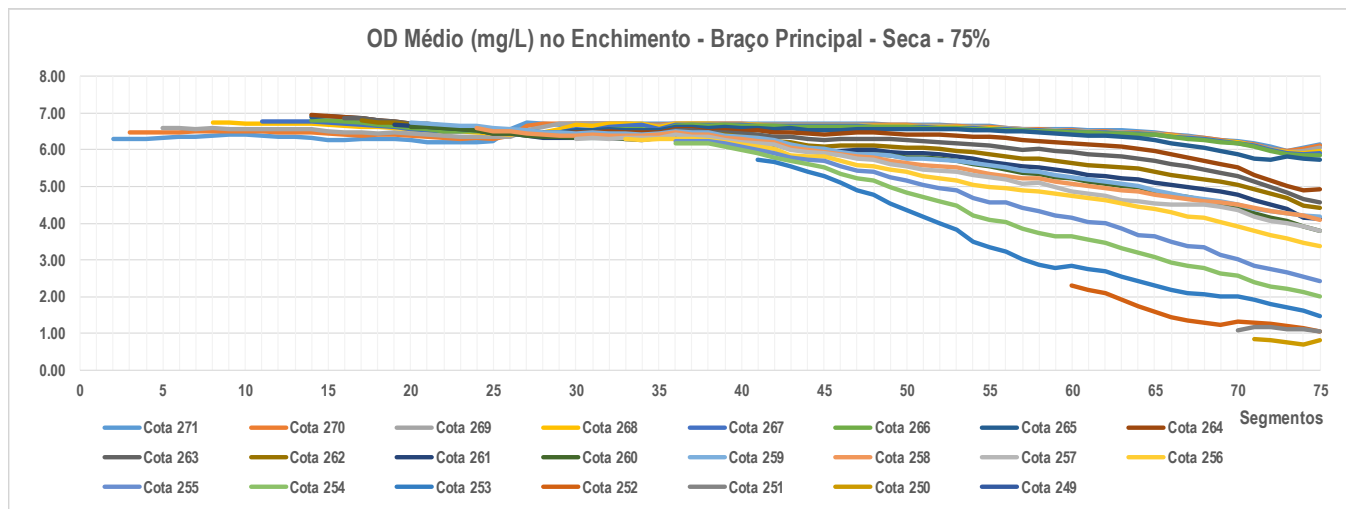


Ilustração 7-14 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 75% de desmatamento.

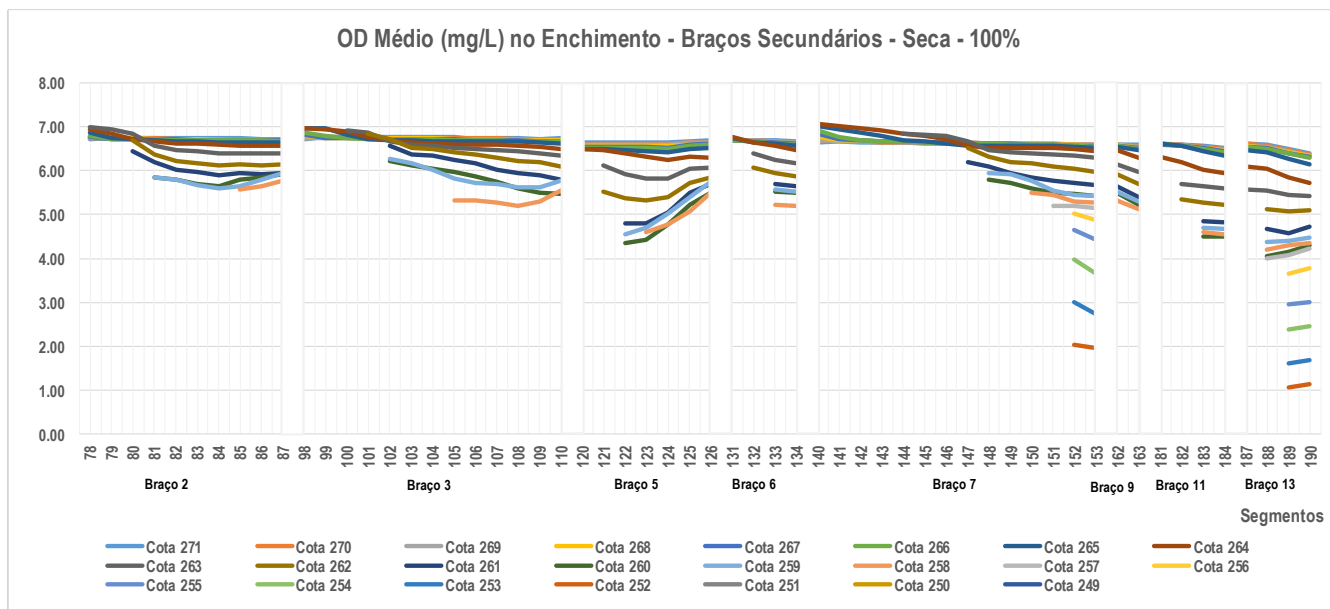
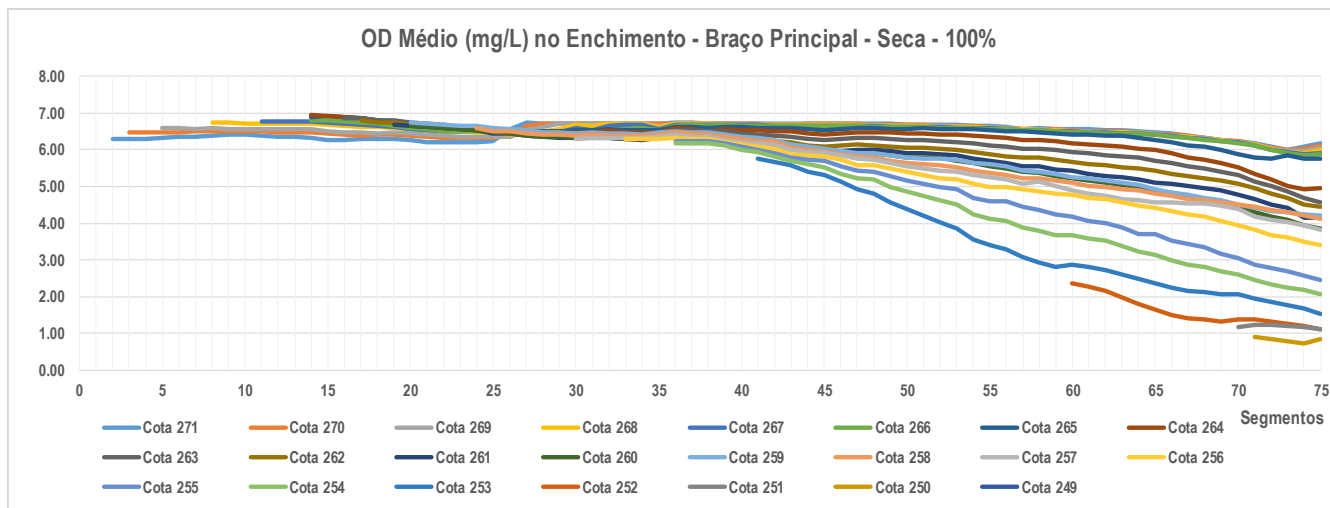


Ilustração 7-15 – Teores médios de OD ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 100% de desmatamento.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

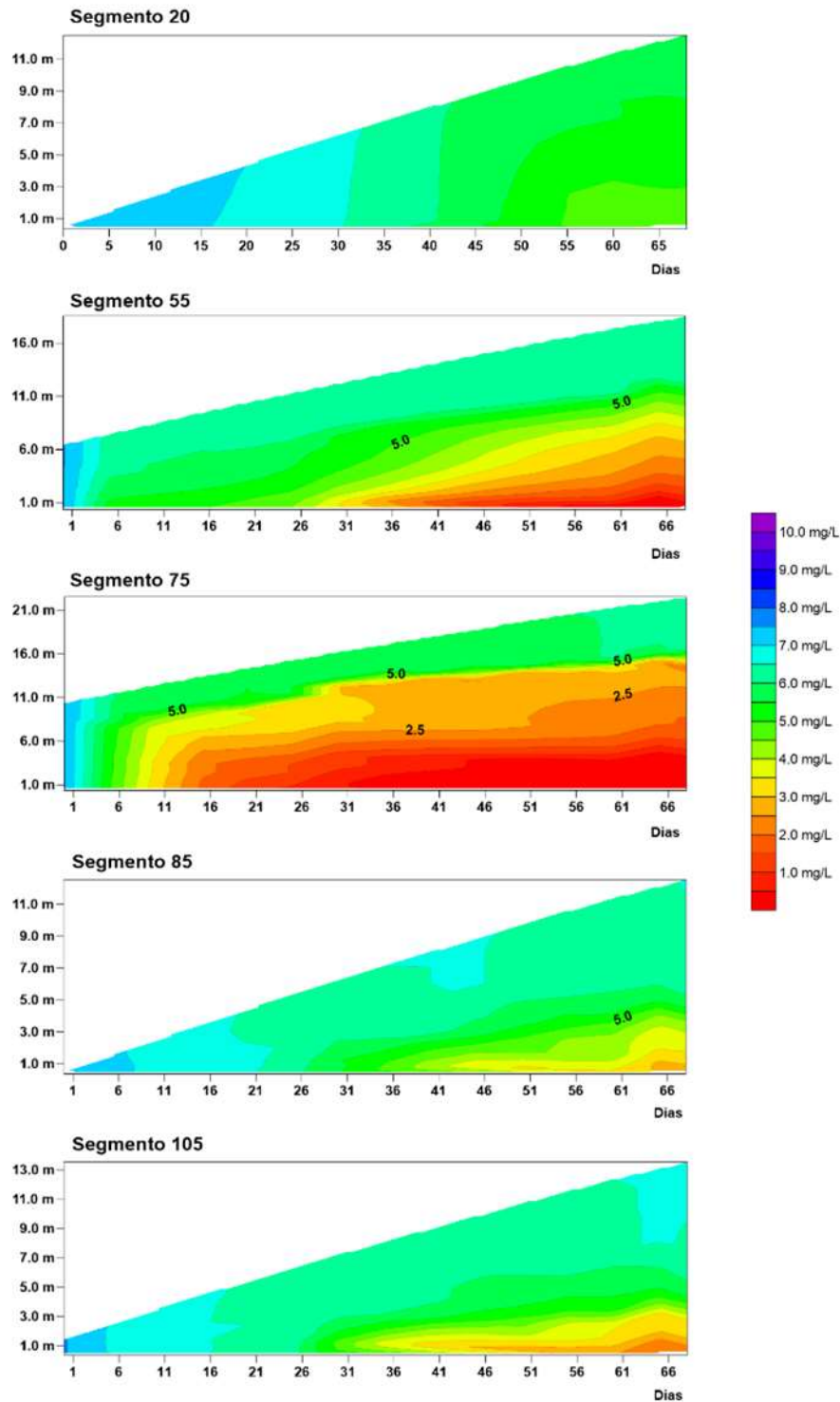


Ilustração 7-16 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

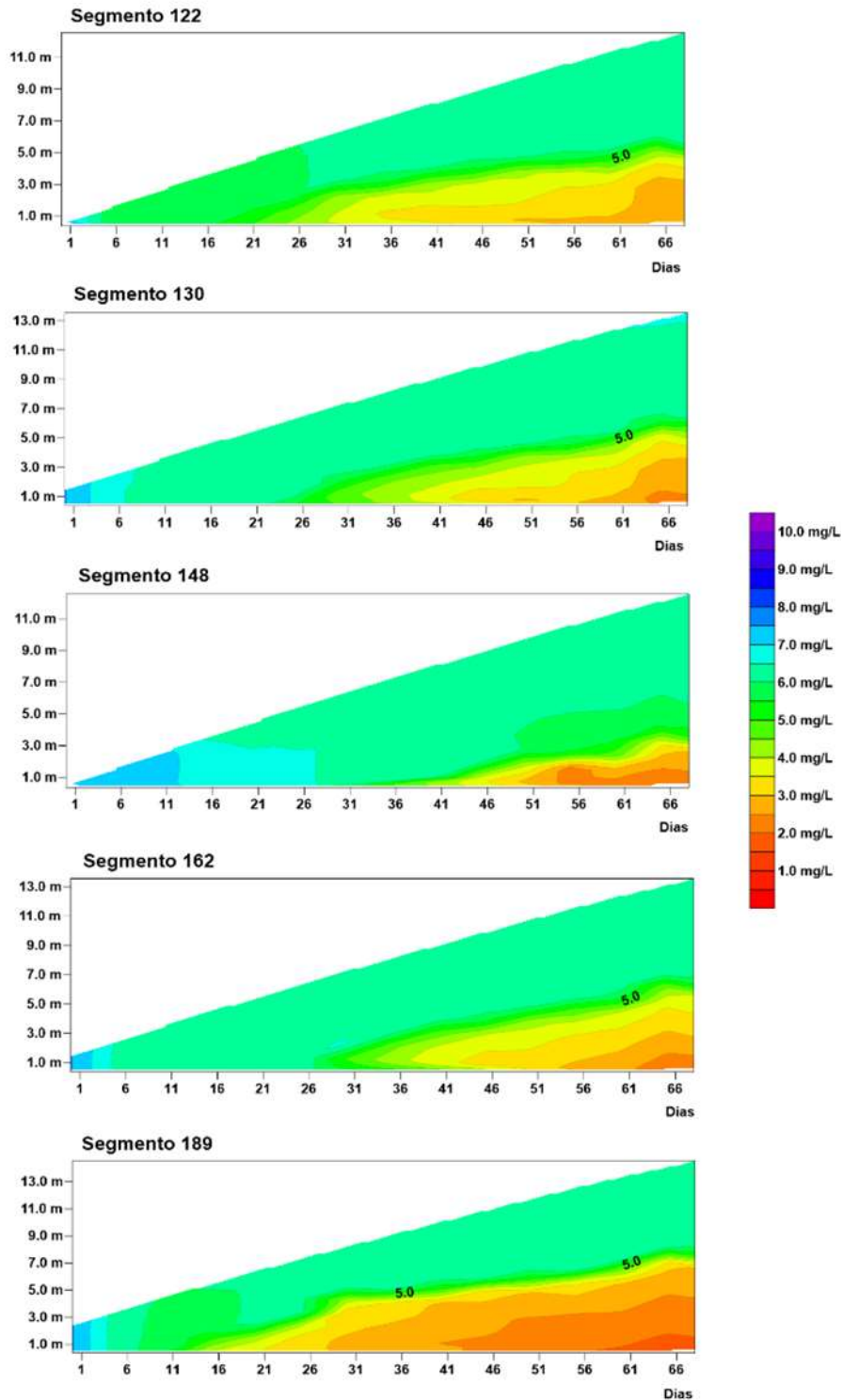


Ilustração 7-17 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

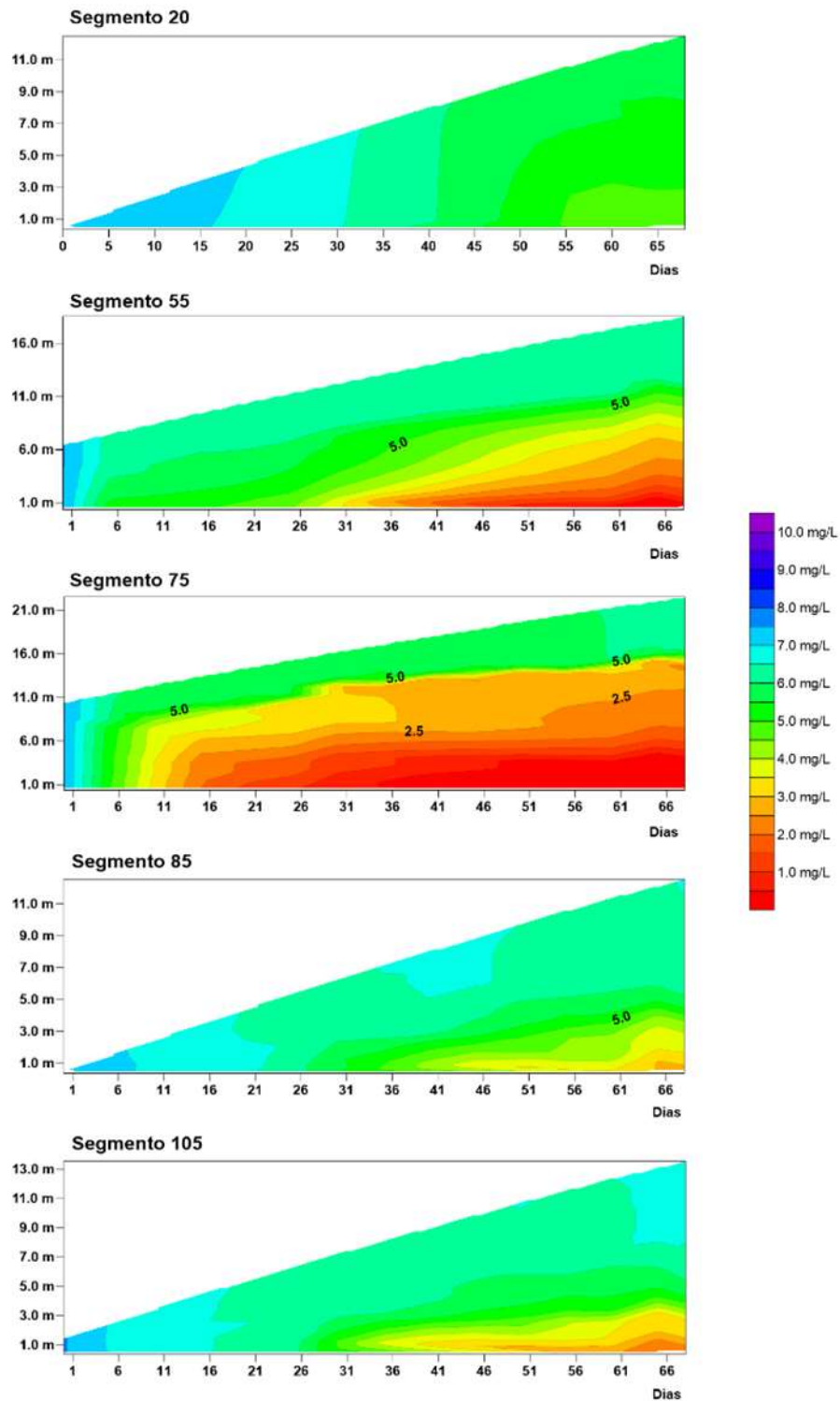


Ilustração 7-18 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

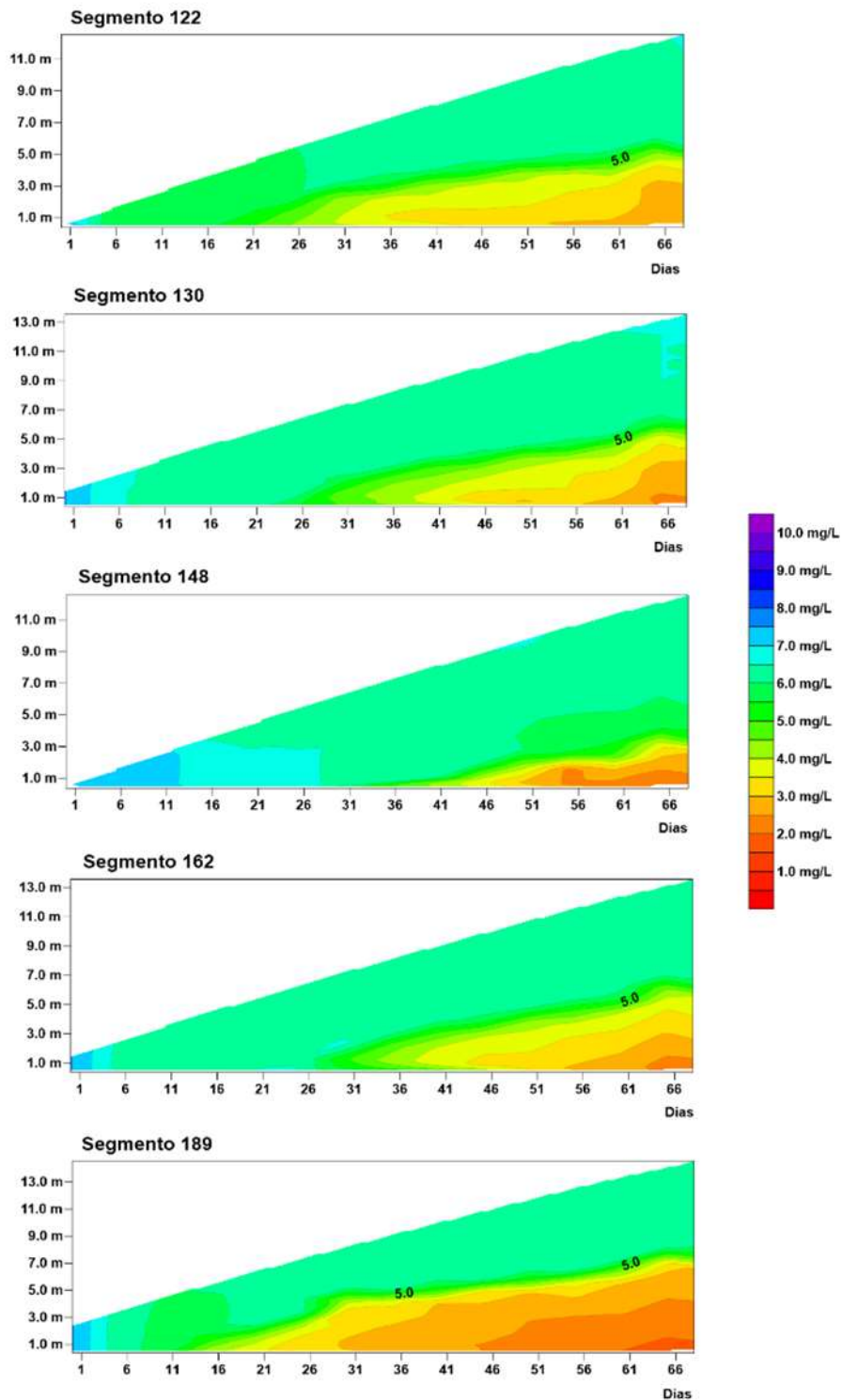


Ilustração 7-19 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 60% - SECA

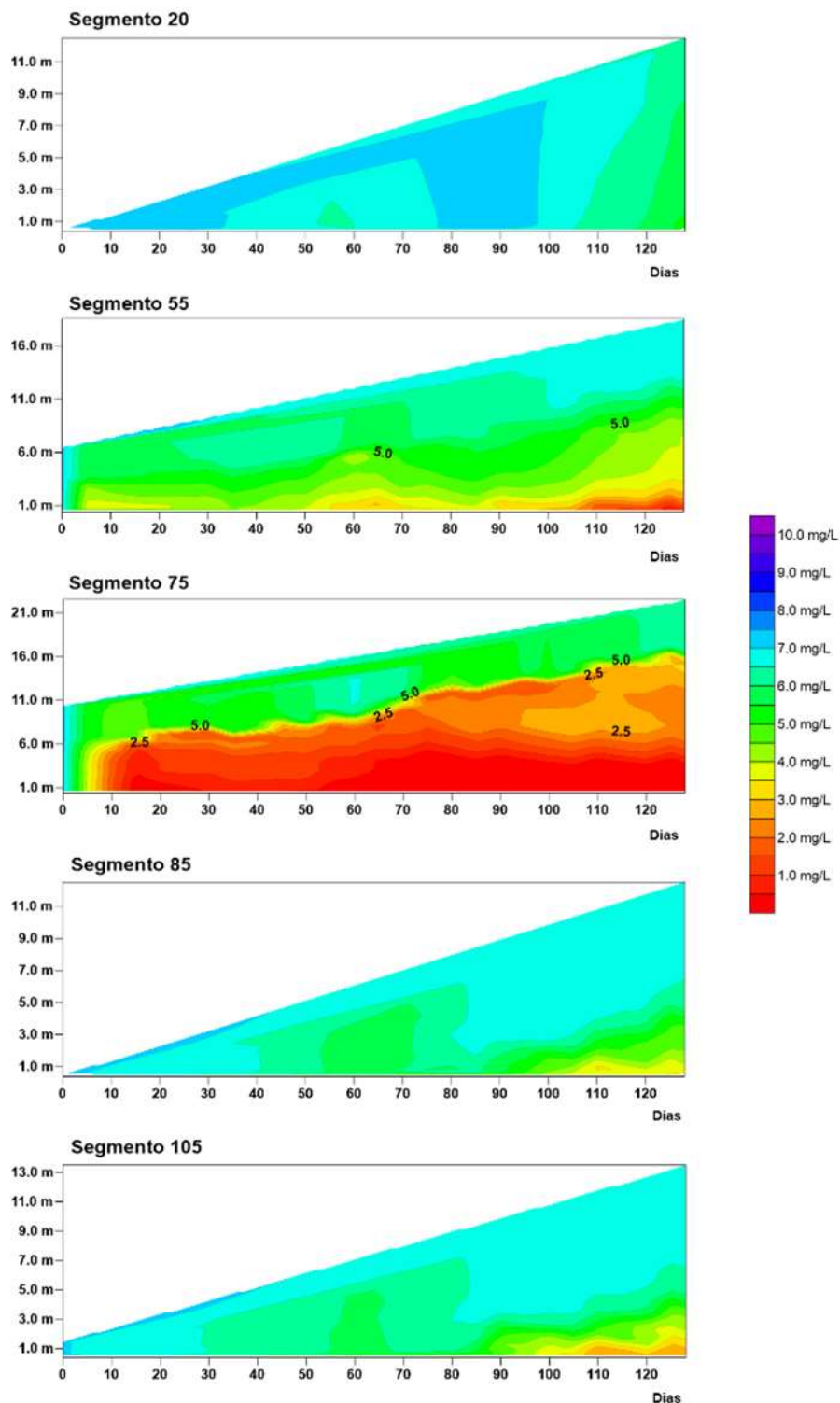


Ilustração 7-20 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 60% - SECA

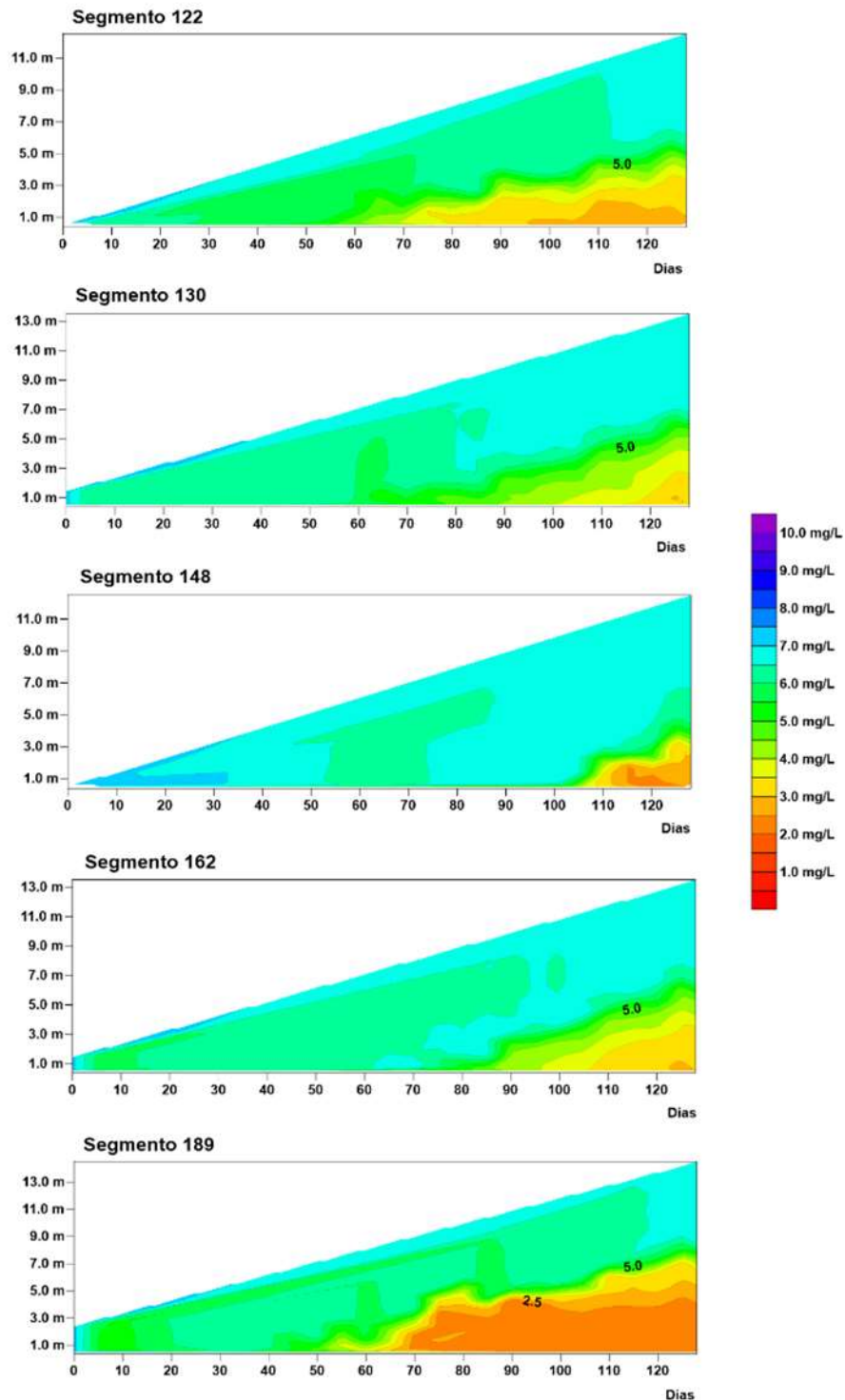


Ilustração 7-21 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 75% - SECA

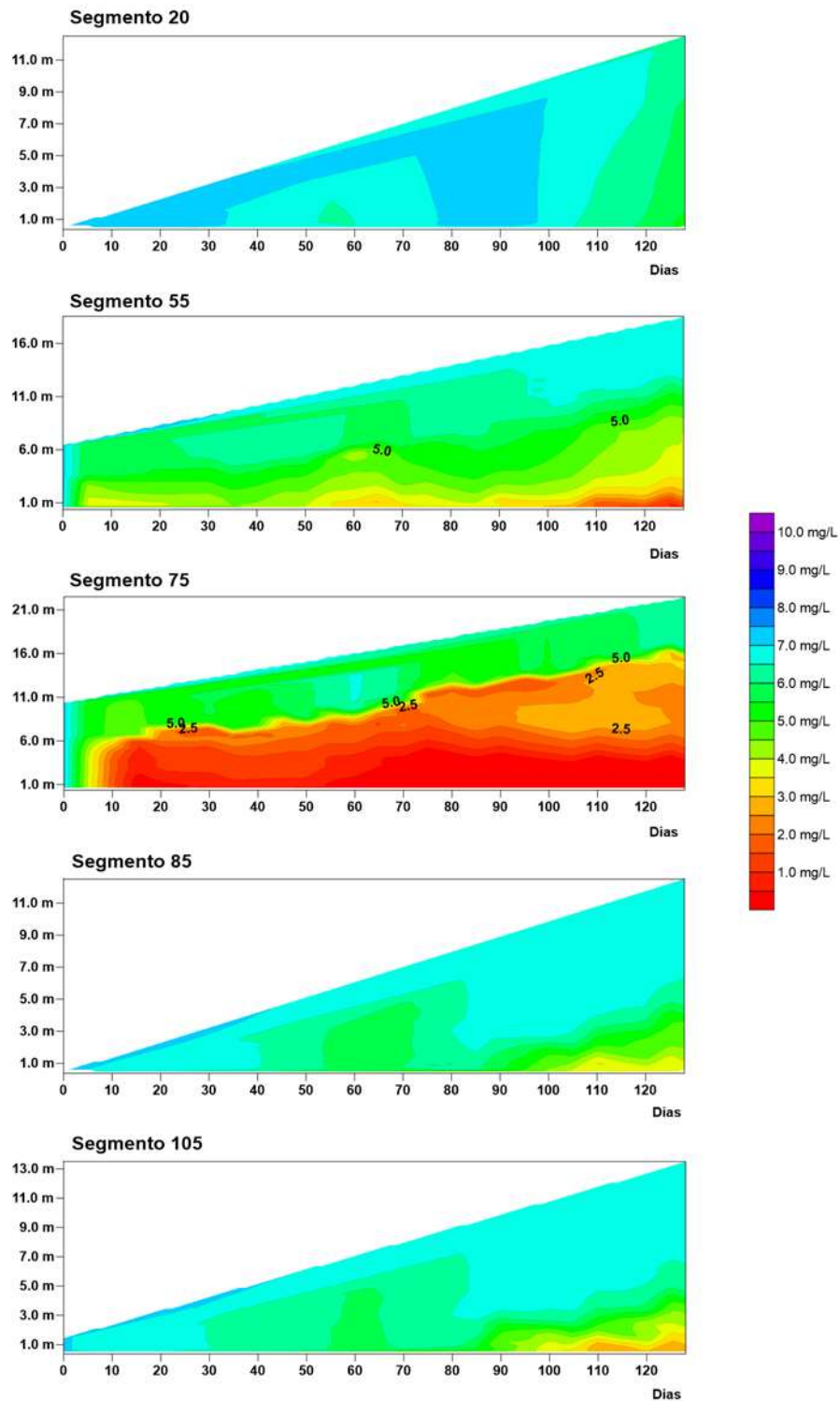


Ilustração 7-22 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - ENCHIMENTO - 75% - SECA

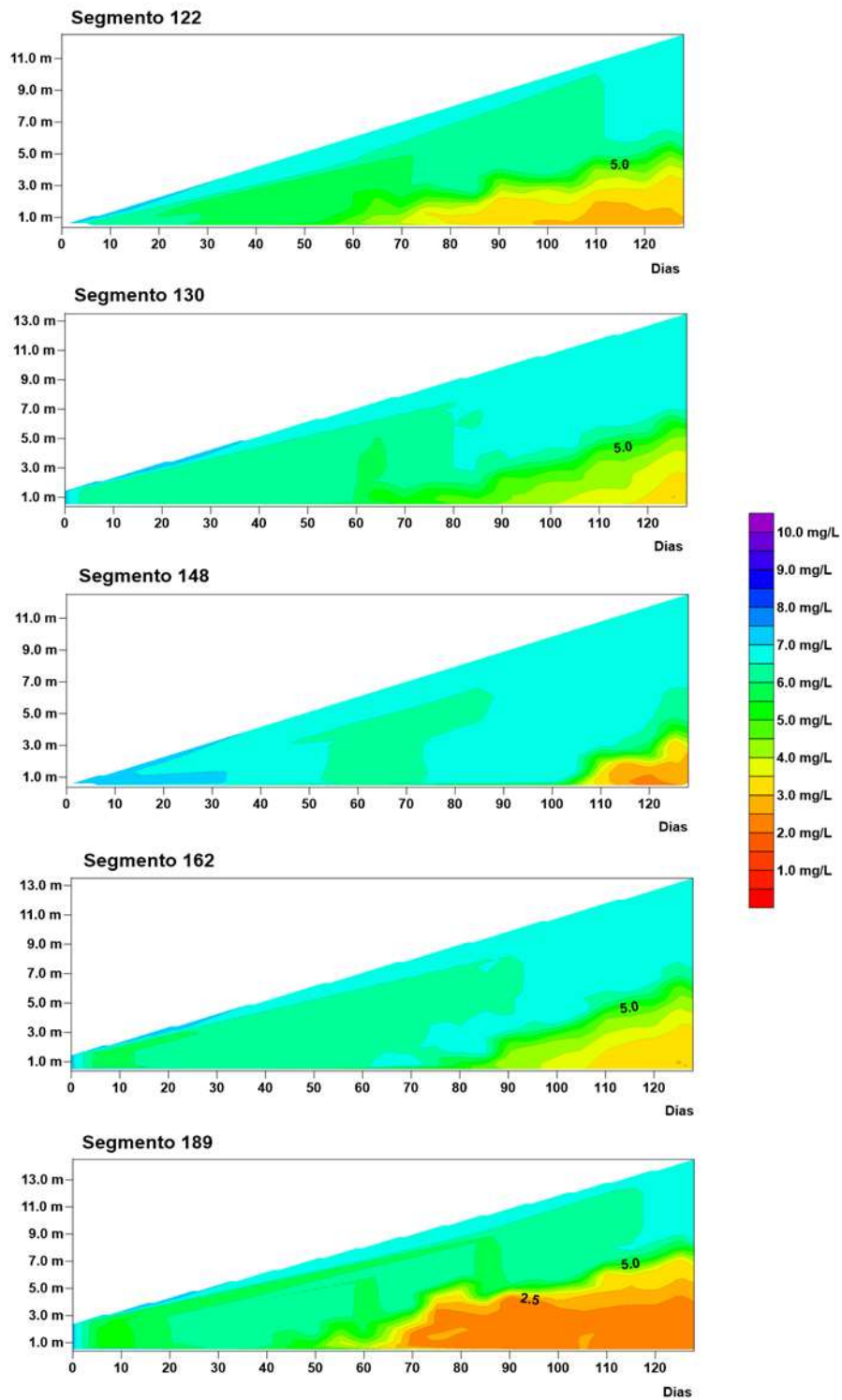


Ilustração 7-23 – Variação do OD ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

7.1.3 DBO

Da Ilustração 7-24 a Ilustração 7-27 são apresentados os resultados quanto aos teores médios de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ao longo do sistema durante o processo de enchimento do reservatório Canto do Rio no período de Cheia, enquanto que da Ilustração 7-28 a Ilustração 7-31 os resultados para o período de Seca.

No período de Cheia, os teores médios de DBO apresentam-se mais elevados nas camadas mais profundas, diminuindo gradualmente conforme aumentam as cotas. No cenário com 0% de desmatamento os teores médios de DBO variam entre 2,0 mg/L superficialmente a 4,8 mg/L em torno da cota 259 m. Conforme aumenta o percentual de remoção da vegetação os teores de DBO tendem a reduzir-se, verificando-se no cenário com 100% de desmatamento uma redução da ordem de 1,5 mg/L em relação ao cenário sem desmatamento, frente as condições de contorno adotadas.

No período de Seca o comportamento é semelhante ao período de cheia, embora verifique-se um processo mais intenso de estratificação da variável, notadamente, no braço principal a partir do segmento 25, onde ocorre um alargamento mais efetivo das seções transversais e aprofundamento do reservatório. A diferença entre os maiores valores médios de DBO nos cenários com zero de desmatamento e 100% de desmate é da ordem de 0,7 mg/L, associado aos valores de 5,1 mg/L e 4,4 mg/L junto a camada 259 m. Os braços secundários apresentam comportamento semelhante ao braço principal quanto a variação da variável.

Da Ilustração 7-32 a Ilustração 7-39 são apresentadas as variações da DBO ao longo de seções de controle do sistema nos períodos de Cheia e Seca quanto ao início do enchimento do reservatório associadas aos cenários de 60% e 75% de desmatamento simulados.

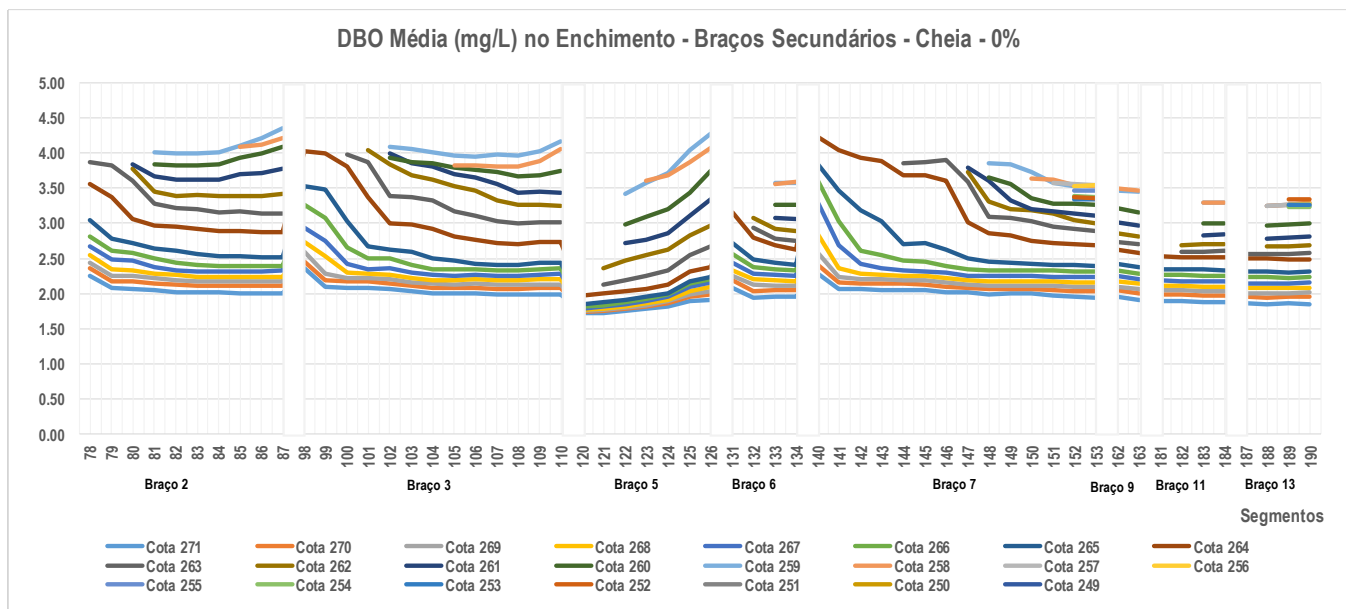
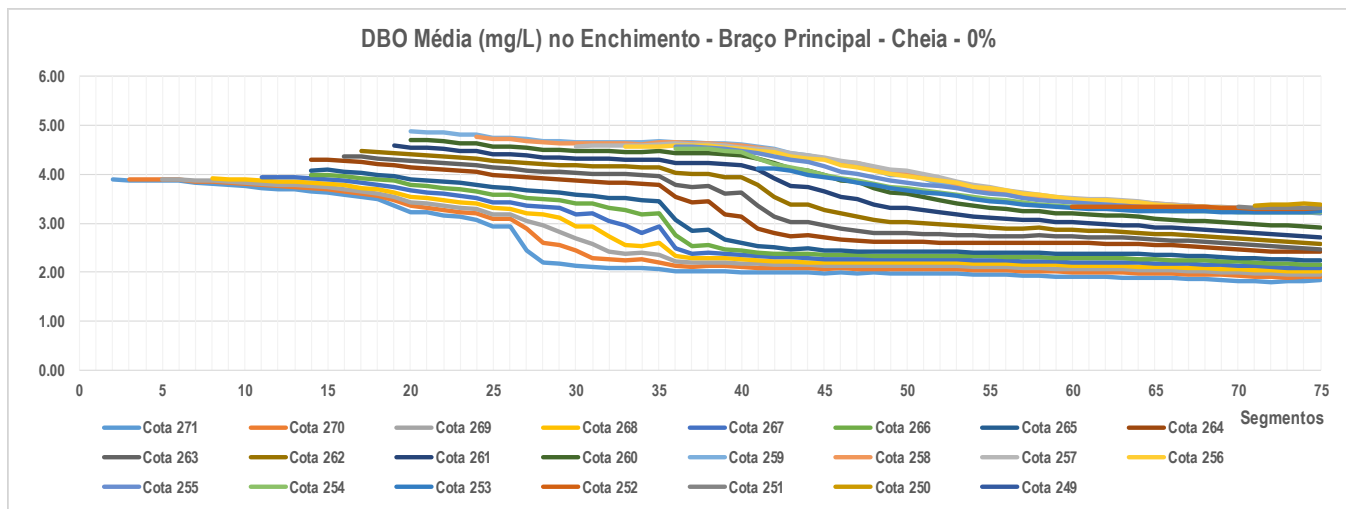


Ilustração 7-24 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 0% de desmatamento.

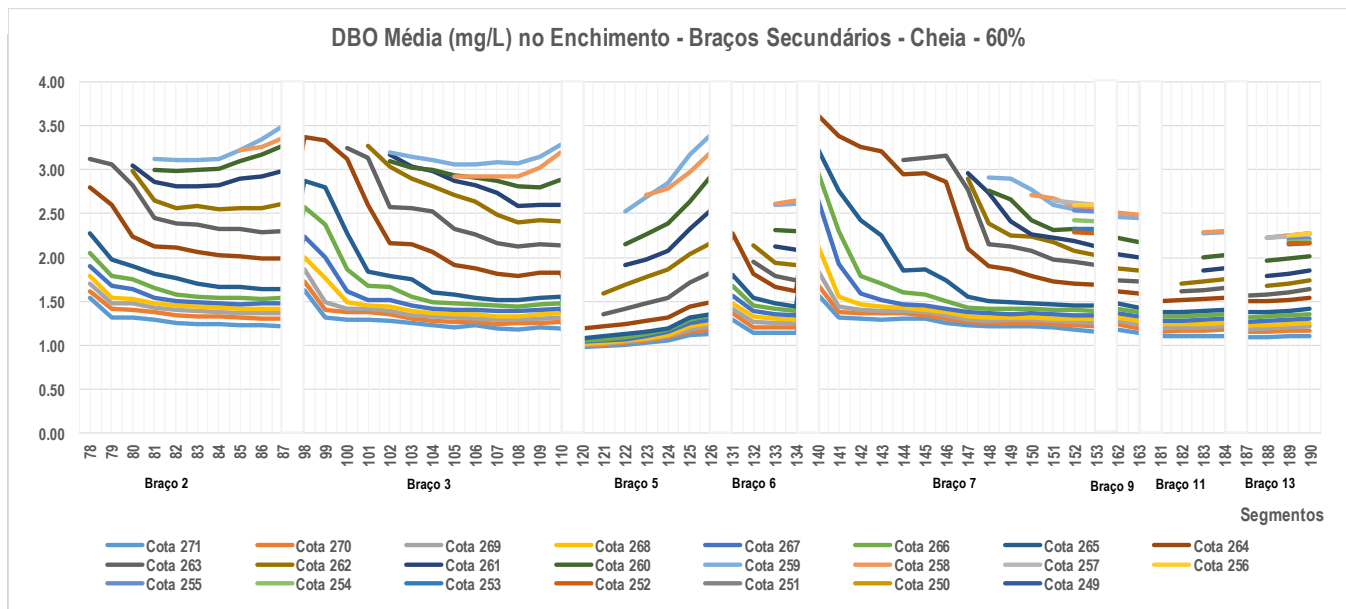
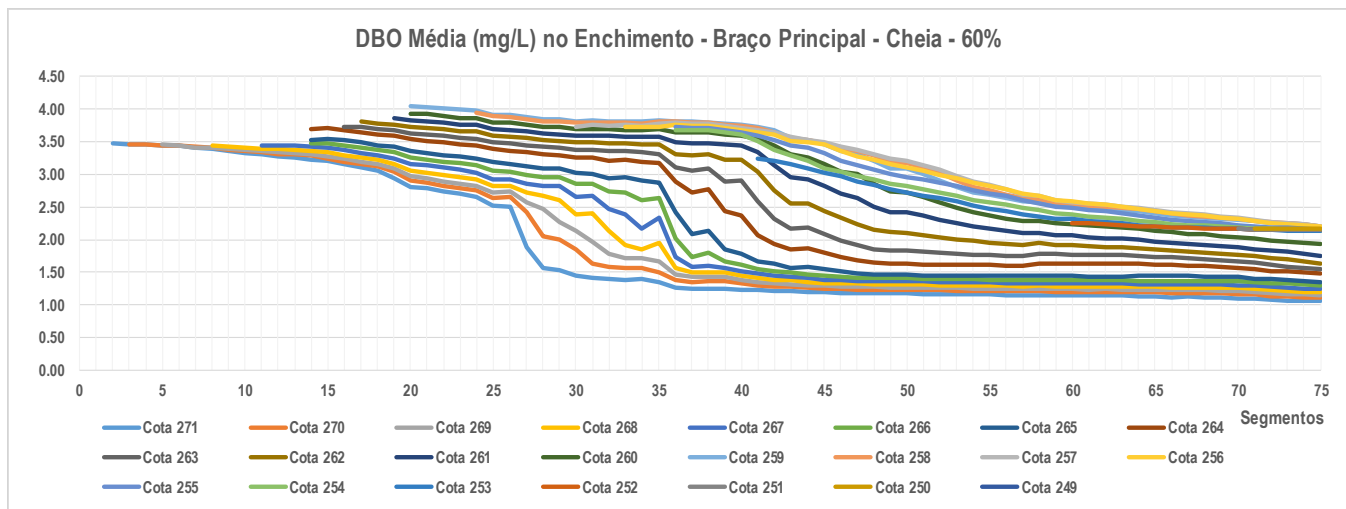


Ilustração 7-25 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 60% de desmatamento.

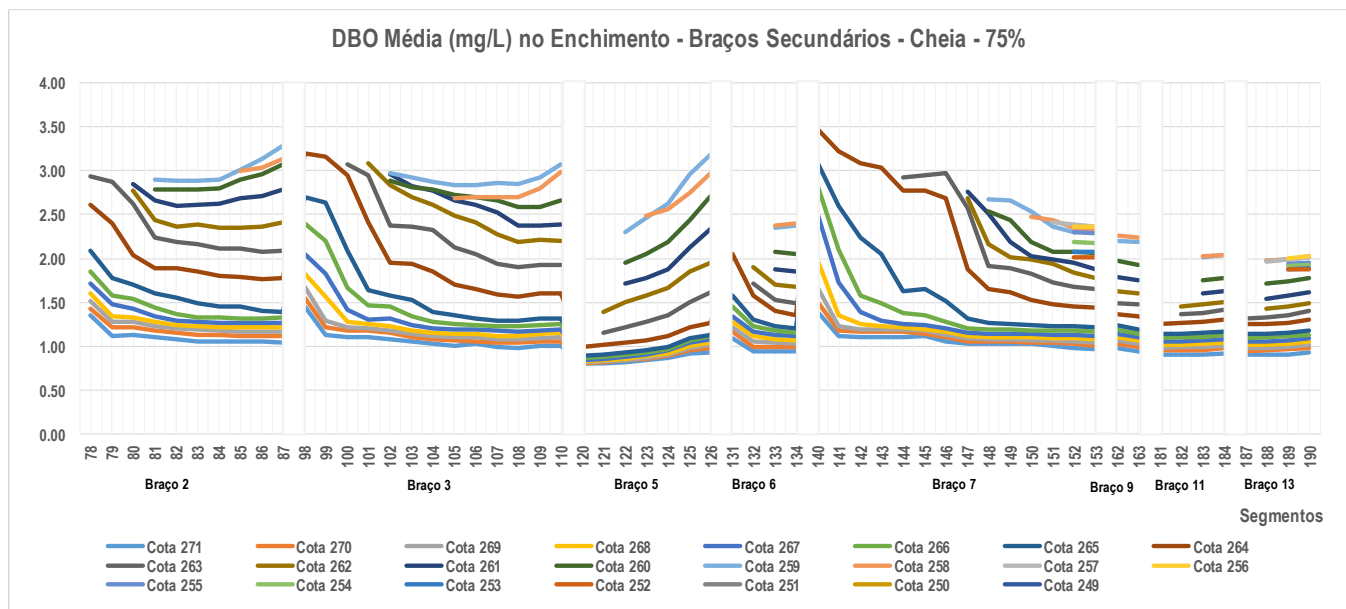
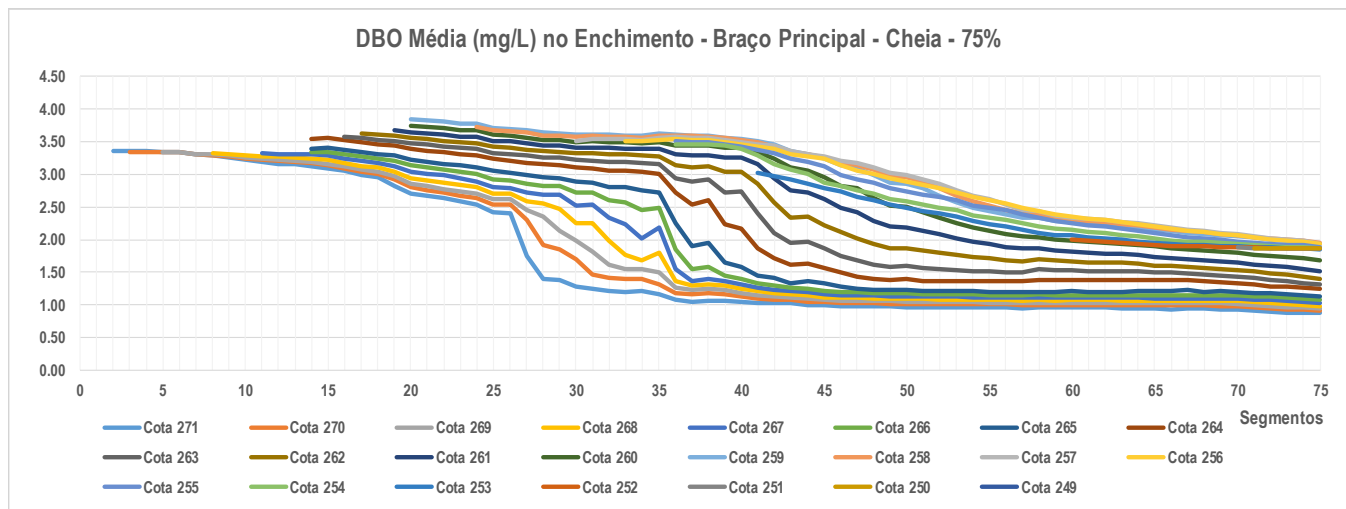


Ilustração 7-26 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 75% de desmatamento.

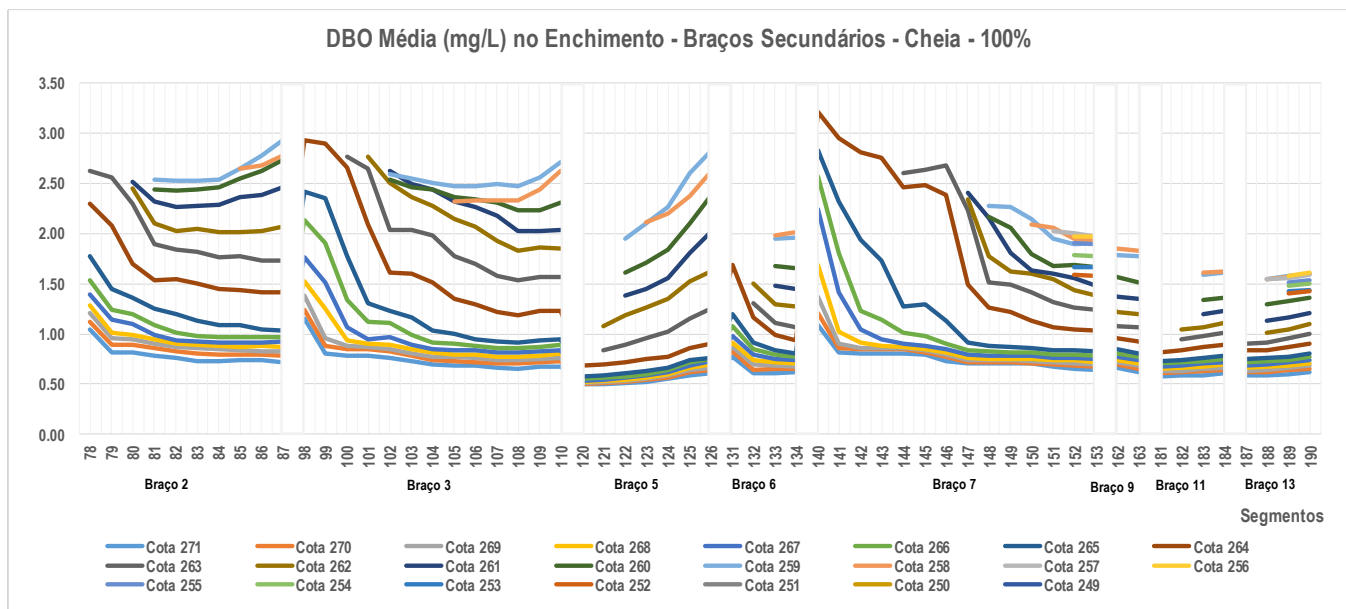
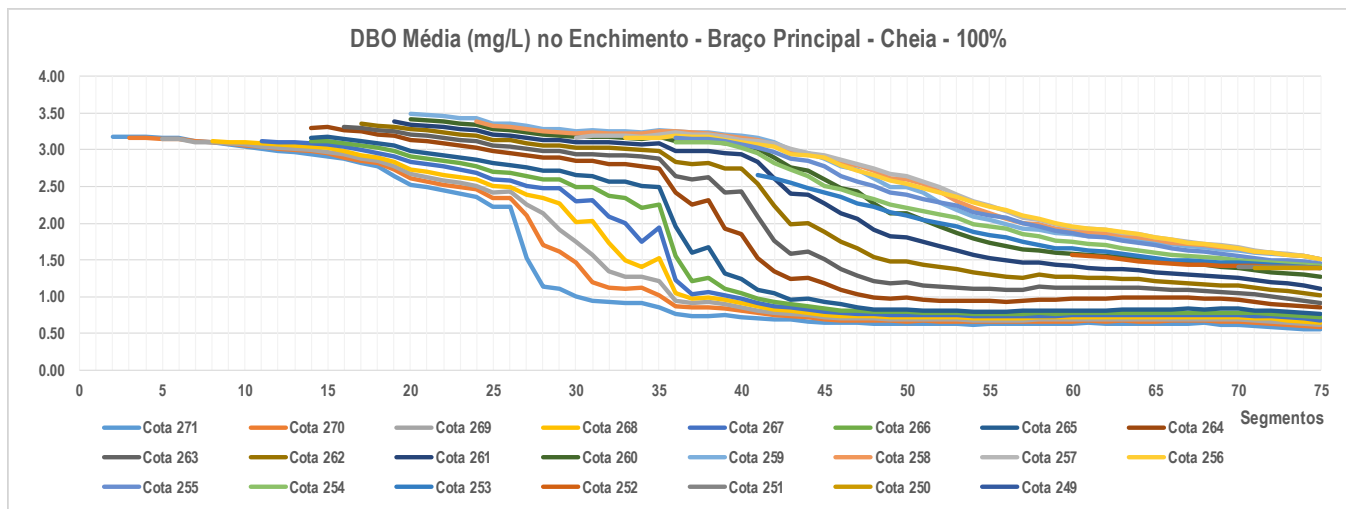


Ilustração 7-27 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 100% de desmatamento.

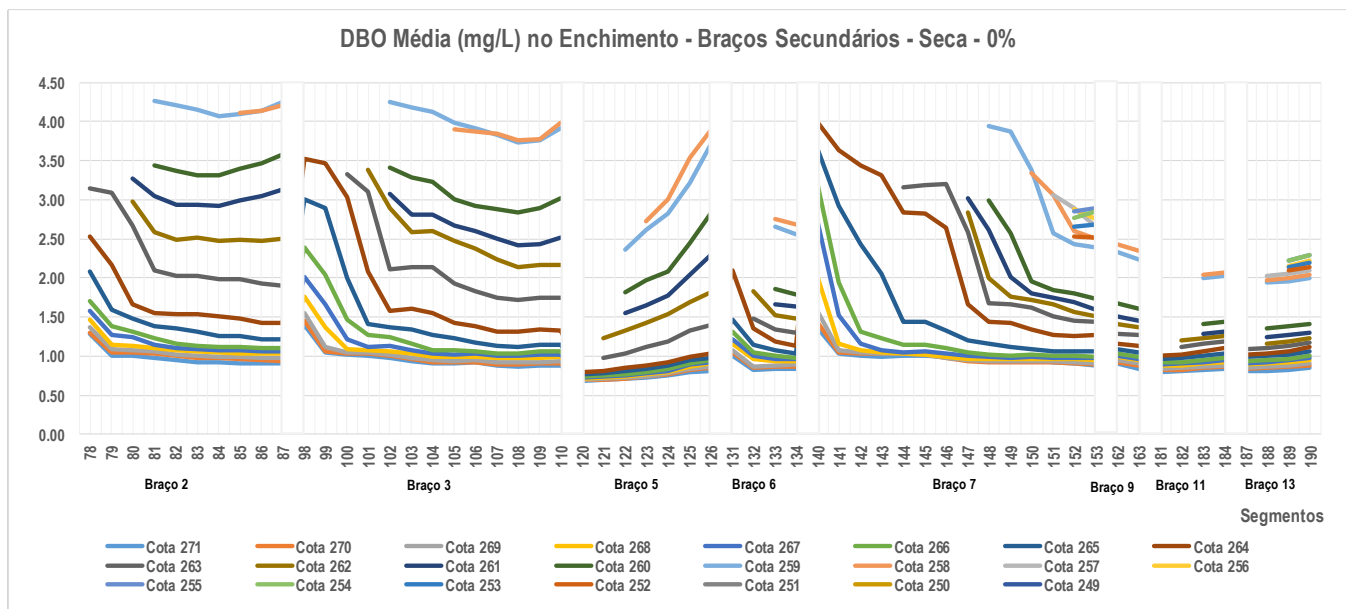
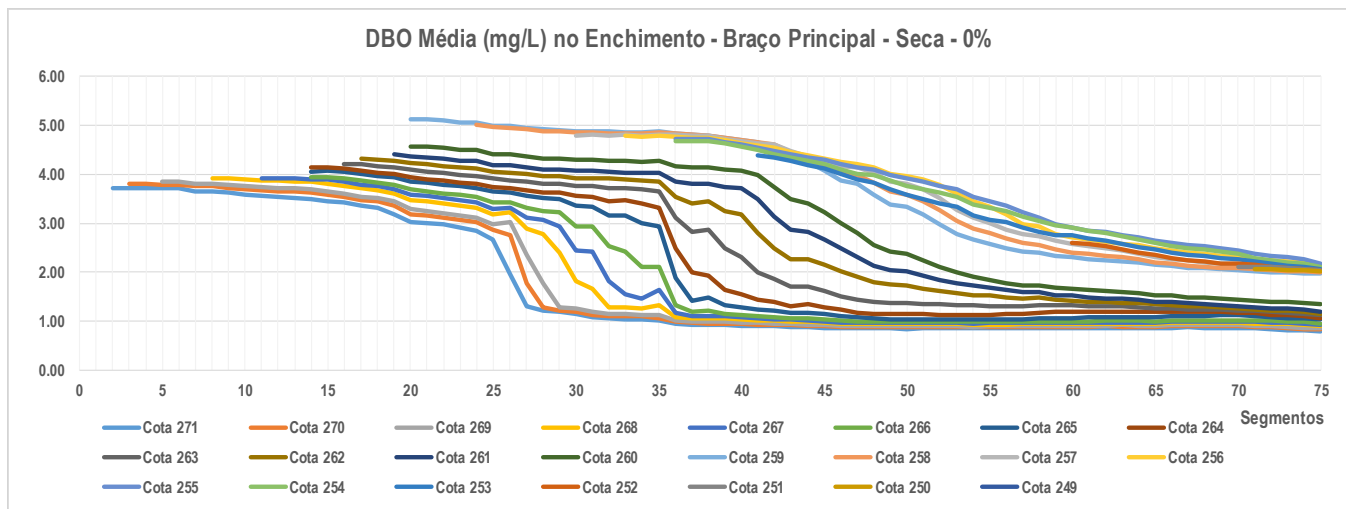


Ilustração 7-28 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 0% de desmatamento.

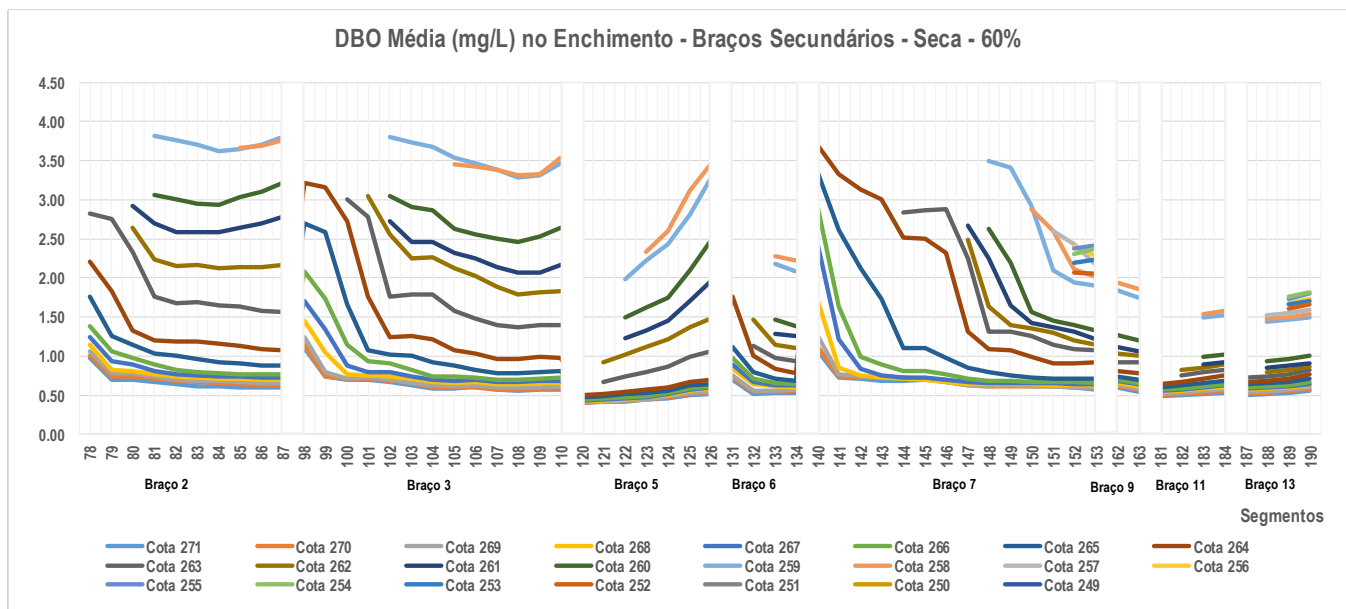
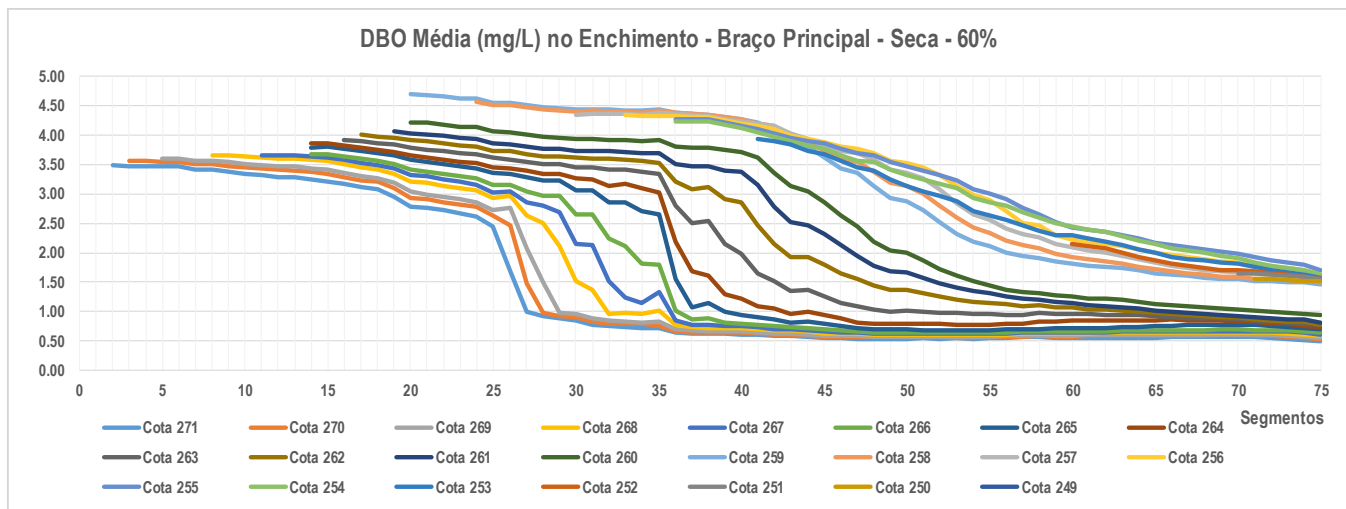


Ilustração 7-29 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 60% de desmatamento.

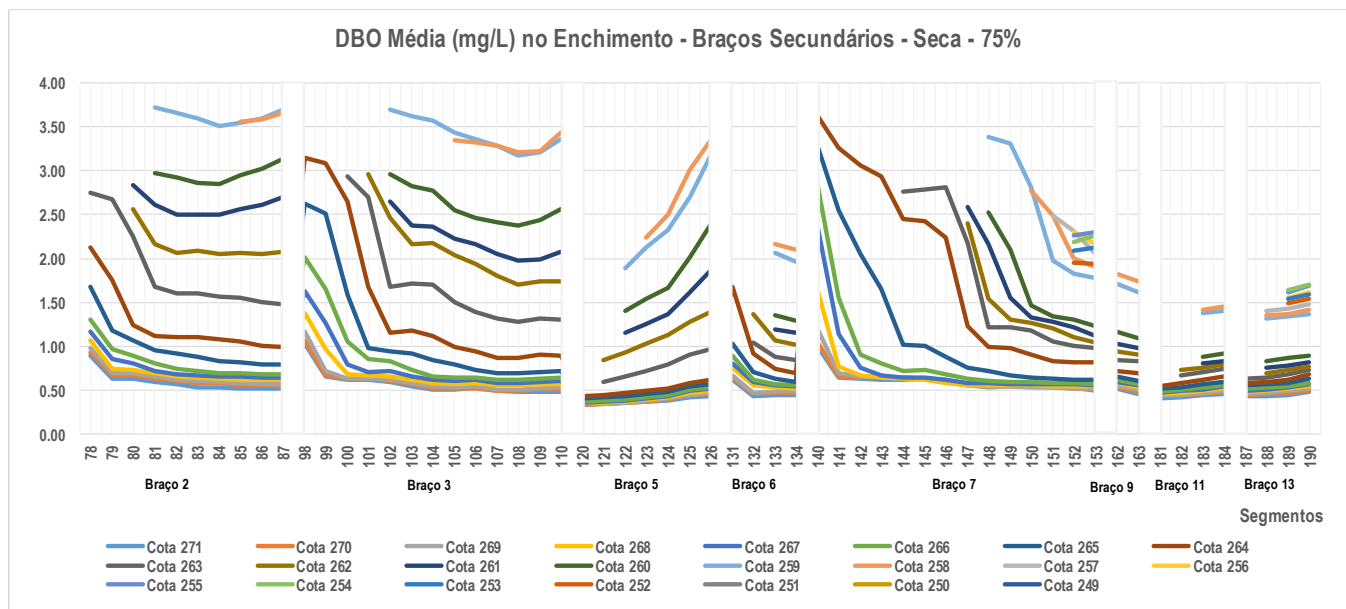
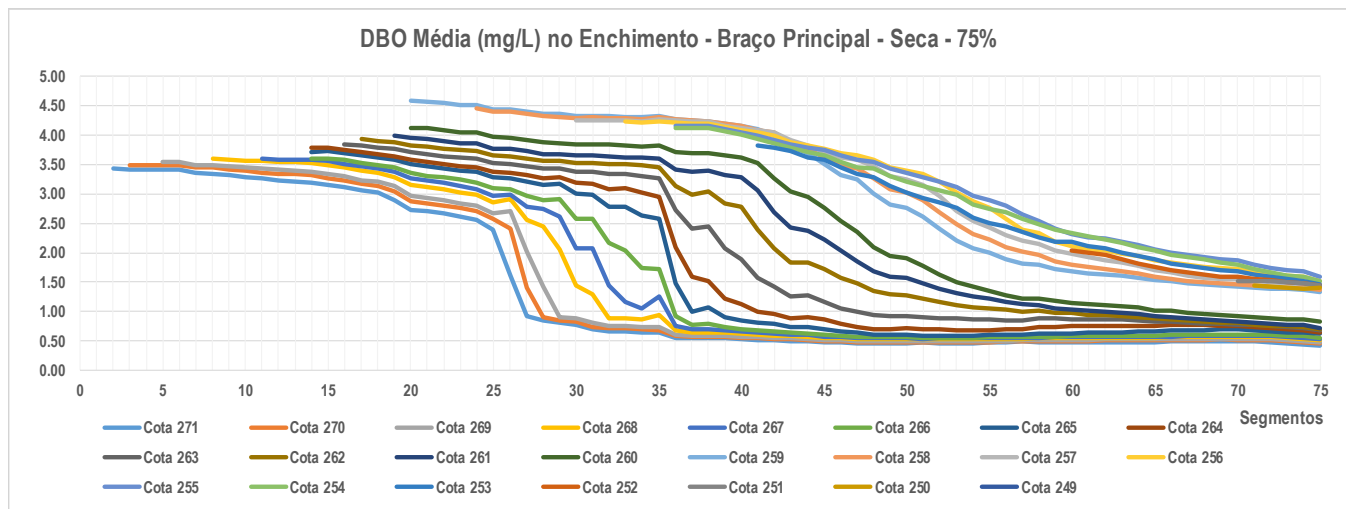


Ilustração 7-30 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 75% de desmatamento.

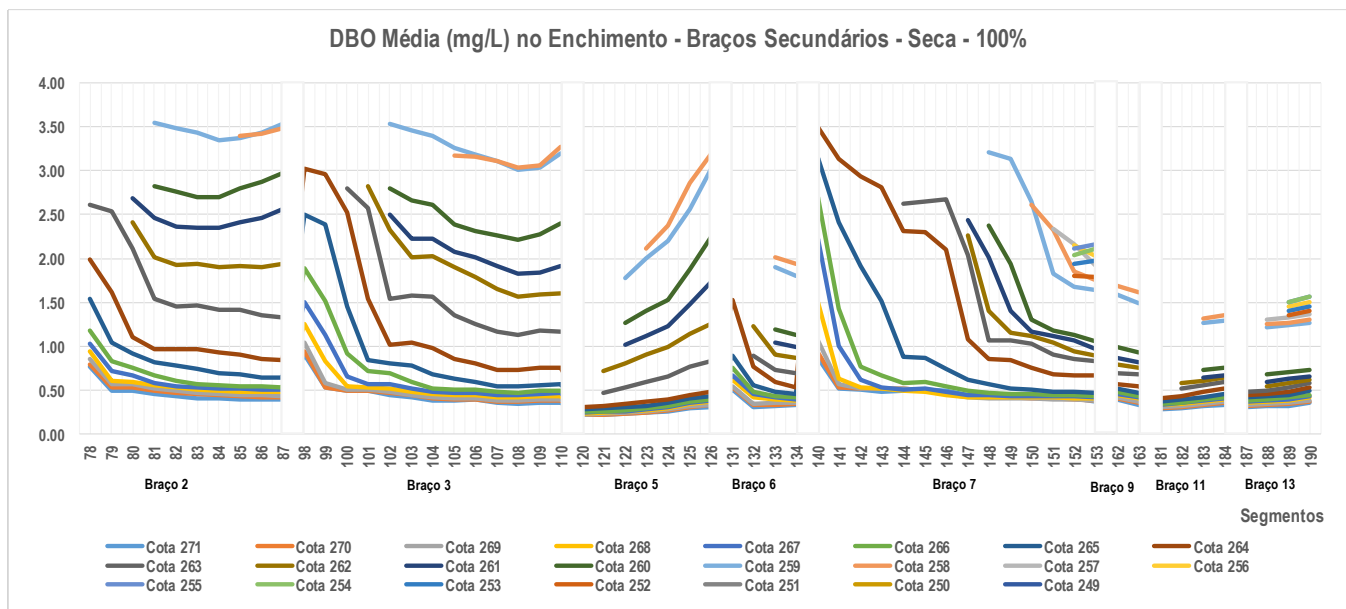
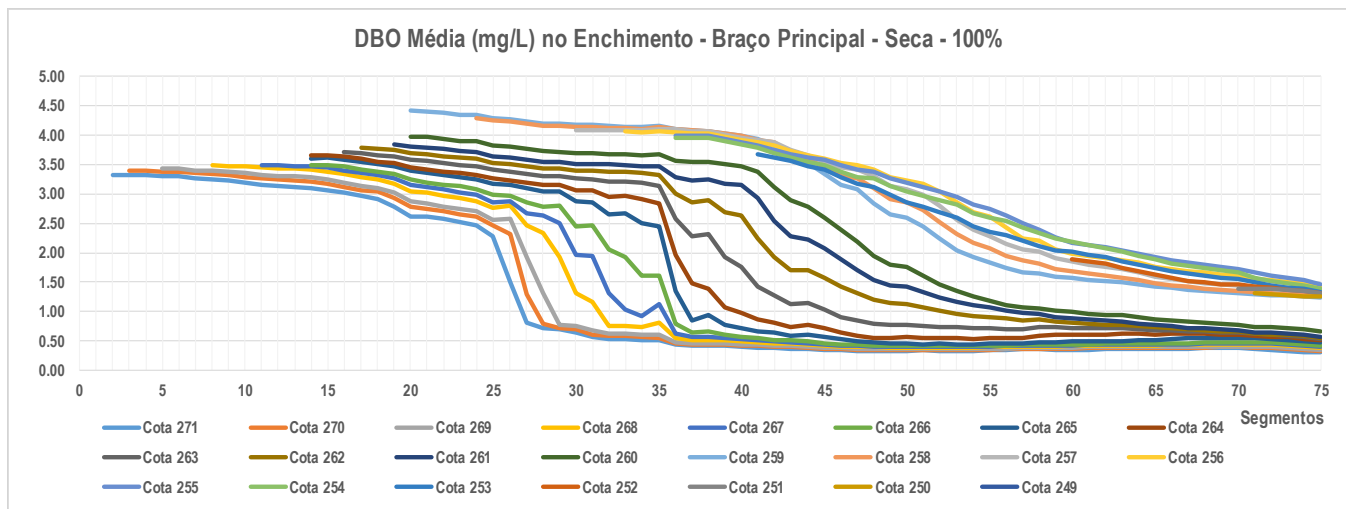


Ilustração 7-31 – Teores médios de DBO ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 100% de desmatamento.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

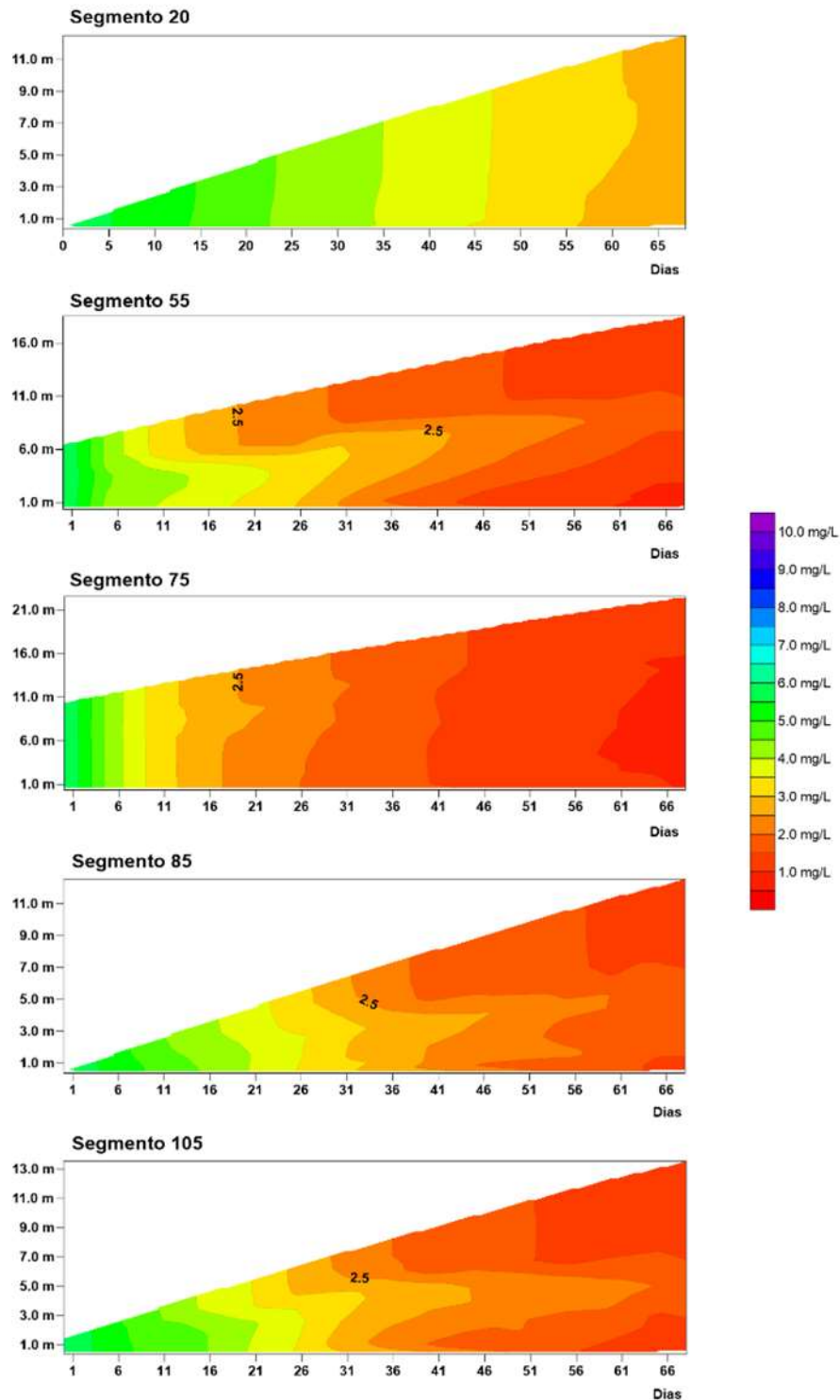


Ilustração 7-32 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

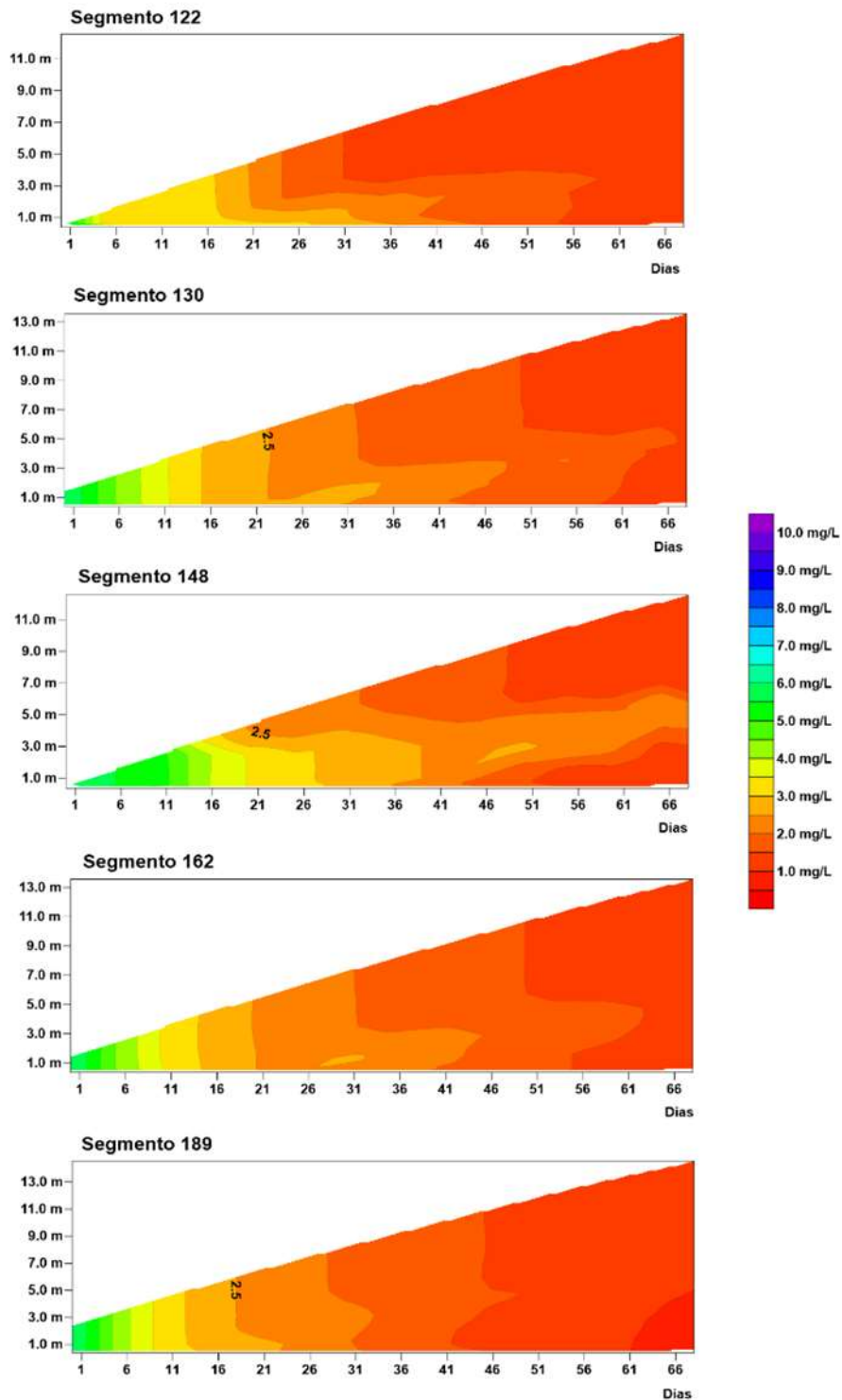


Ilustração 7-33 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

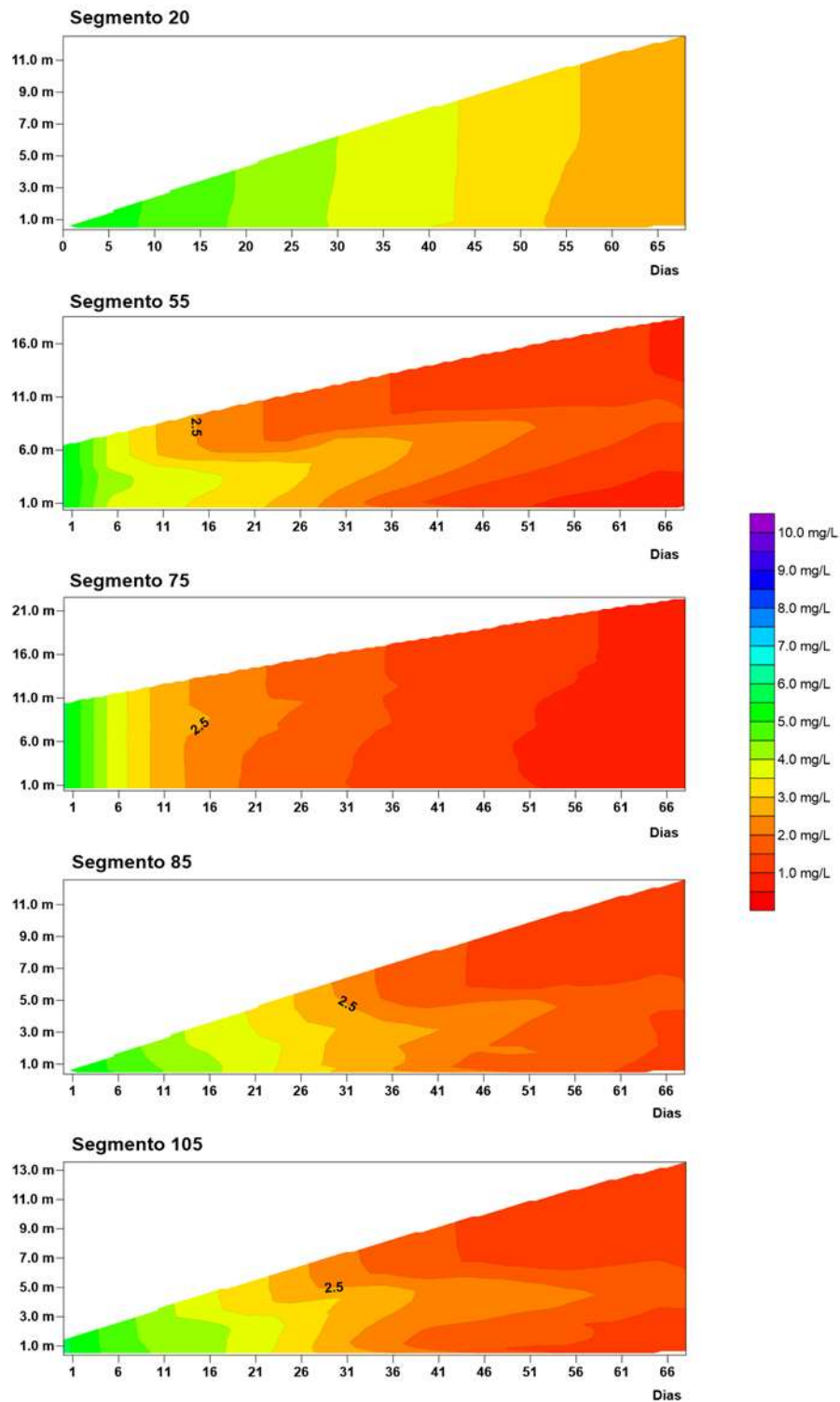


Ilustração 7-34 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

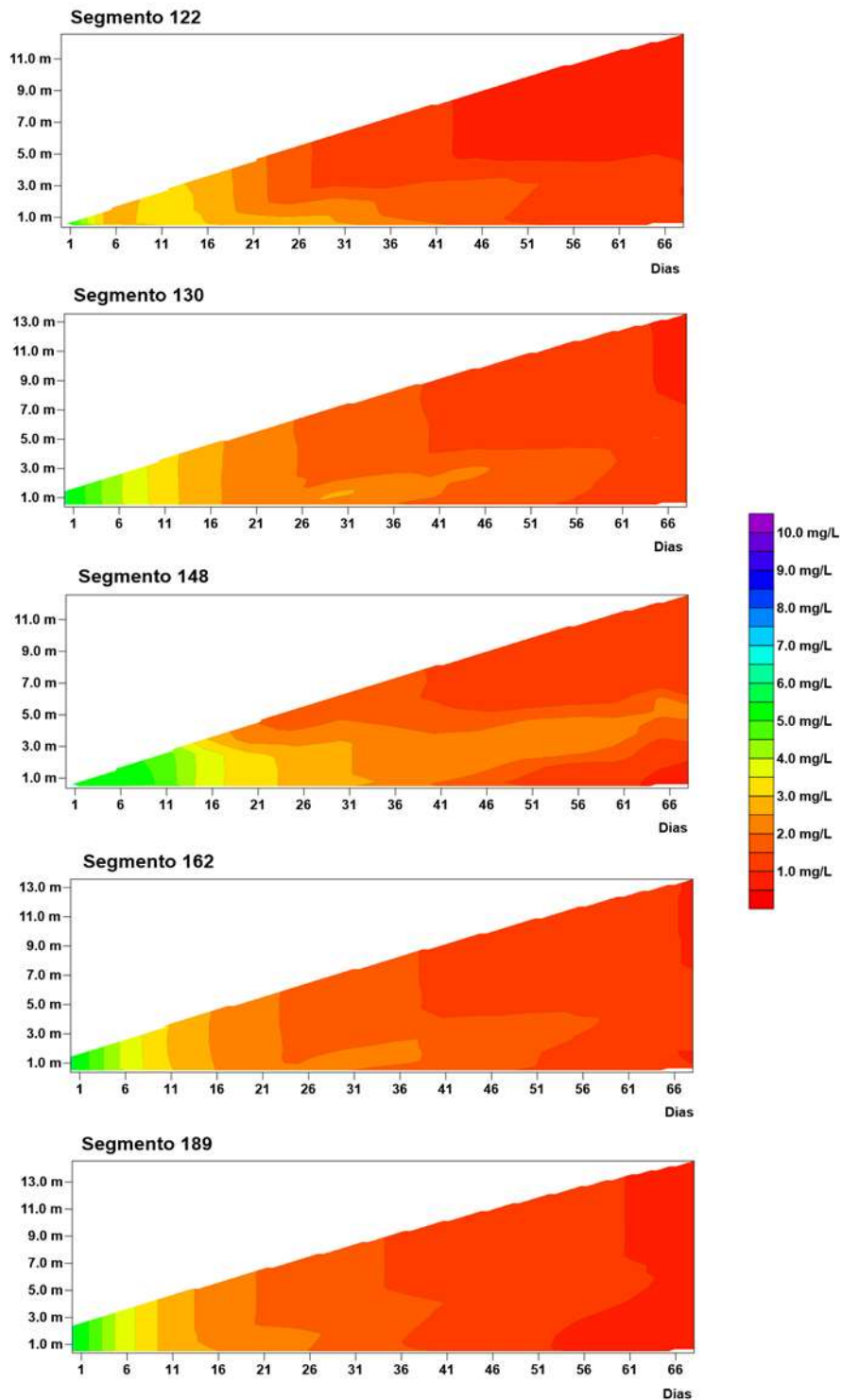


Ilustração 7-35 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 60% - SECA

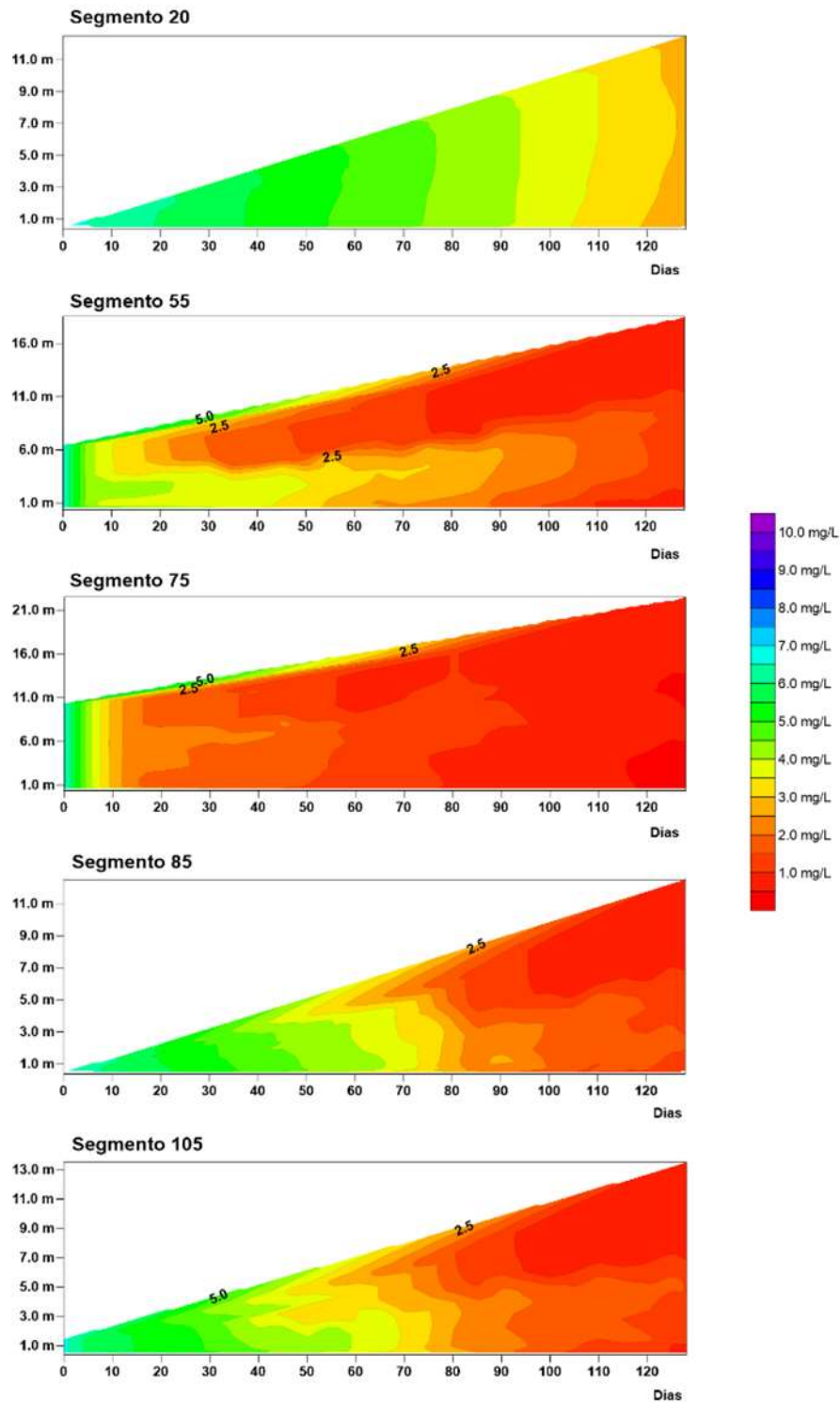


Ilustração 7-36 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 60% - SECA

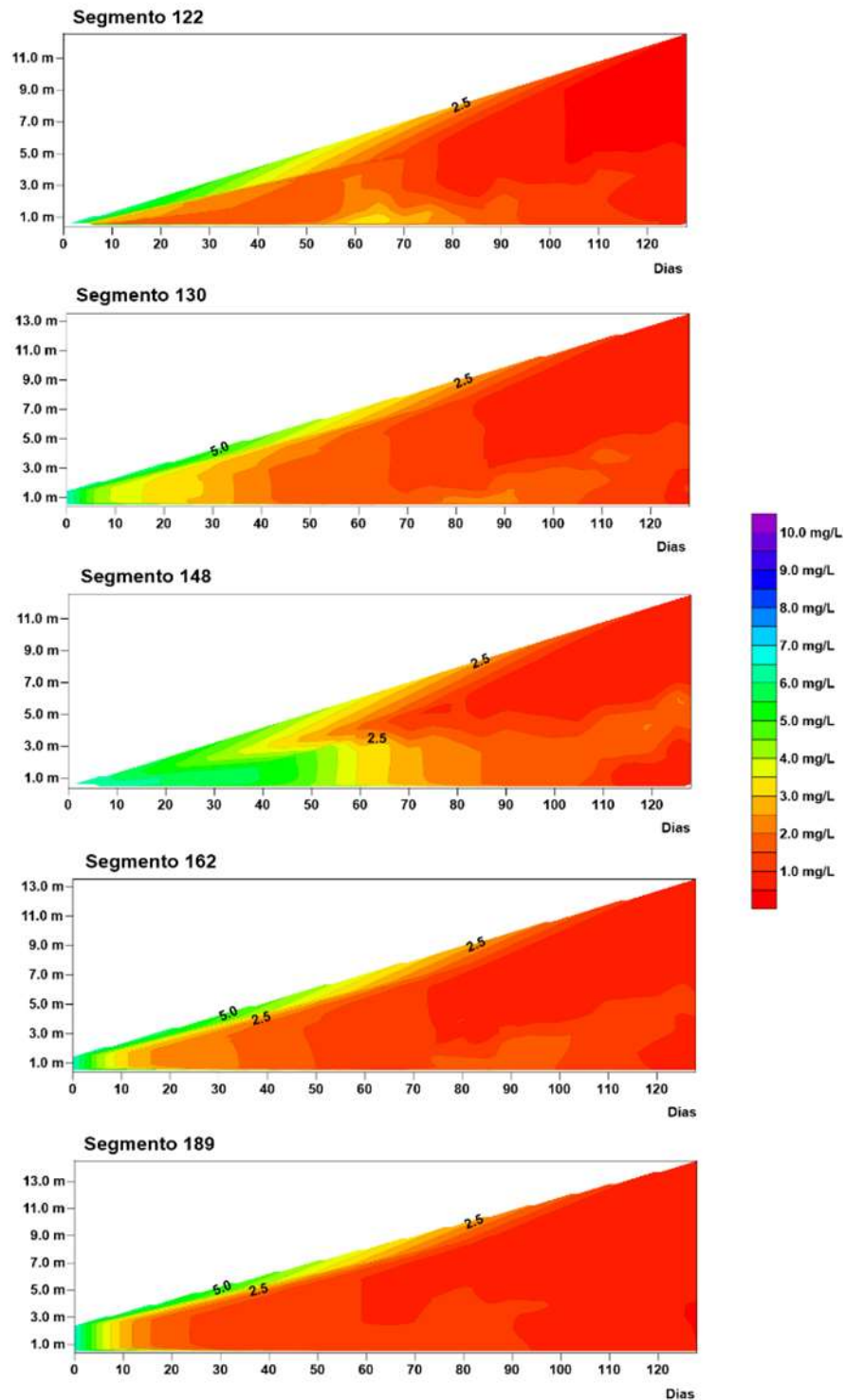


Ilustração 7-37 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 75% - SECA

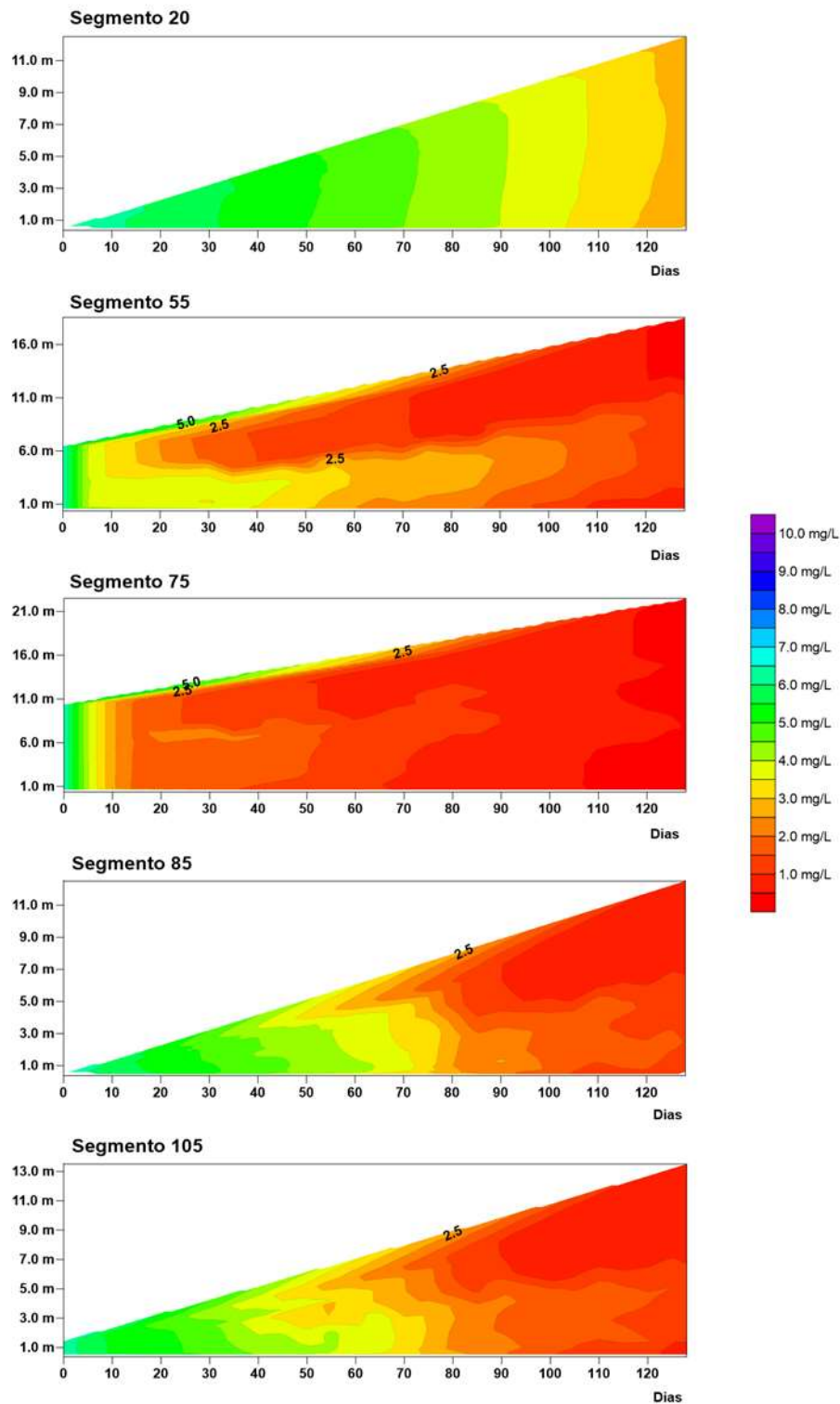


Ilustração 7-38 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - ENCHIMENTO - 75% - SECA

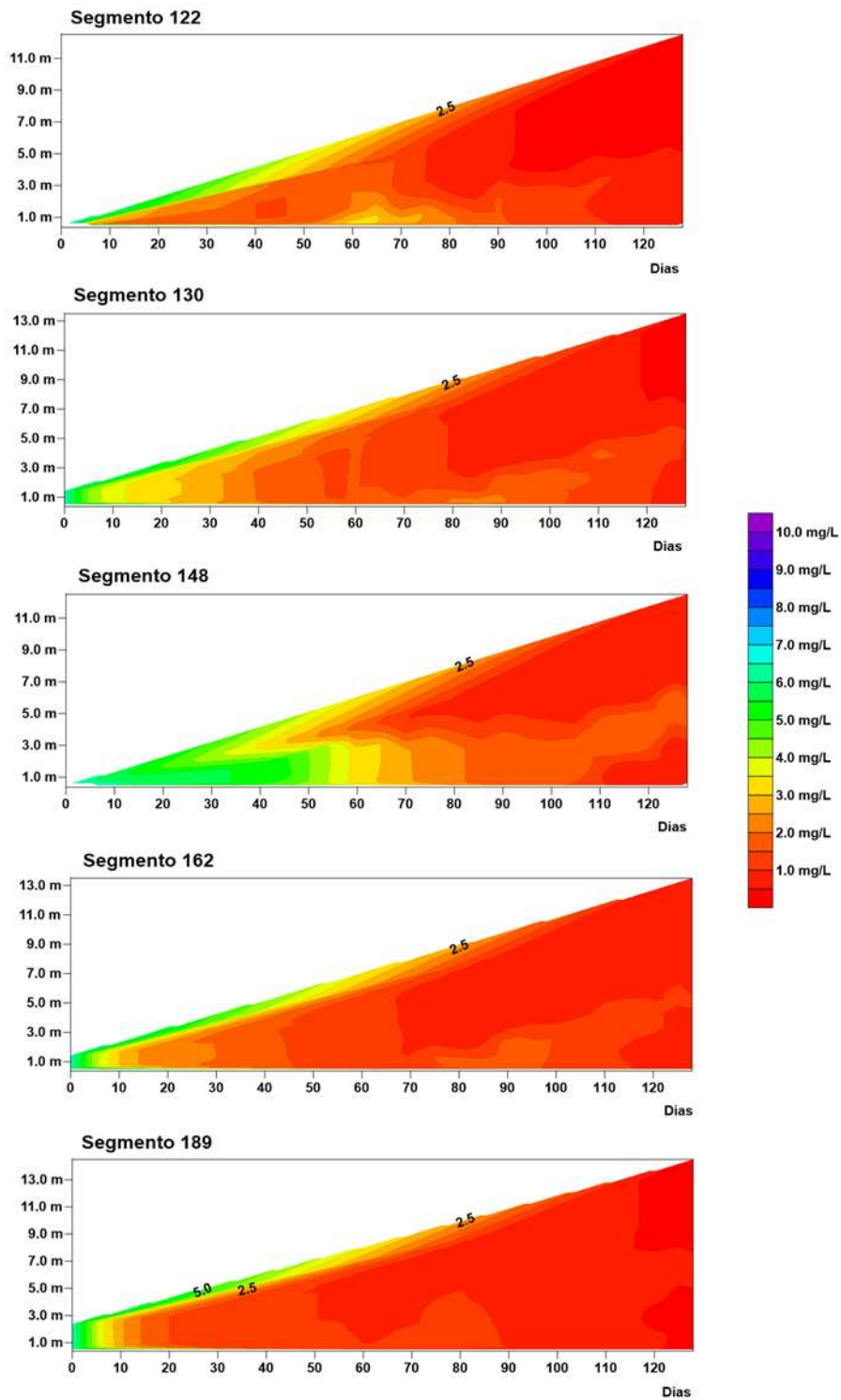


Ilustração 7-39 – Variação da DBO ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

7.1.4 Nitrogênio Amoniacal

Da Ilustração 7-40 a Ilustração 7-43 são apresentados os resultados quanto aos teores médios de Nitrogênio Amoniacal (N-Amoniacal) ao longo do sistema durante o processo de enchimento do reservatório Canto do Rio no período de Cheia, enquanto que da Ilustração 7-44 a Ilustração 7-47 os resultados para o período de Seca.

No período de Cheia, ao longo do braço principal verificam-se, de forma geral, teores mais elevados superficialmente até o segmento 35. Entre os segmentos 25 e 55 os teores de Nitrogênio amoniacal apresentam as maiores diferenças descrevendo este trecho como uma área de transição. A partir do segmento 55 os teores passam a serem mais elevados junto as camadas mais profundas, em função da estabilização da matéria orgânica. Nos cenários com zero e 100% de desmatamentos os teores médios mais elevados junto a camada mais profunda são da ordem de 0,57 mg/L e 0,53 mg/L respectivamente.

No período de Seca o comportamento é semelhante ao observado no período de Cheia, embora os valores médios associados aos cenários de desmatamento correlatos sejam levemente superiores, verificando-se nos cenários com zero e 100% de desmatamentos que os teores médios mais elevados, junto a camada mais profunda são da ordem de 0,71 mg/L e 0,70 mg/L respectivamente.

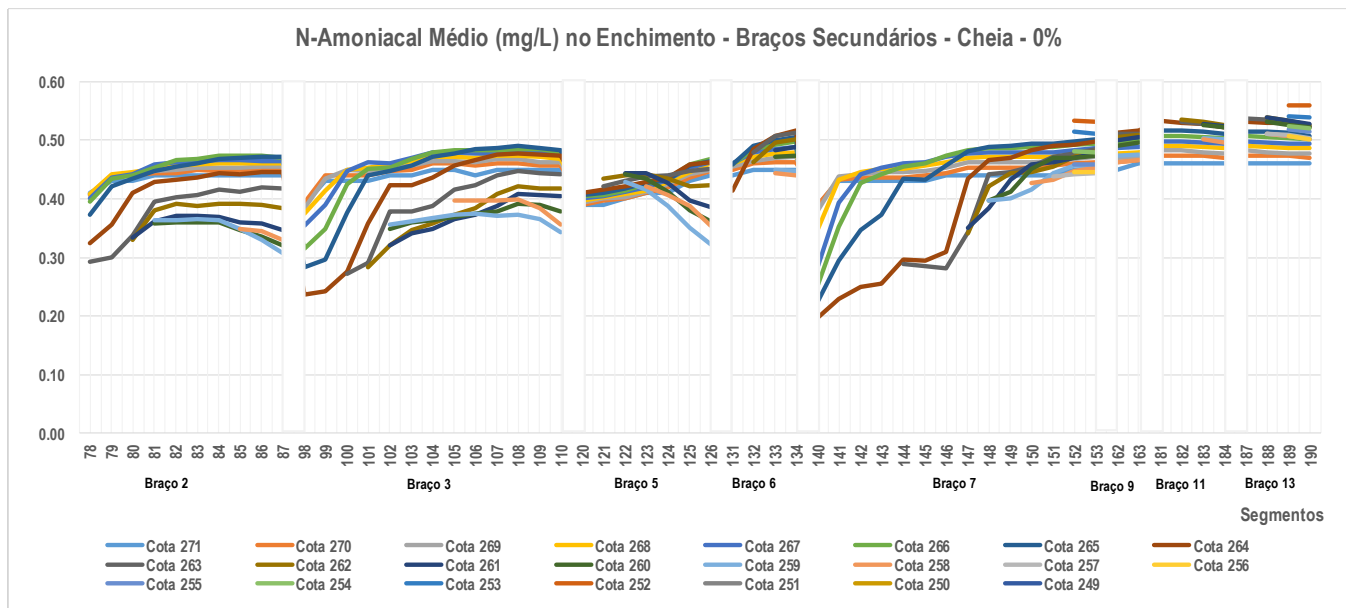
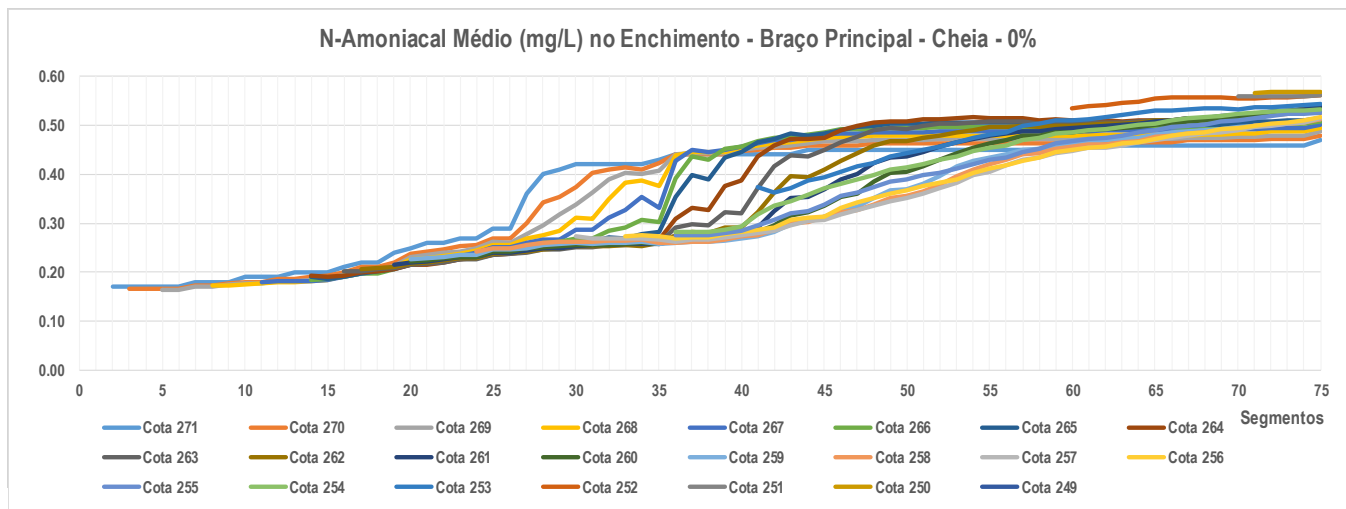


Ilustração 7-40 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 0% de desmatamento.

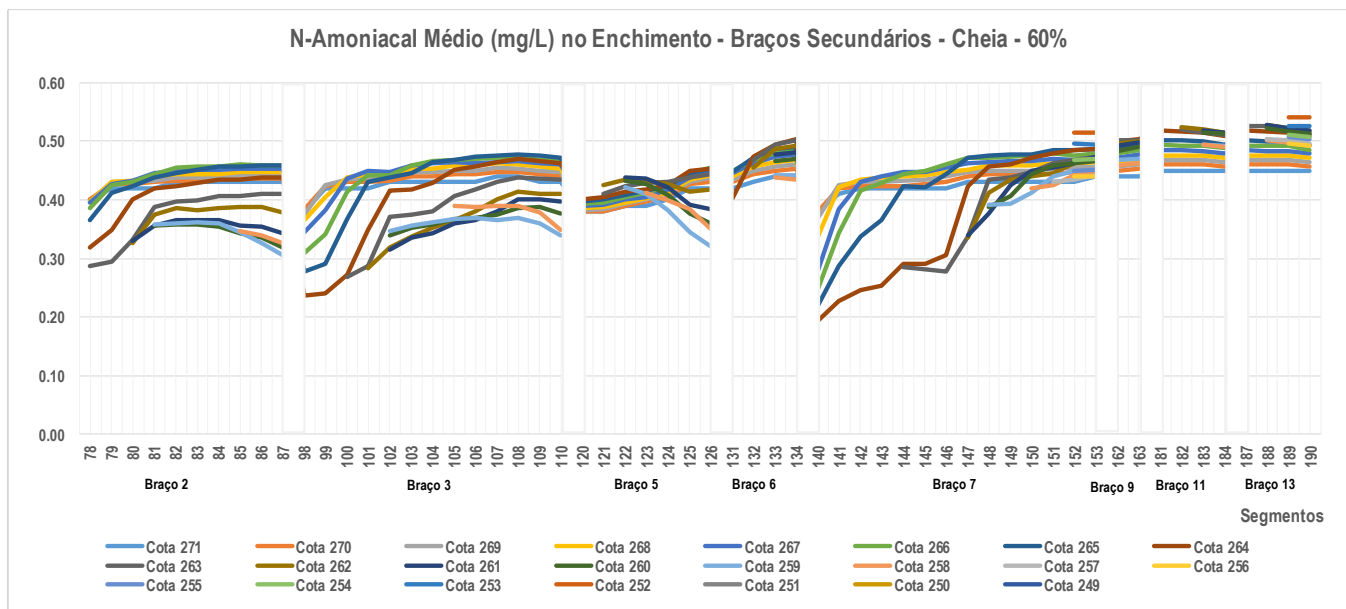
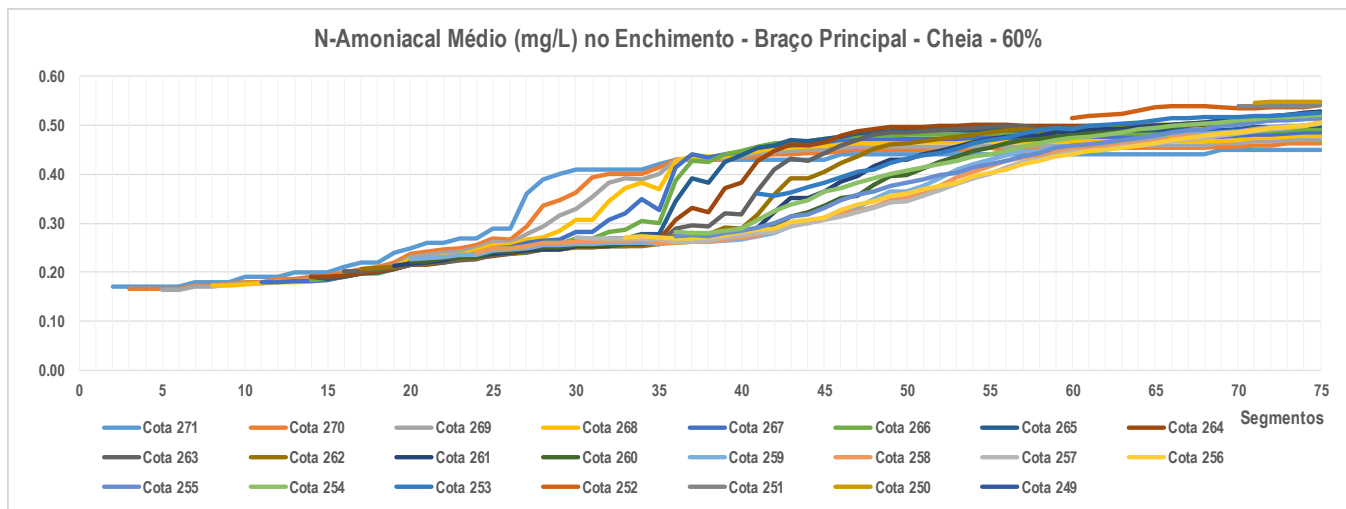


Ilustração 7-41 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 60% de desmatamento.

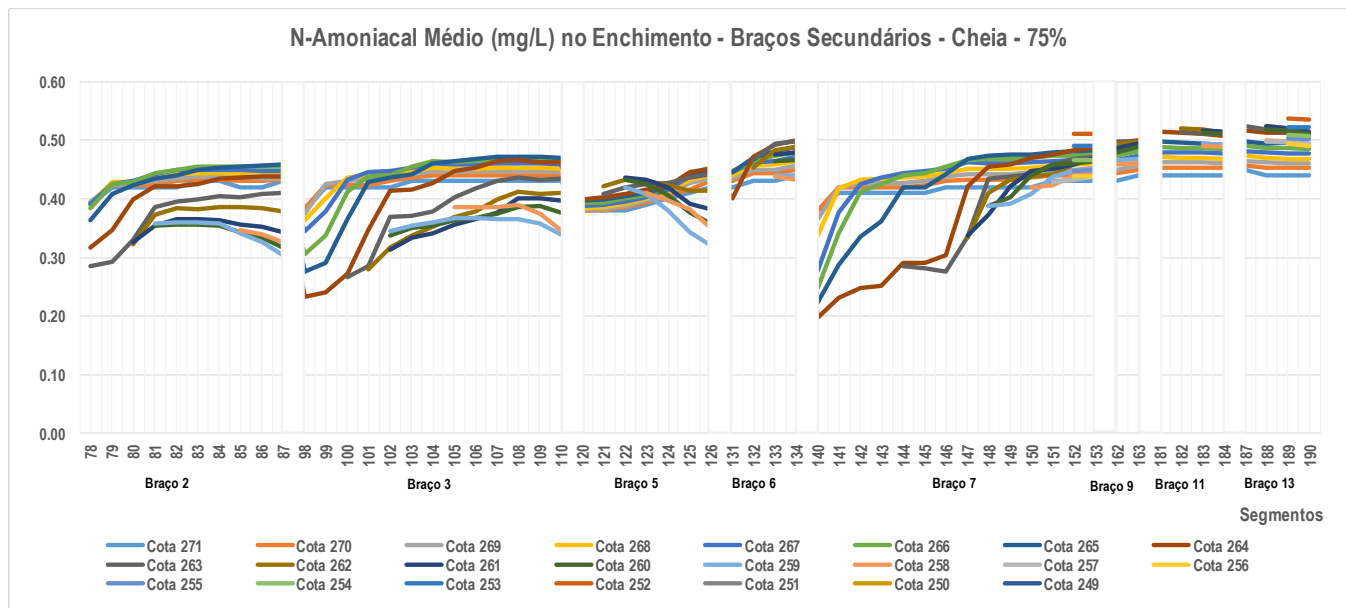
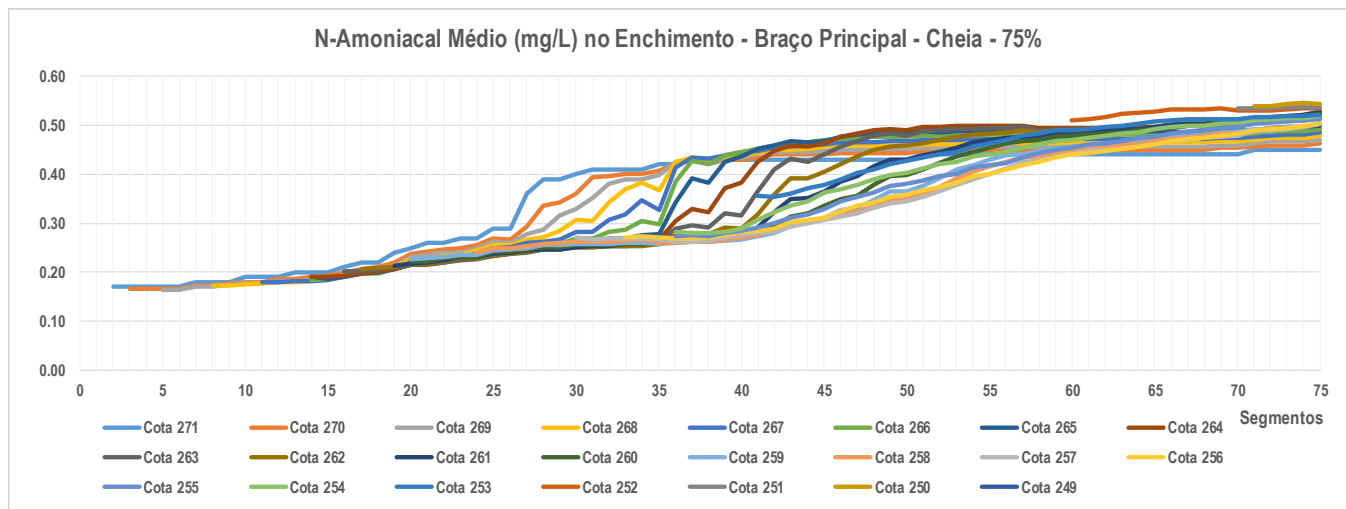


Ilustração 7-42 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 75% de desmatamento.

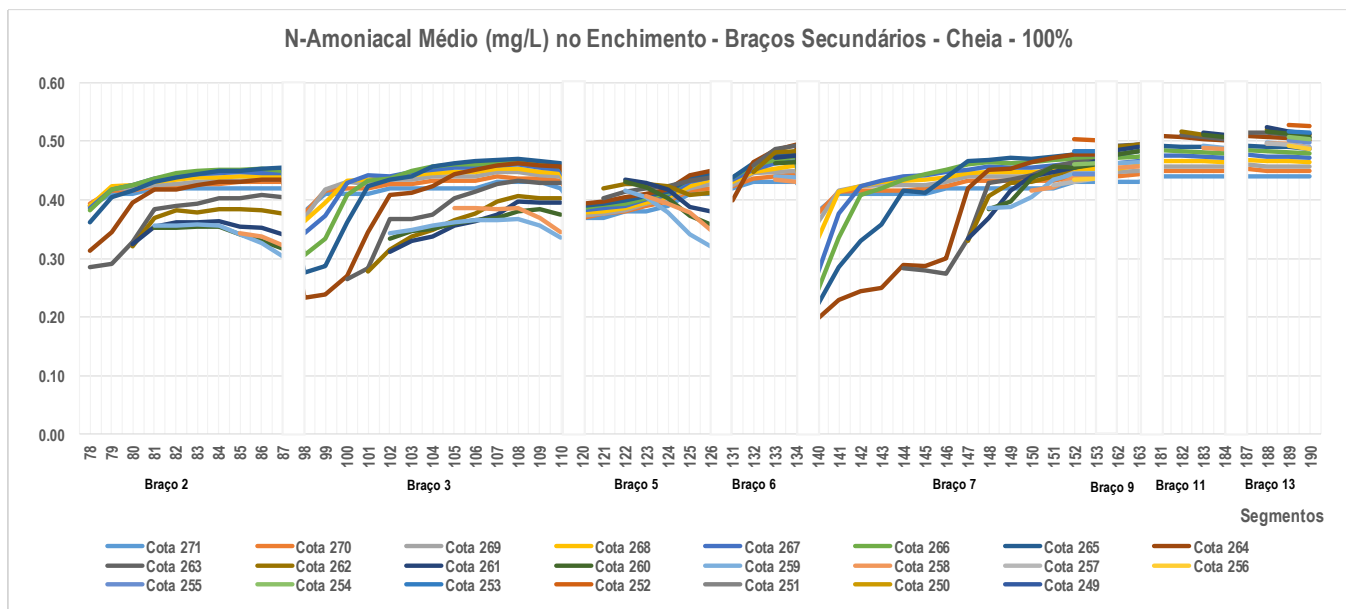
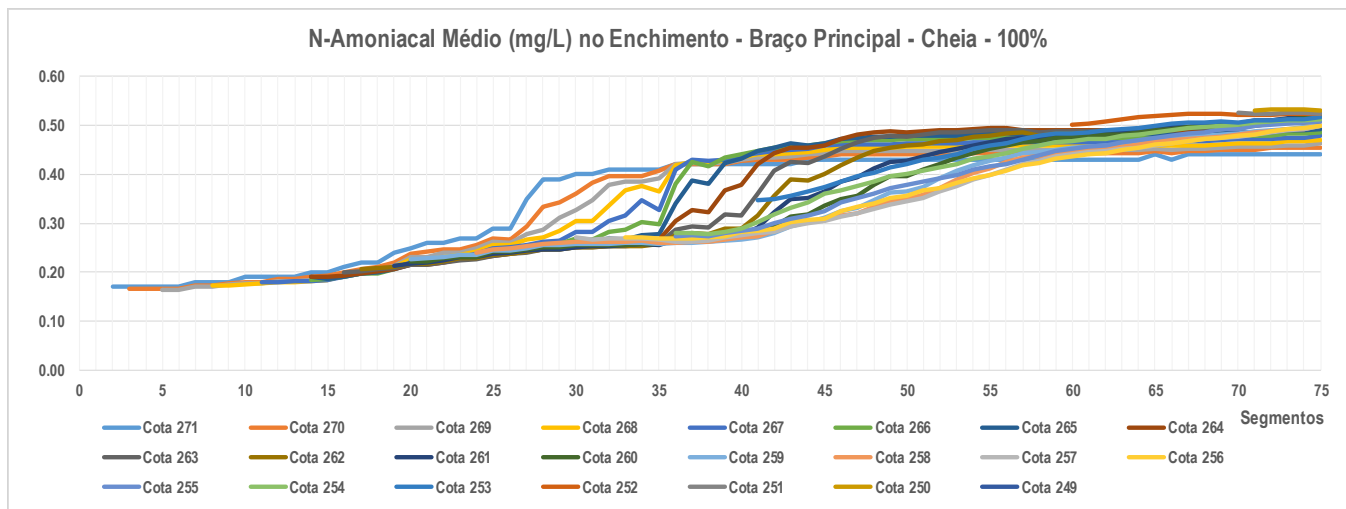


Ilustração 7-43 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 100% de desmatamento.

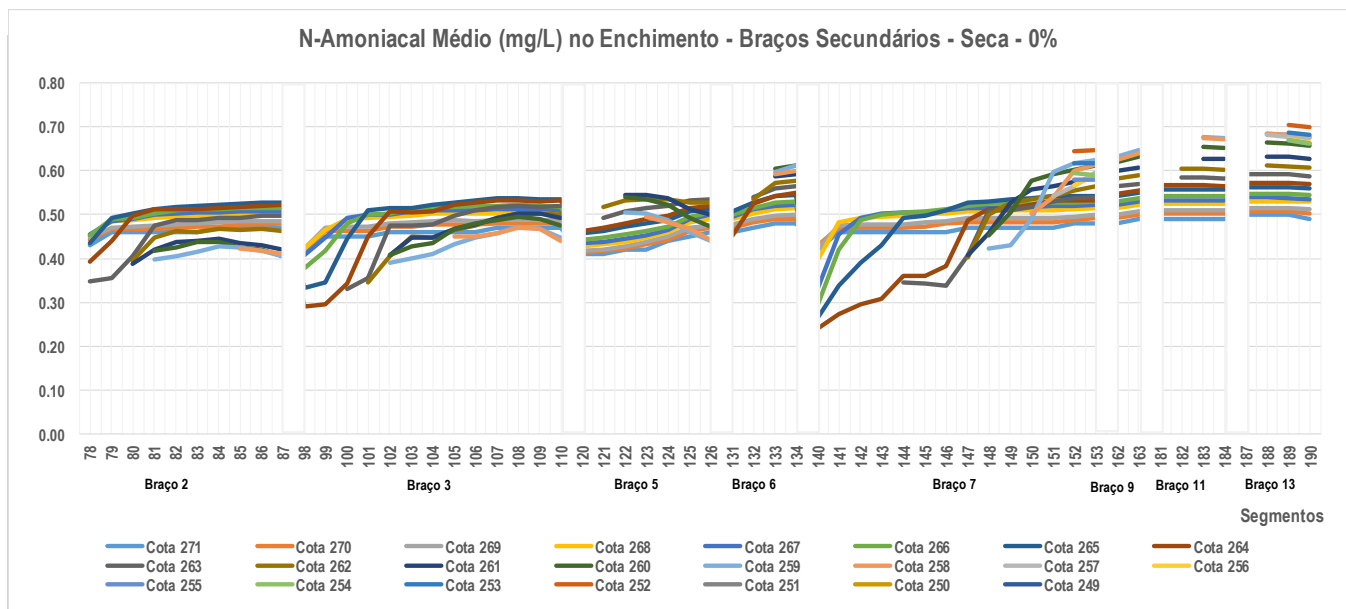
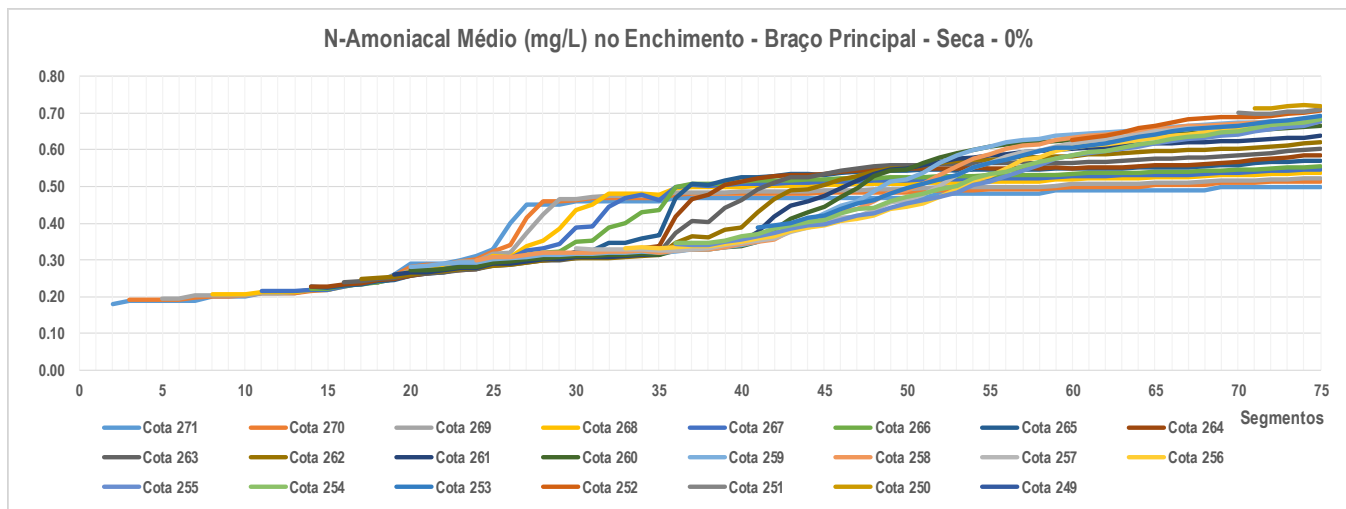


Ilustração 7-44 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 0% de desmatamento.

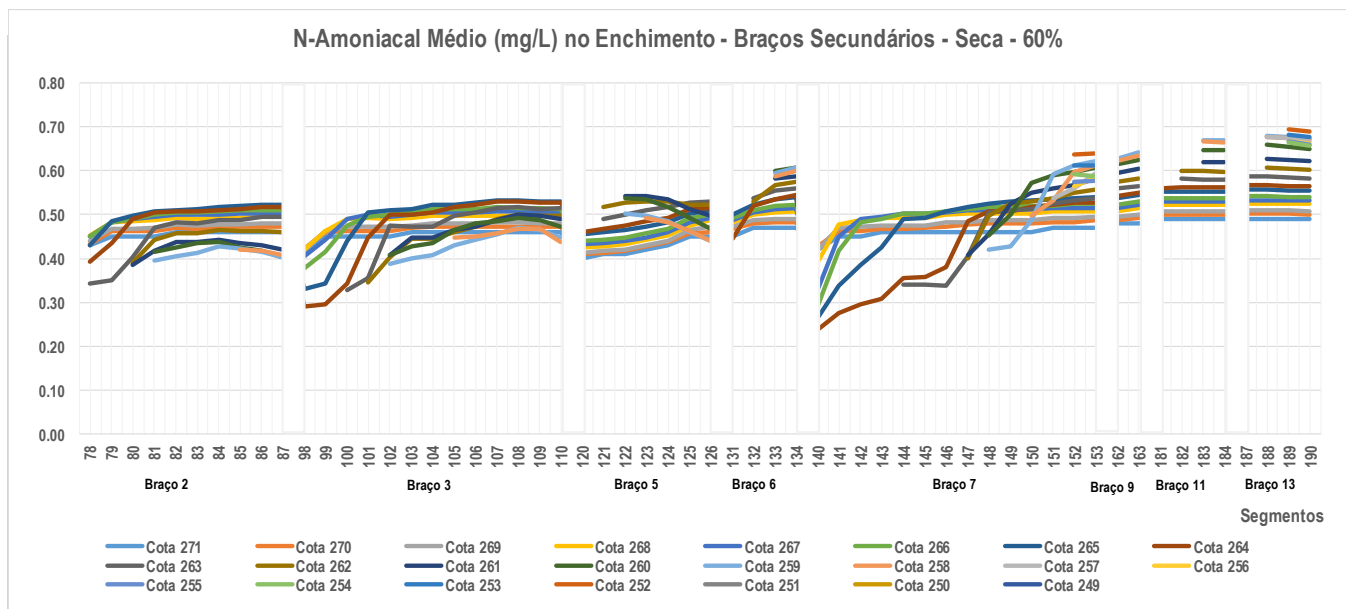
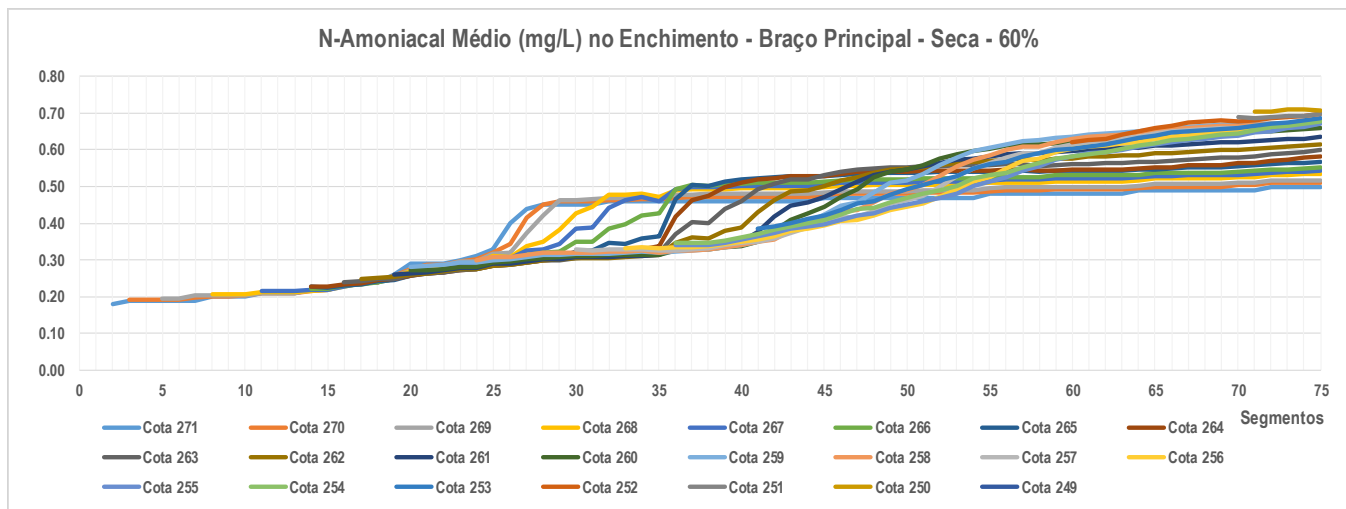


Ilustração 7-45 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 60% de desmatamento.

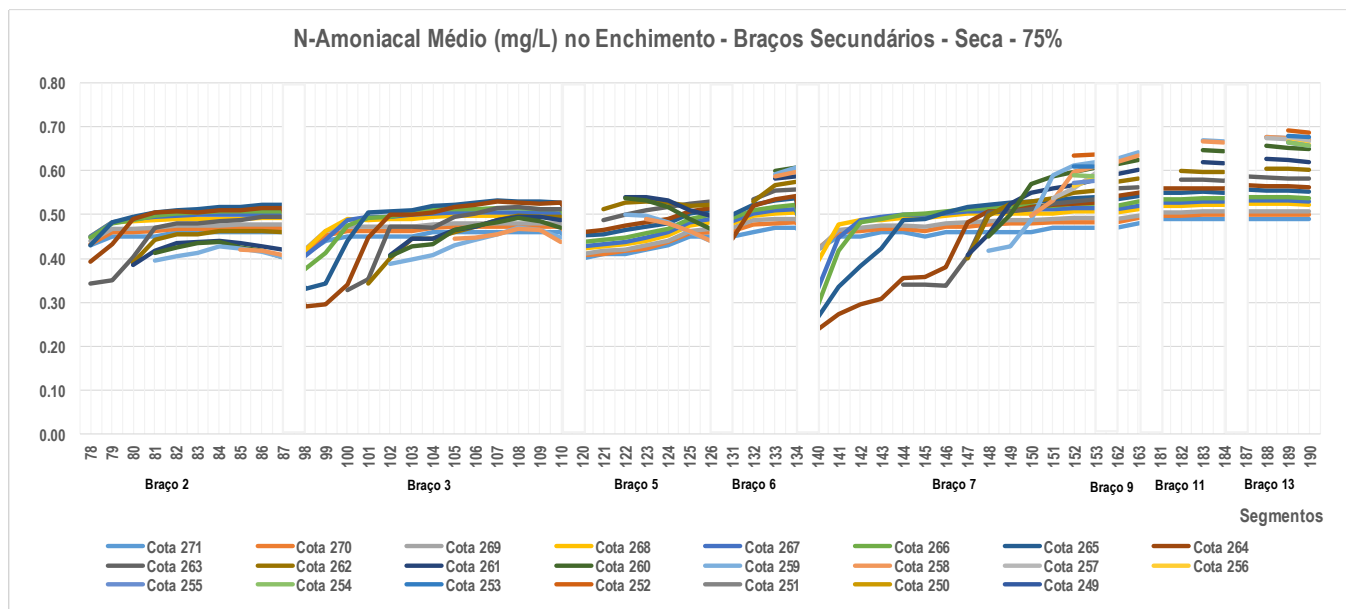
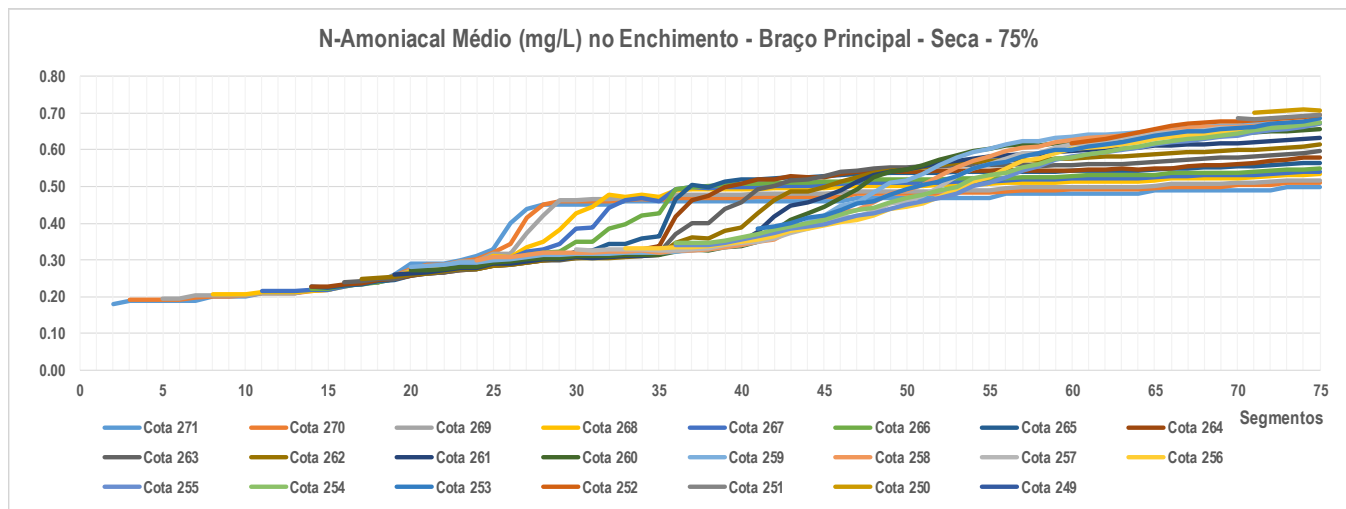


Ilustração 7-46 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 75% de desmatamento.

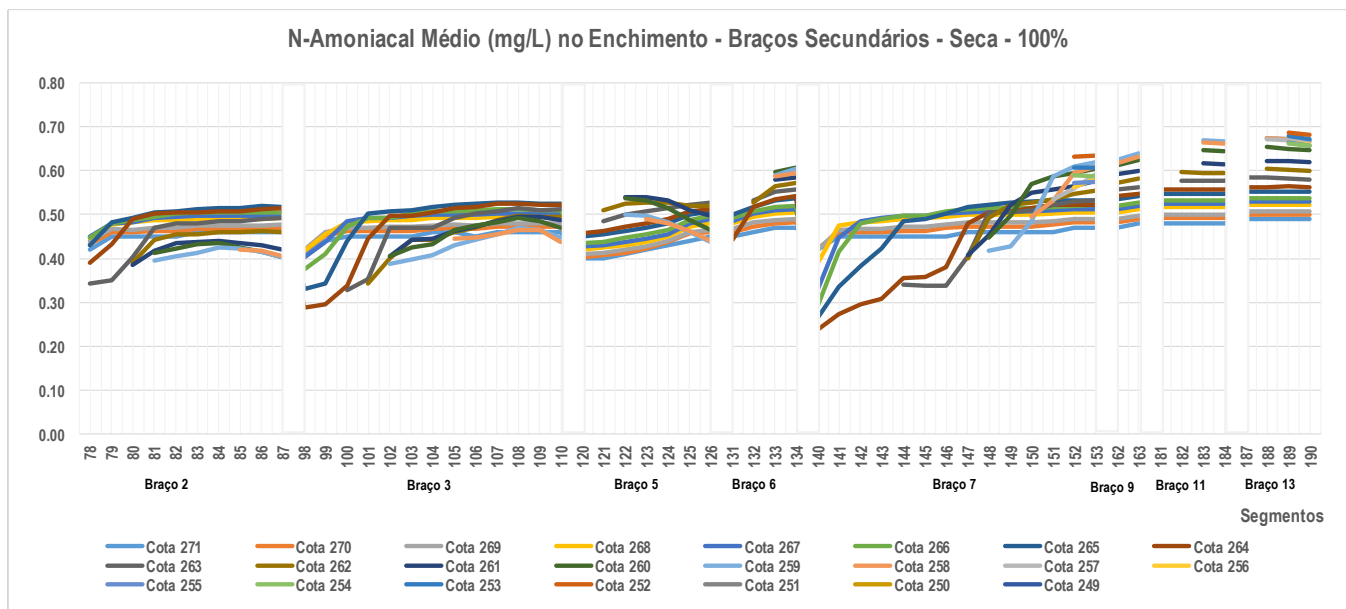
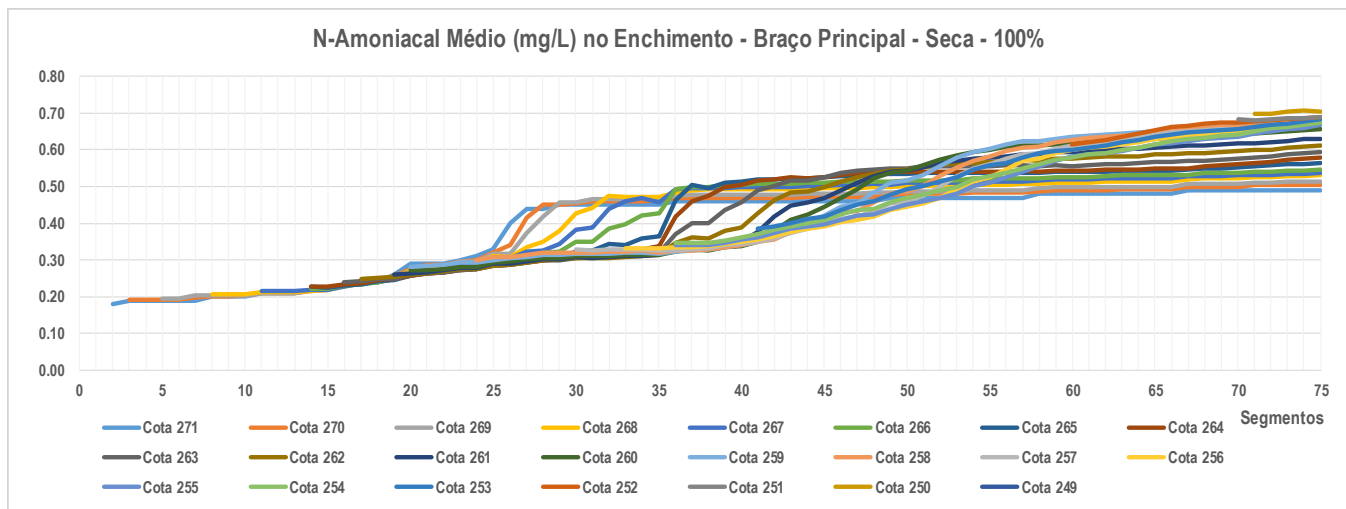


Ilustração 7-47 – Teores médios de N-Amoniacal ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 100% de desmatamento.

7.1.5 Nitrato+Nitrito

Da Ilustração 7-48 a Ilustração 7-51 são apresentados os resultados quanto aos teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do sistema durante o processo de enchimento do reservatório Canto do Rio no período de Cheia, enquanto que da Ilustração 7-52 a Ilustração 7-55 os resultados para o período de Seca.

No período de Cheia, os teores médios de Nitrato+Nitrito são, de forma geral, mais elevados junto as camadas mais superficiais, e menores junto as camadas mais profundas em função das condições anóxicas destas. Nos cenários com zero e 100% de desmatamentos os teores médios mais elevados, verificados em camadas mais elevadas, são da ordem de 0,47 mg/L, não se verificando diferenças significativas entre os cenários com relação a variável e condições de contorno adotadas na modelagem.

No período de Seca verifica-se comportamento semelhante ao do período de Cheia, onde nos cenários com zero e 100% de desmatamentos os teores médios mais elevados, verificados em camadas mais elevadas, são da ordem de 0,58 mg/L, não se verificando diferenças significativas entre os cenários com relação a variável e condições de contorno adotadas na modelagem.

Da Ilustração 7-56 a Ilustração 7-63 são apresentadas as variações do N-Amônia ao longo de seções de controle do sistema nos períodos de Cheia e Seca quanto ao início do enchimento do reservatório associadas aos cenários de 60% e 75% de desmatamento simulados.

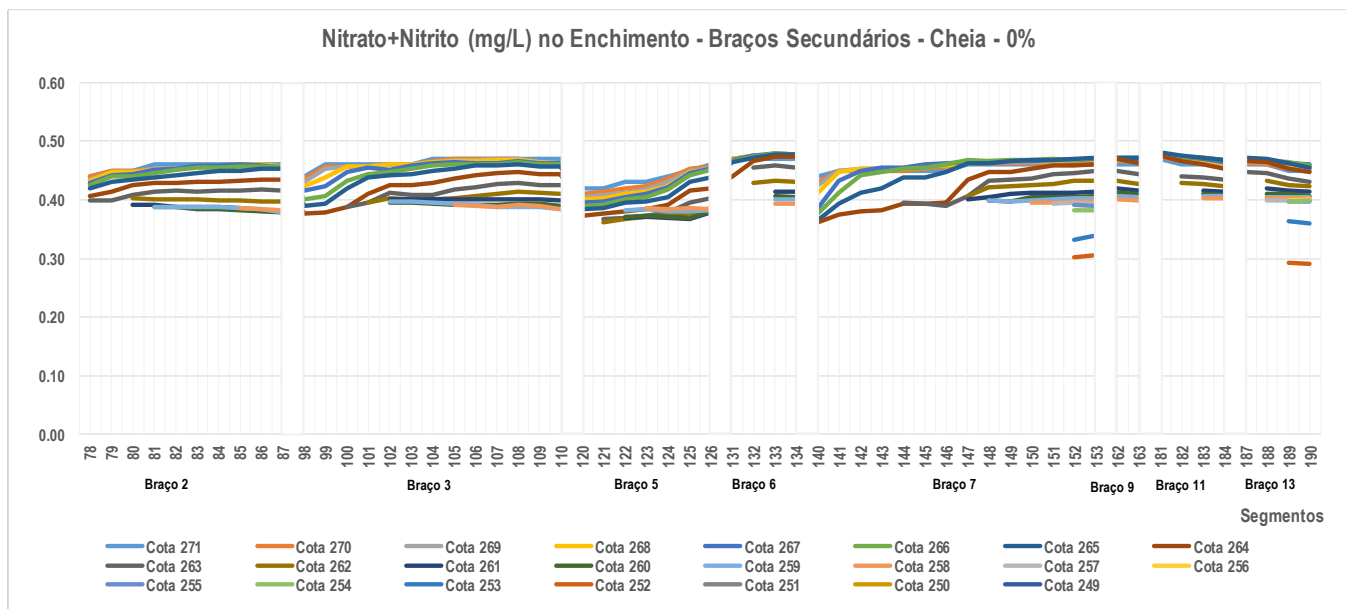
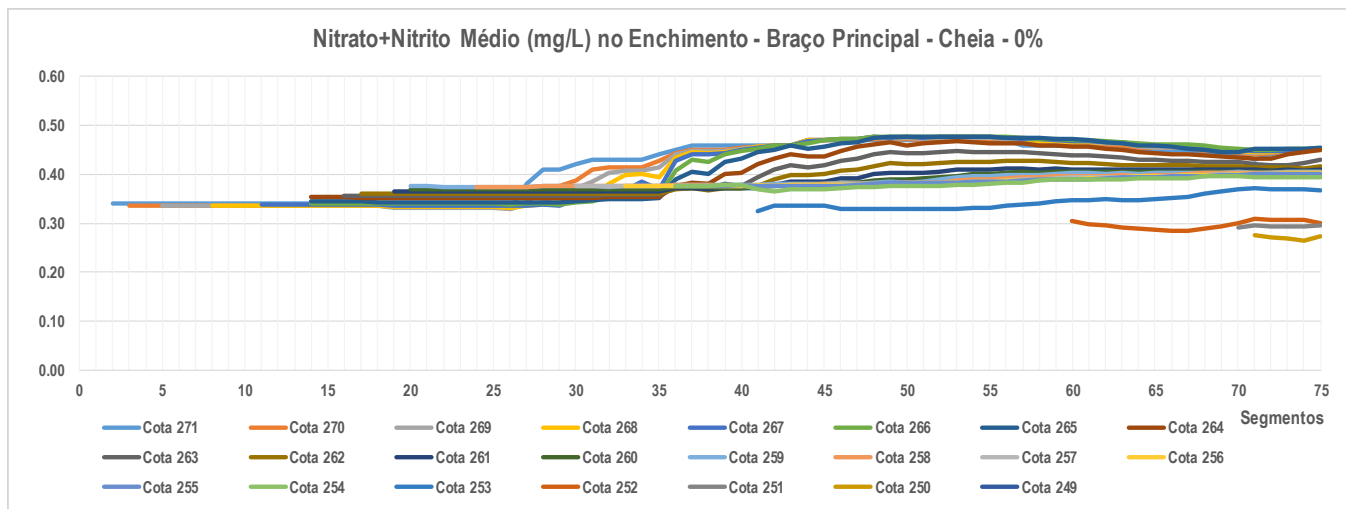


Ilustração 7-48 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 0% de desmatamento.

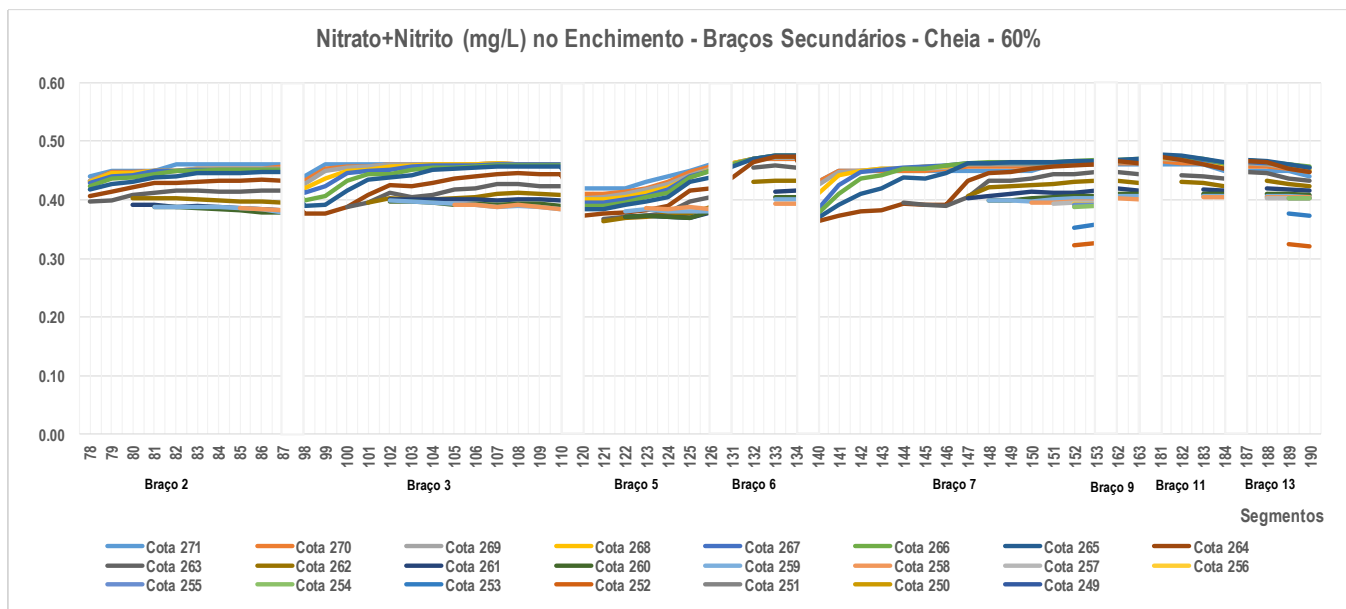
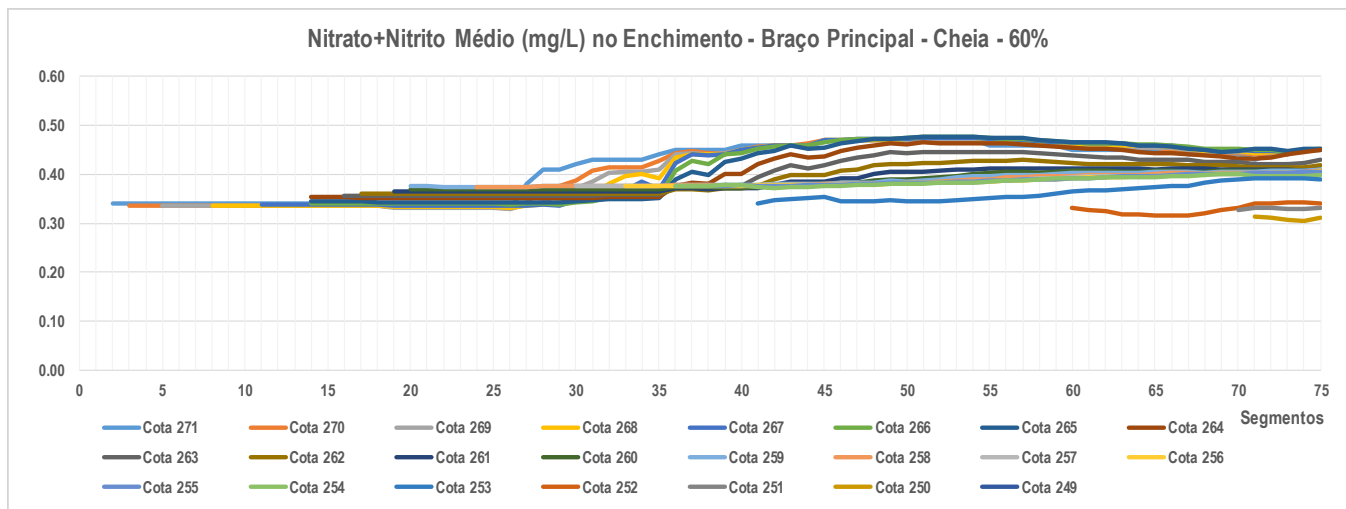


Ilustração 7-49 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 60% de desmatamento.

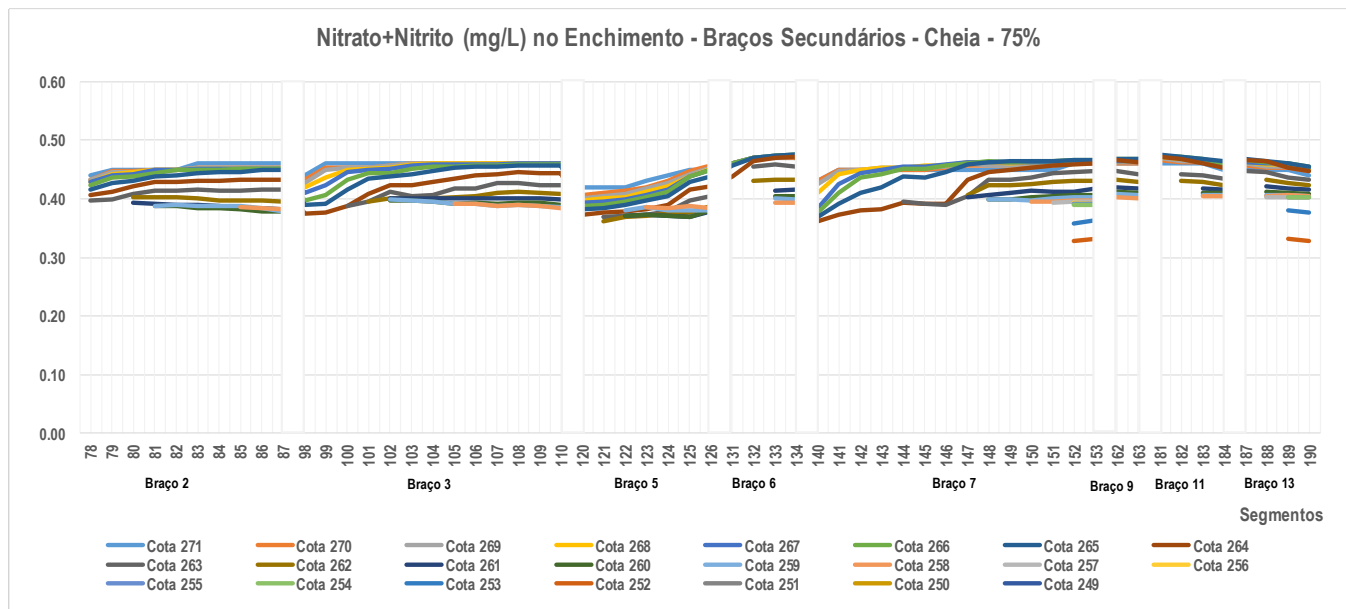
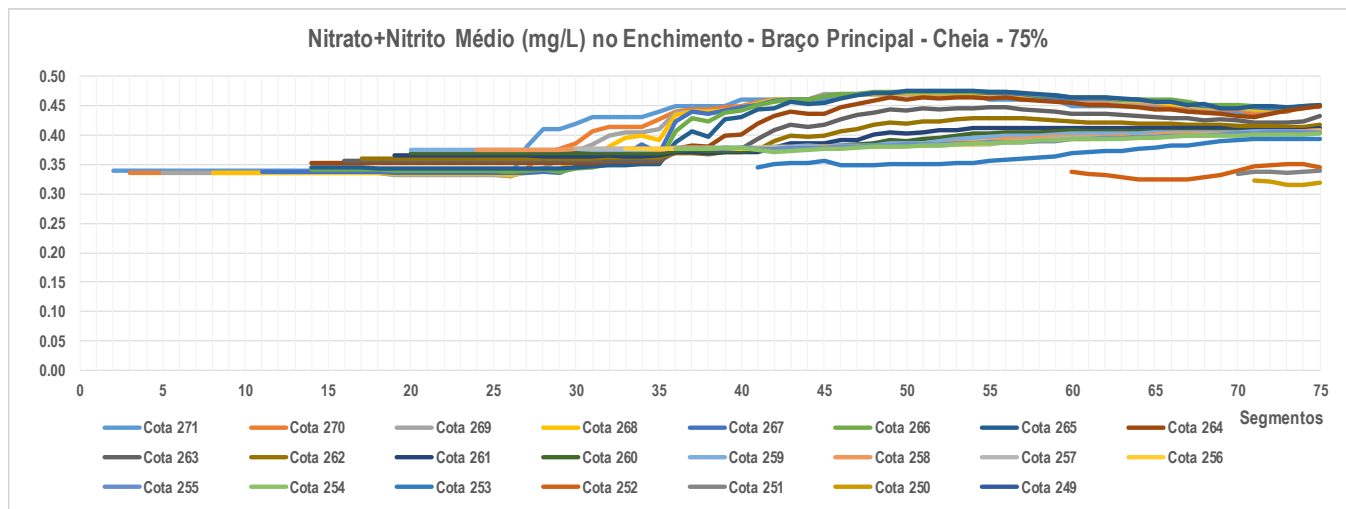


Ilustração 7-50 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 75% de desmatamento.

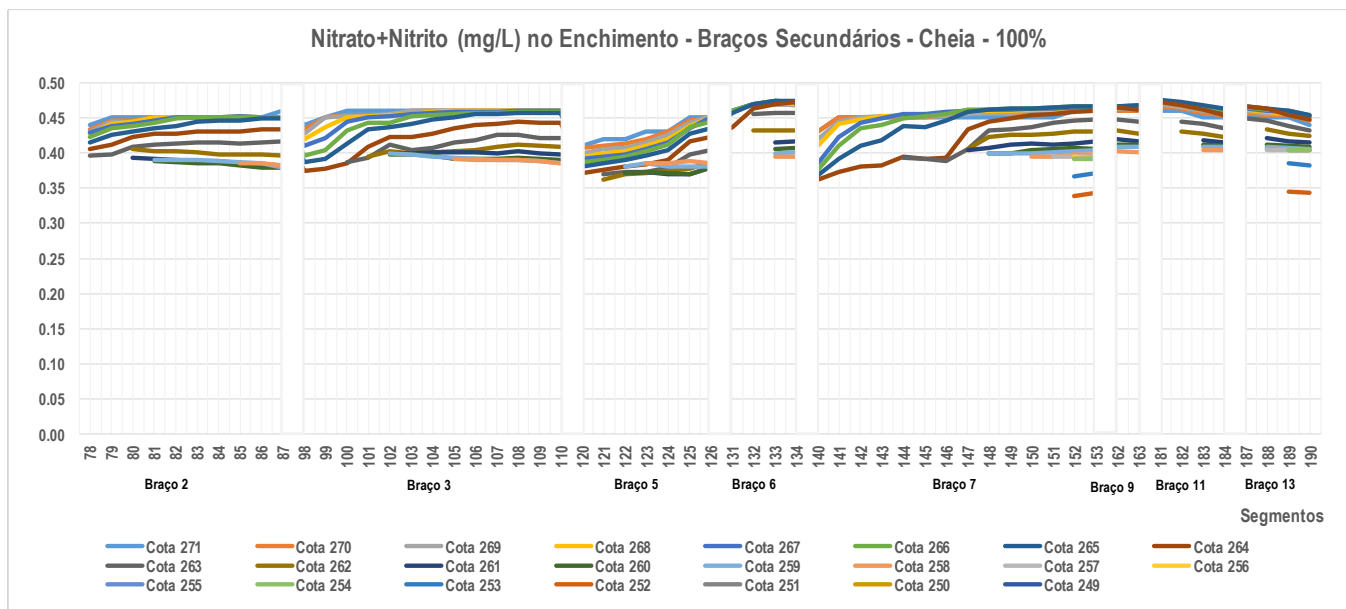
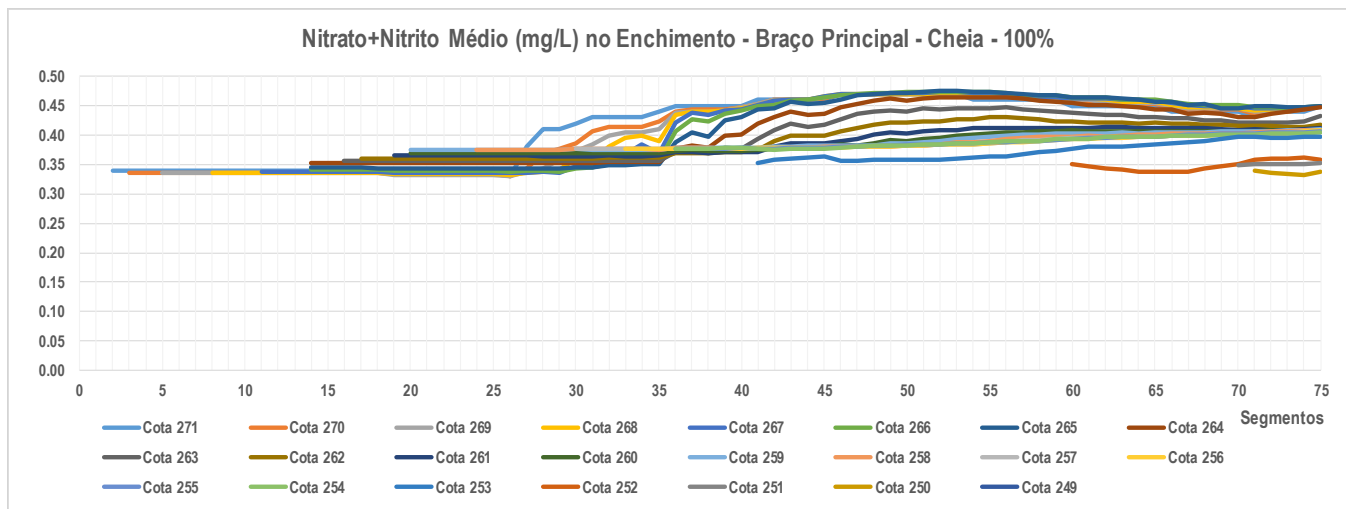


Ilustração 7-51 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 100% de desmatamento.

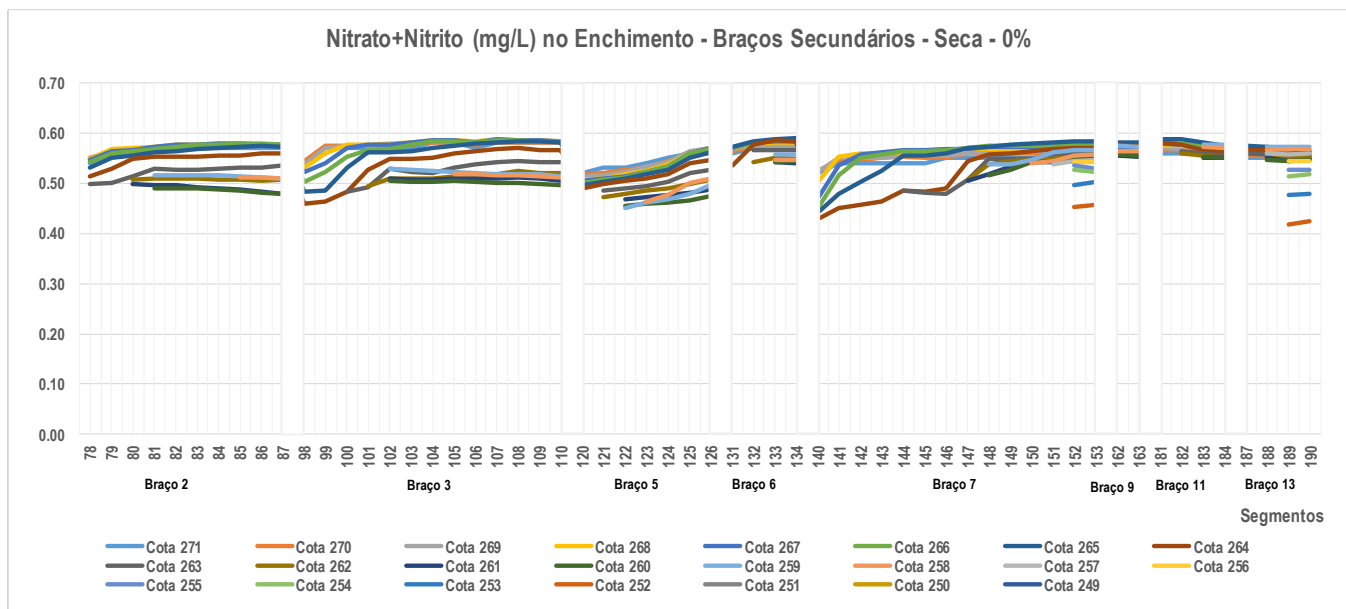
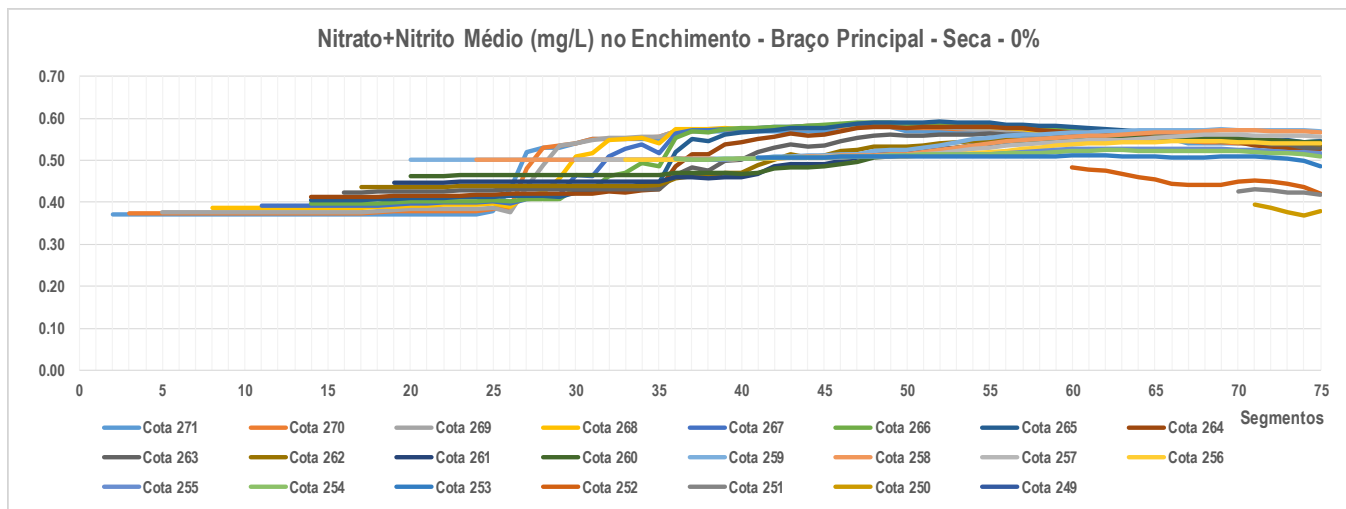


Ilustração 7-52 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 0% de desmatamento.

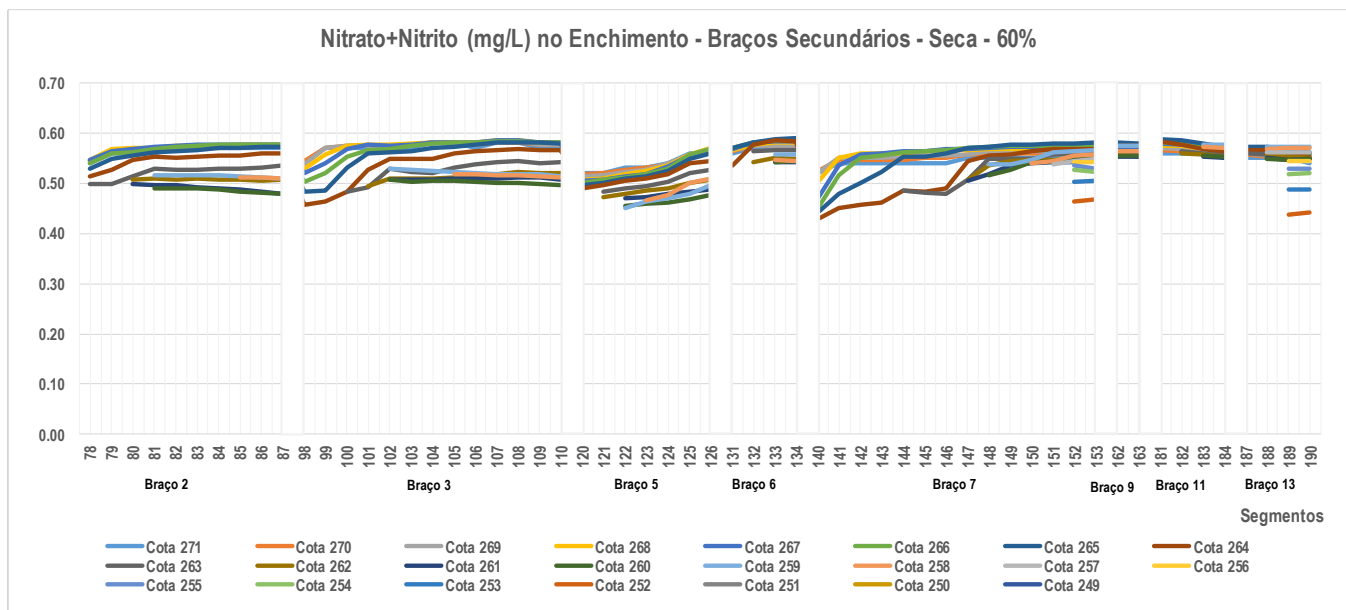
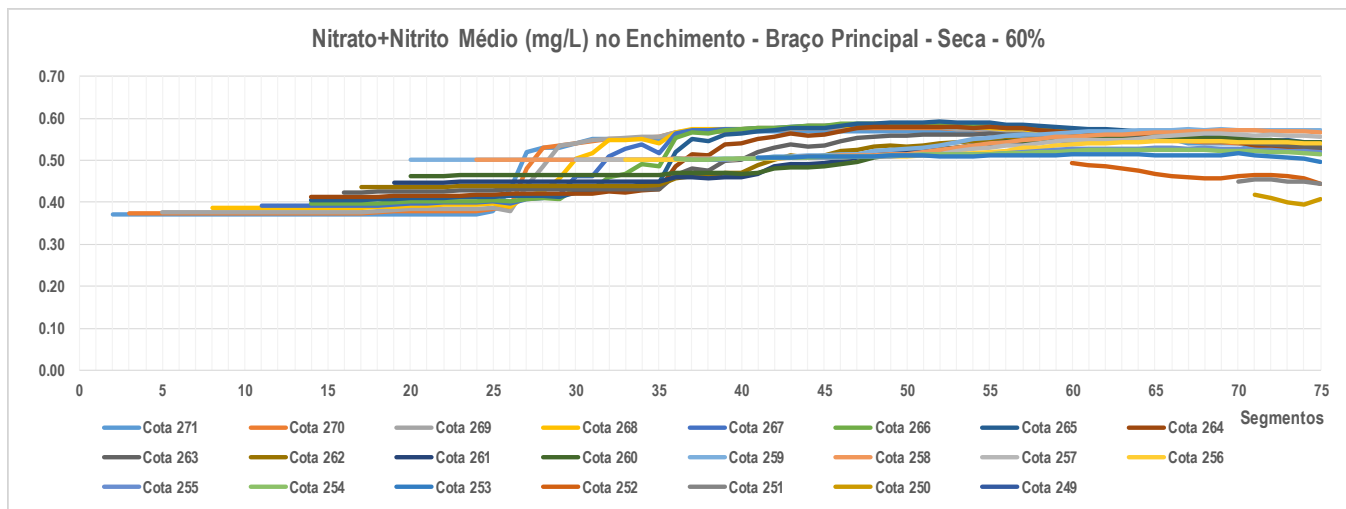


Ilustração 7-53 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 60% de desmatamento.

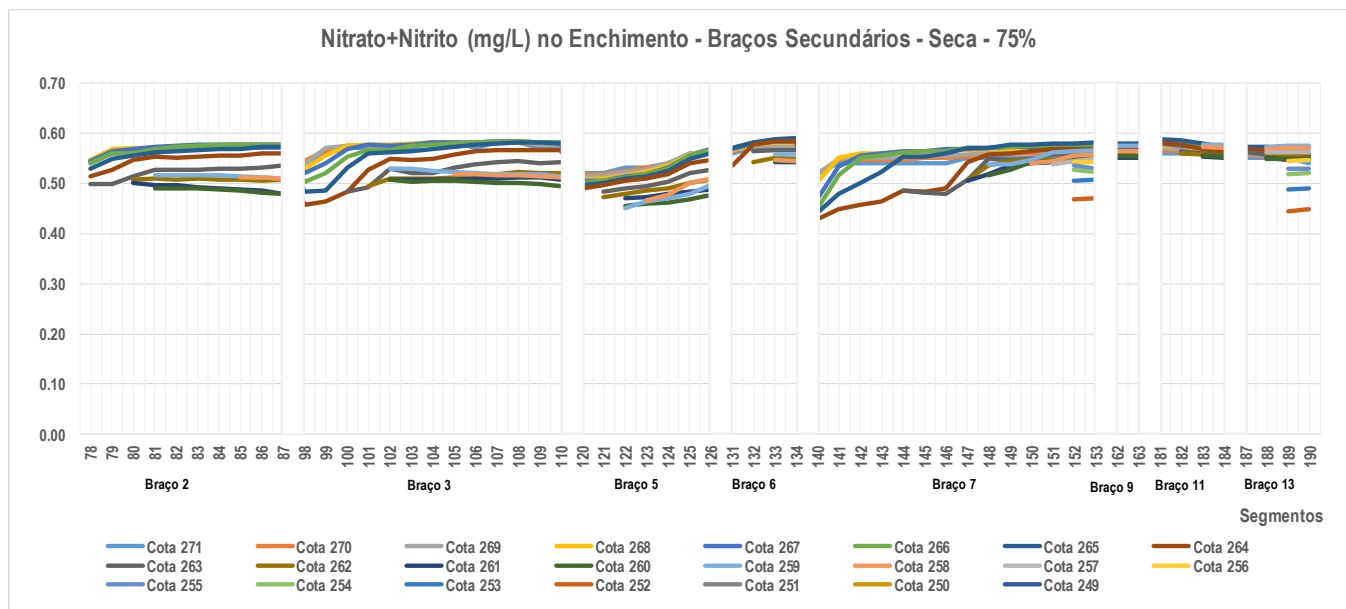
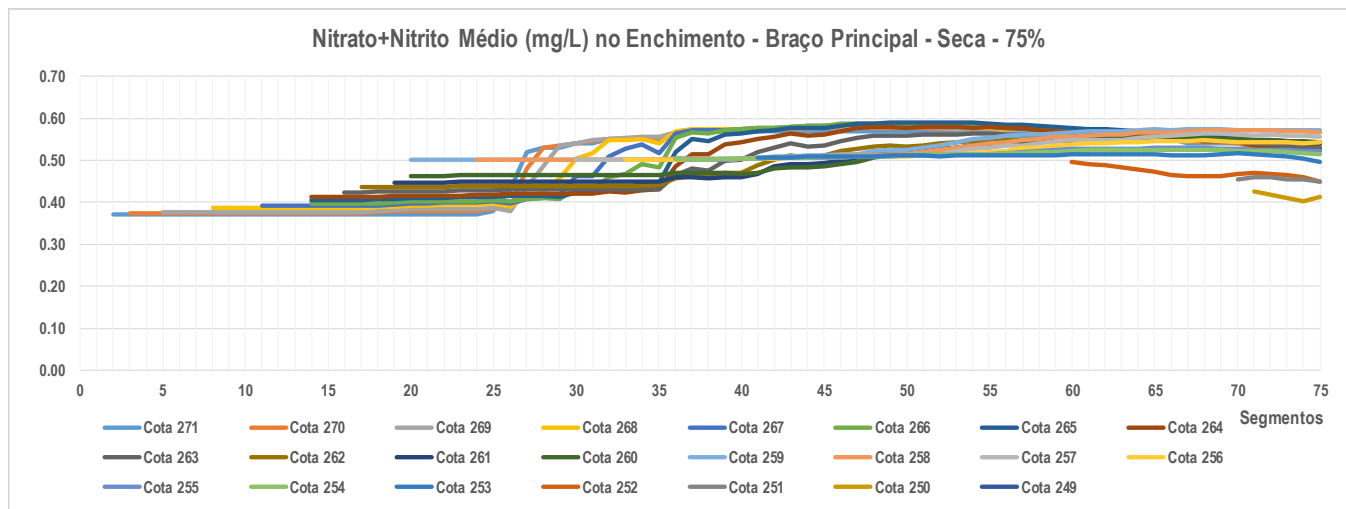


Ilustração 7-54 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 75% de desmatamento.

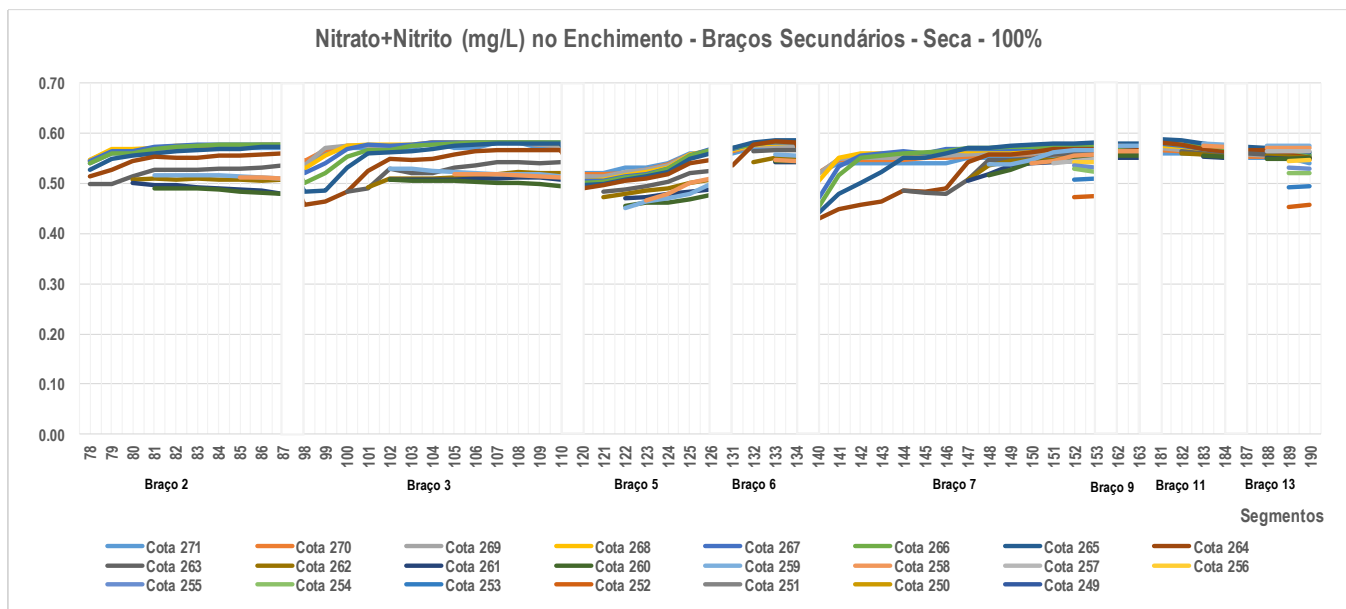
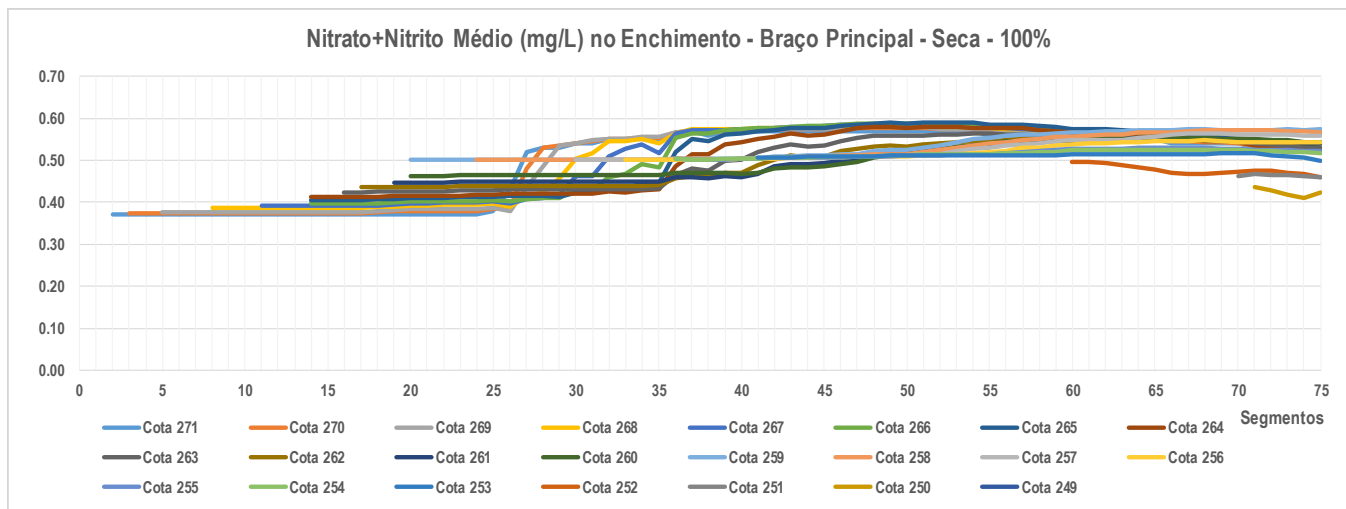


Ilustração 7-55 – Teores médios de Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 100% de desmatamento.

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

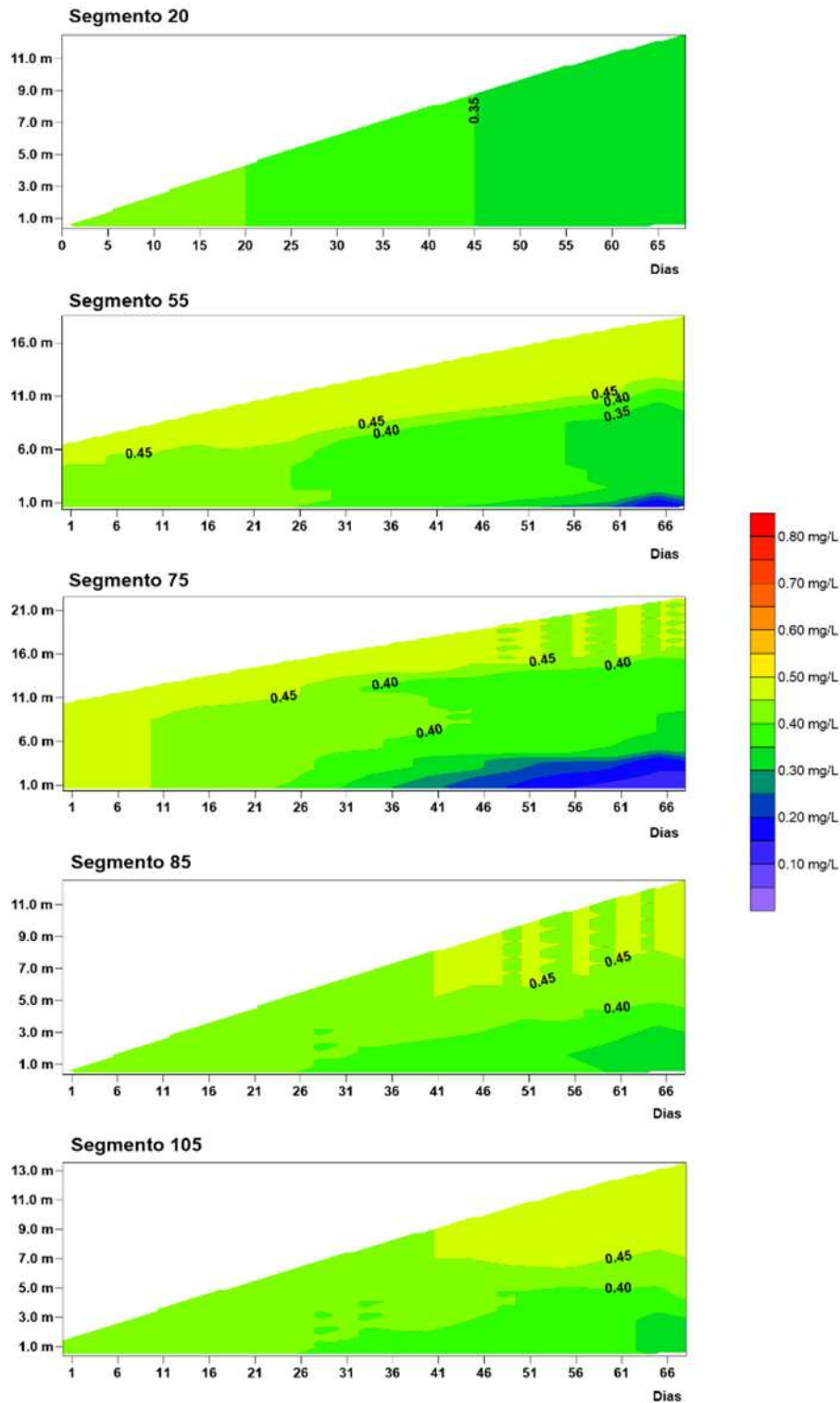


Ilustração 7-56 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

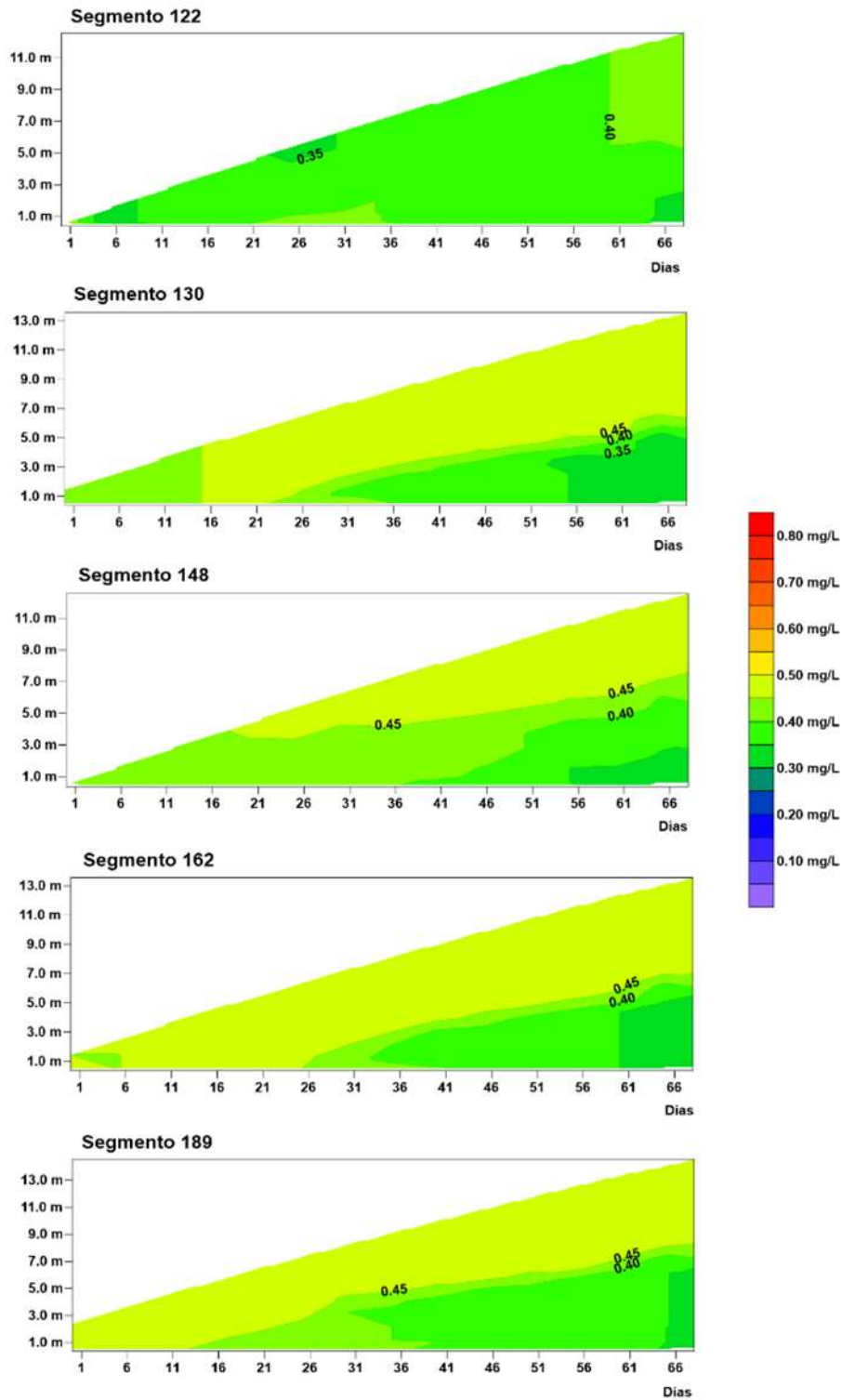


Ilustração 7-57 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

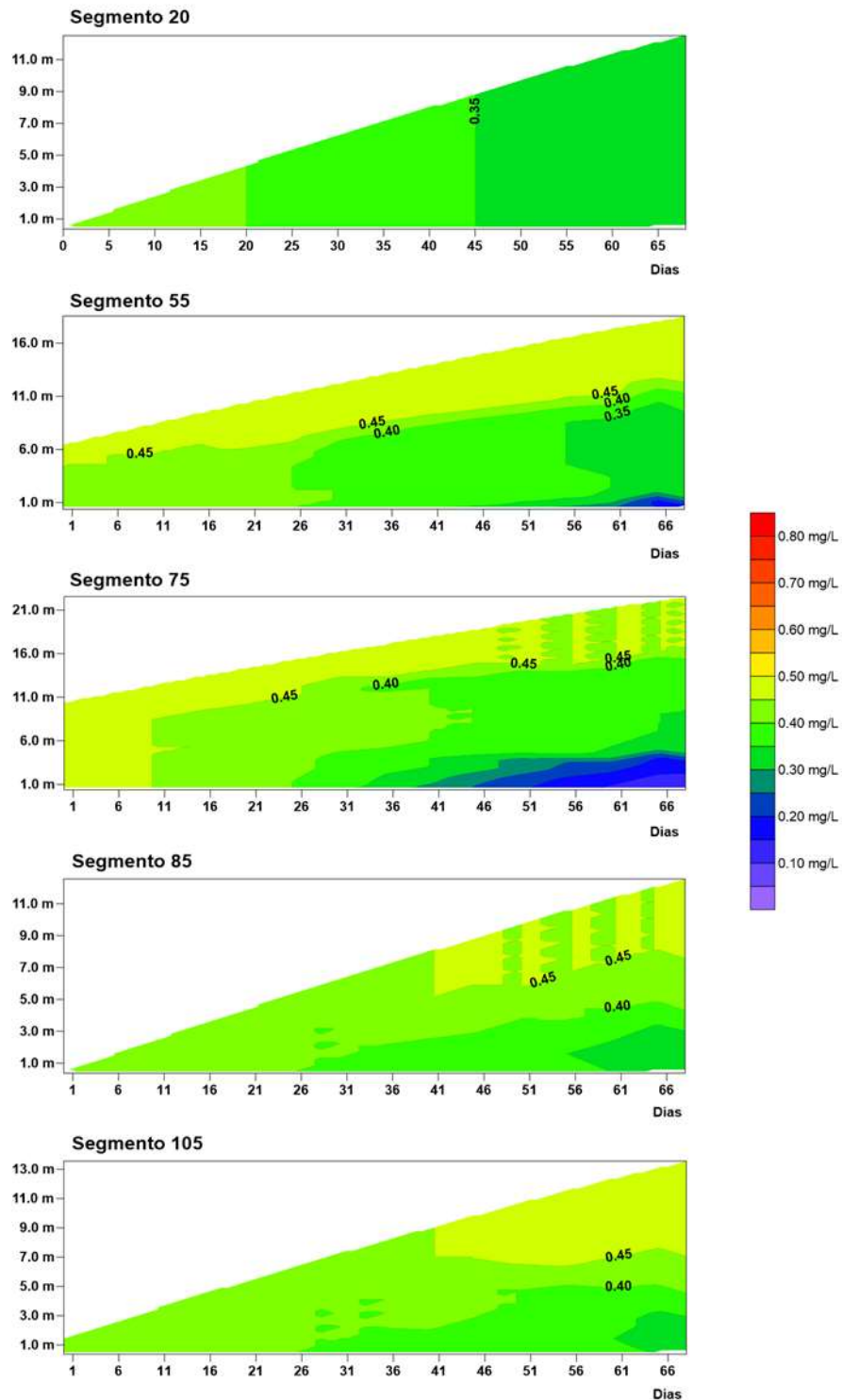


Ilustração 7-58 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

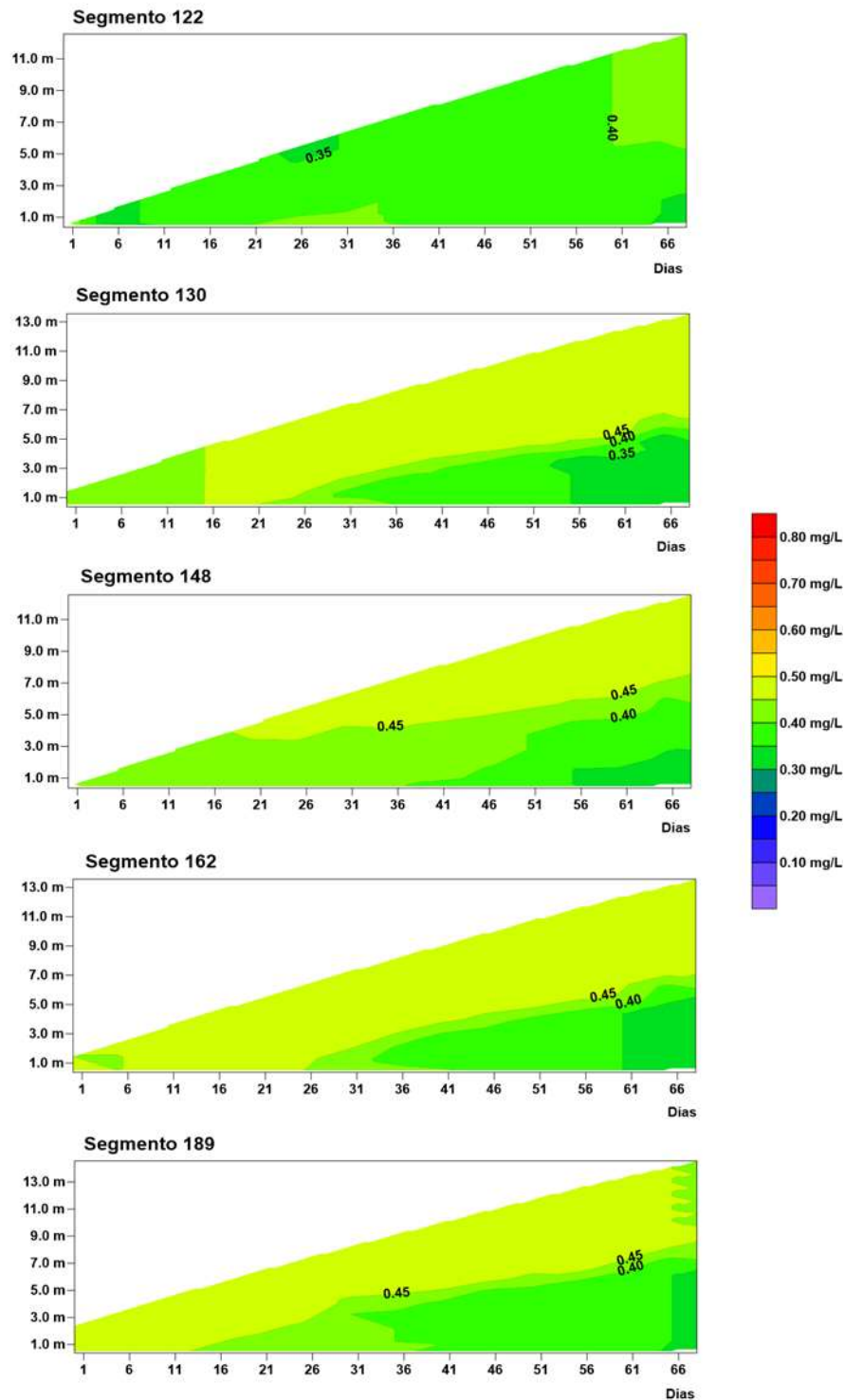


Ilustração 7-59 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 60% - SECA

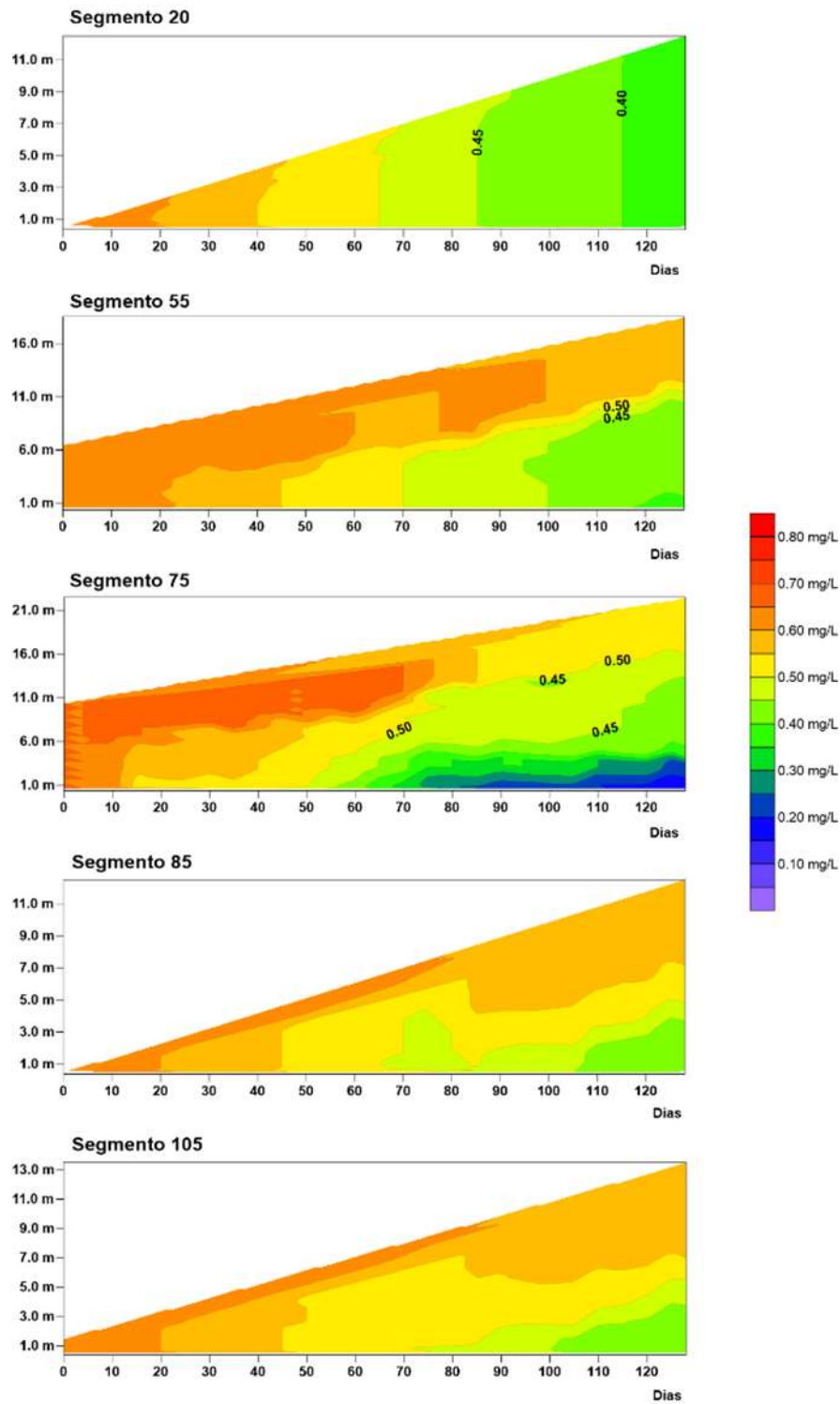


Ilustração 7-60 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 60% - SECA

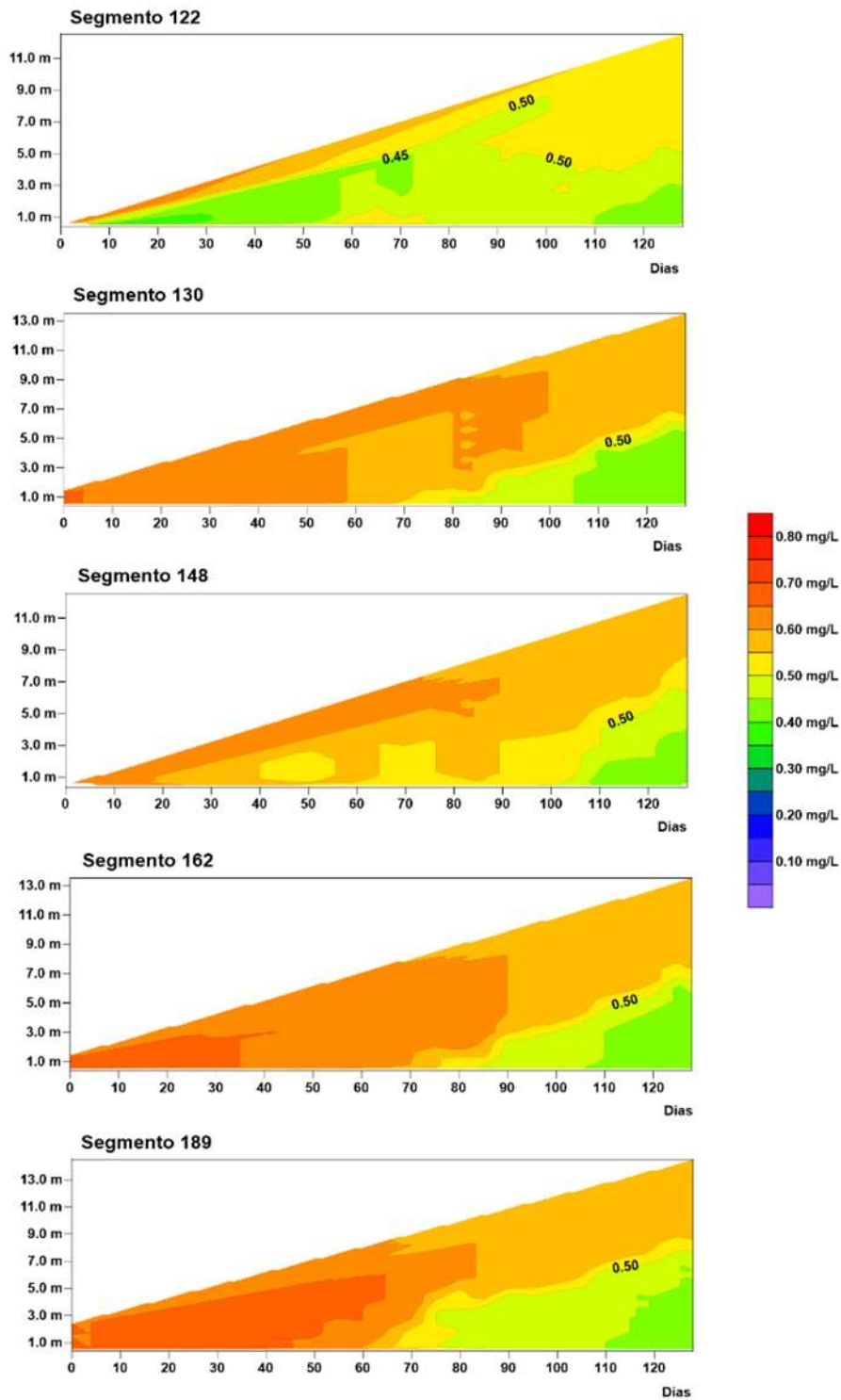


Ilustração 7-61 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 75% - SECA

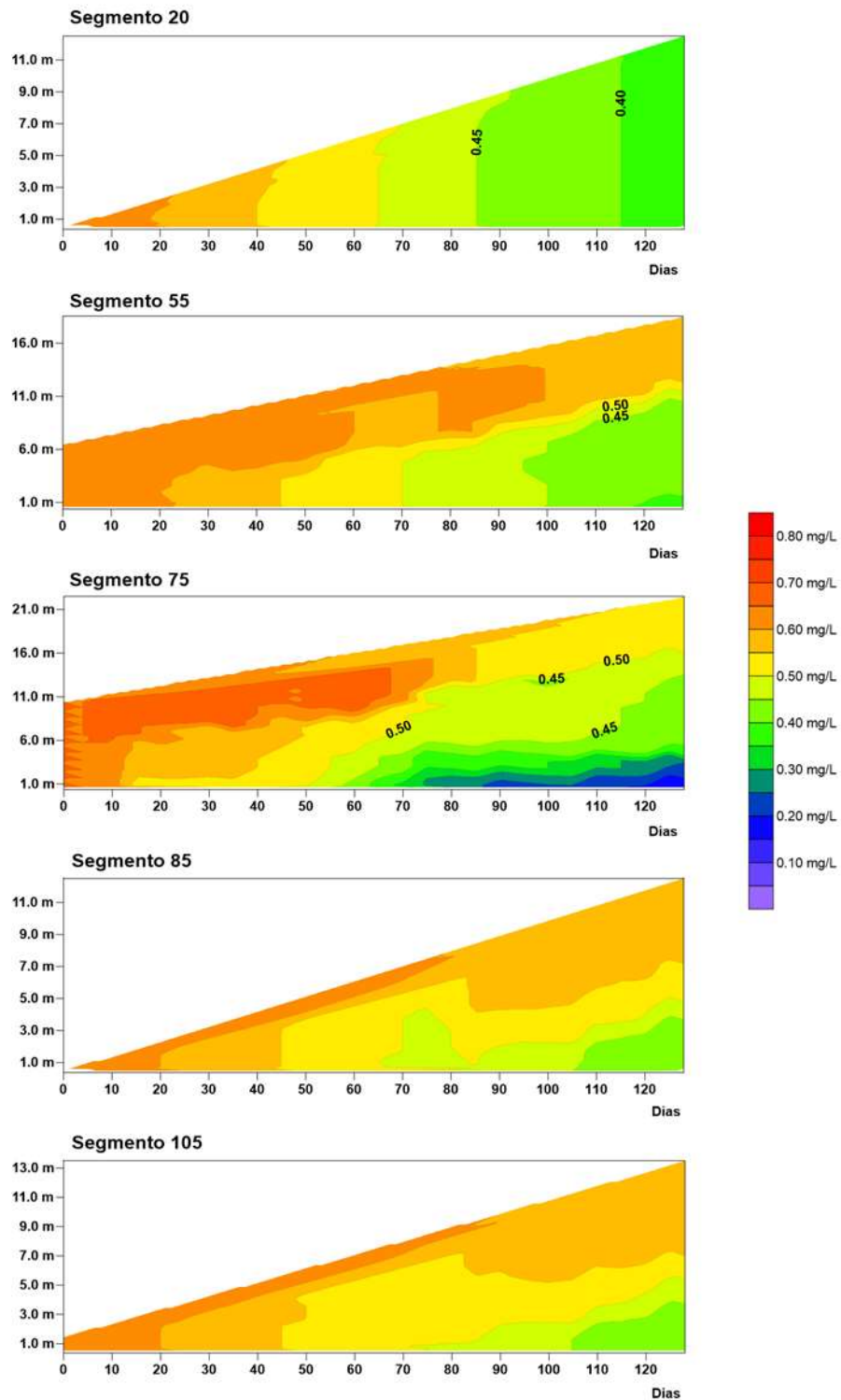


Ilustração 7-62 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

NITRATO+NITRITO - ENCHIMENTO - 75% - SECA

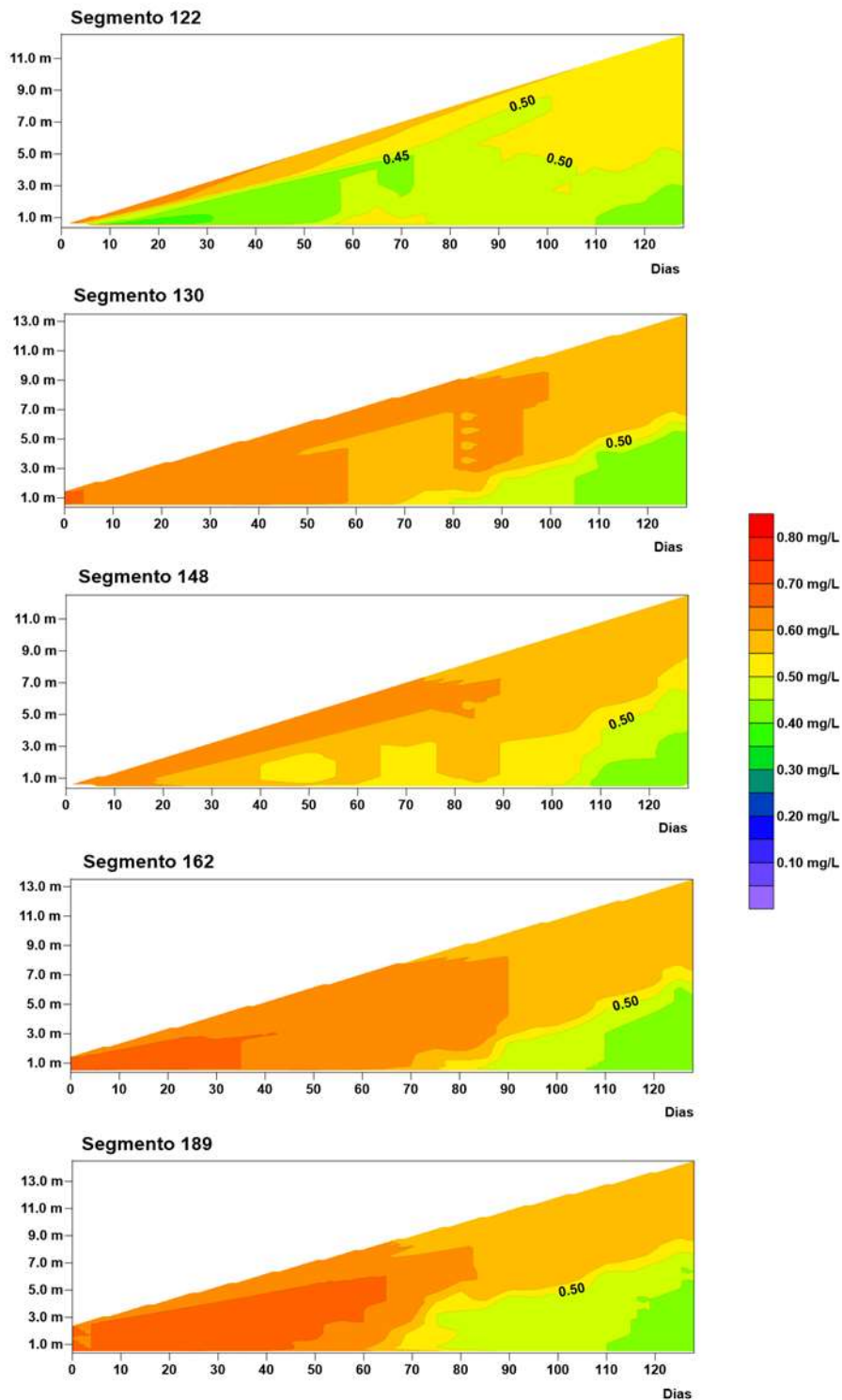


Ilustração 7-63 – Variação do Nitrato+Nitrito ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

7.1.6 Nitrogênio Total Kjeldahl

Da Ilustração 7-64 a Ilustração 7-67 são apresentados os resultados quanto aos teores médios de Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) ao longo do sistema durante o processo de enchimento do reservatório Canto do Rio no período de Cheia, enquanto que da Ilustração 7-68 a Ilustração 7-71 os resultados para o período de Seca.

No período de Cheia, os teores médios de NTK são, de forma geral, mais elevados junto as camadas mais profundas em função da estabilização da matéria orgânica neste compartimento, e menores junto as camadas mais superficiais. Nos cenários com zero e 100% de desmatamentos os teores médios mais elevados, verificados nas camadas mais profundas, são da ordem de 0,94 mg/L e 0,70 mg/L respectivamente. No período de Seca verifica-se comportamento semelhante ao do período de Cheia, onde nos cenários com zero e 100% de desmatamentos os teores médios mais elevados, verificados nas camadas mais profundas, são da ordem de 0,96 mg/L e 0,86 mg/L respectivamente.

Da Ilustração 7-72 a Ilustração 7-79 são apresentadas as variações do NTK ao longo de seções de controle do sistema nos períodos de Cheia e Seca quanto ao início do enchimento do reservatório associadas aos cenários de 60% e 75% de desmatamento simulados.

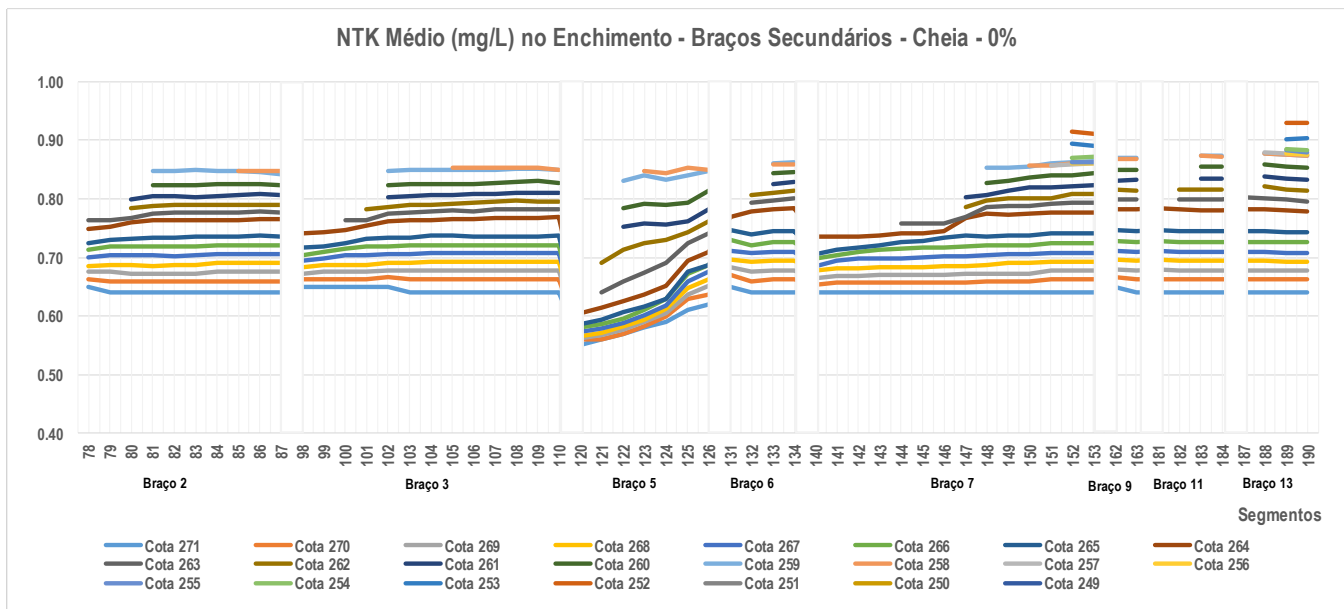
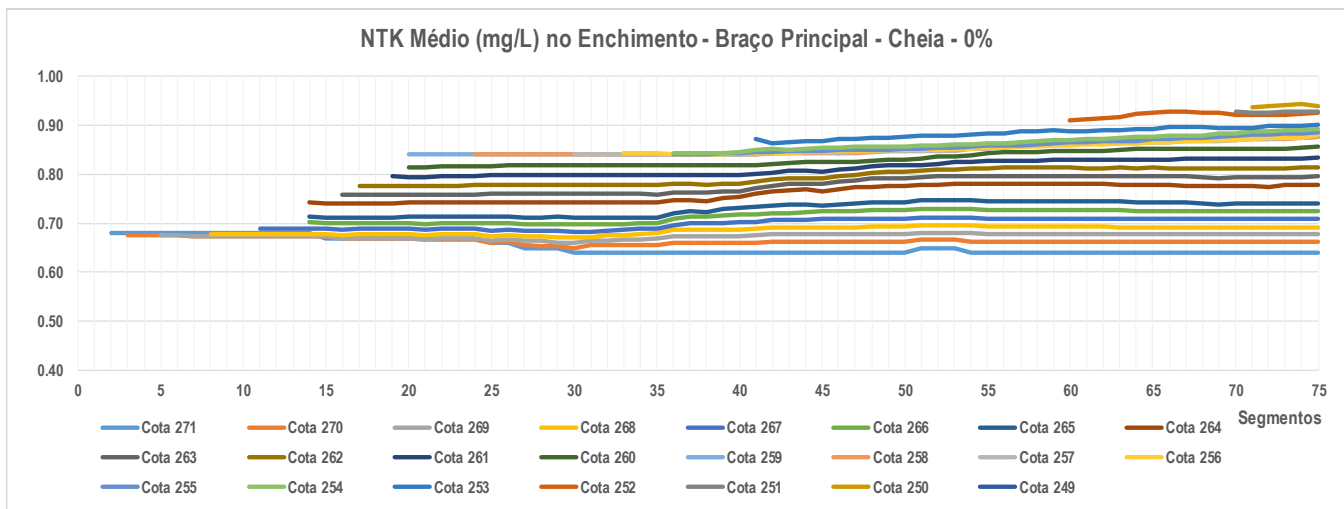


Ilustração 7-64 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 0% de desmatamento.

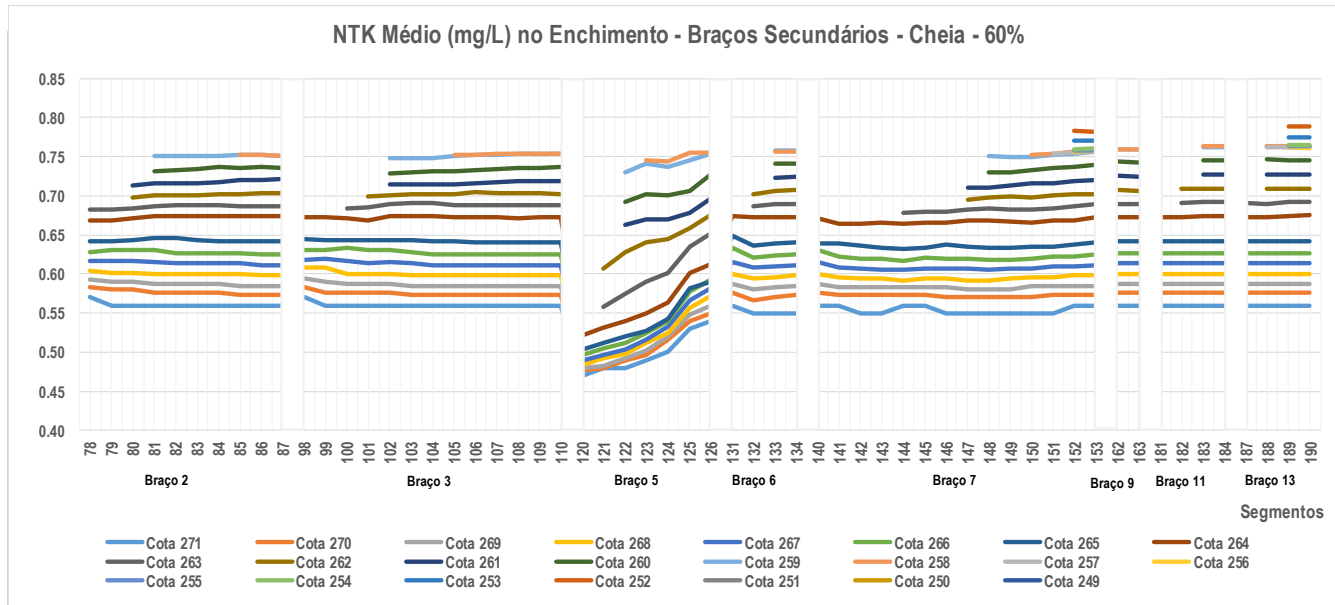
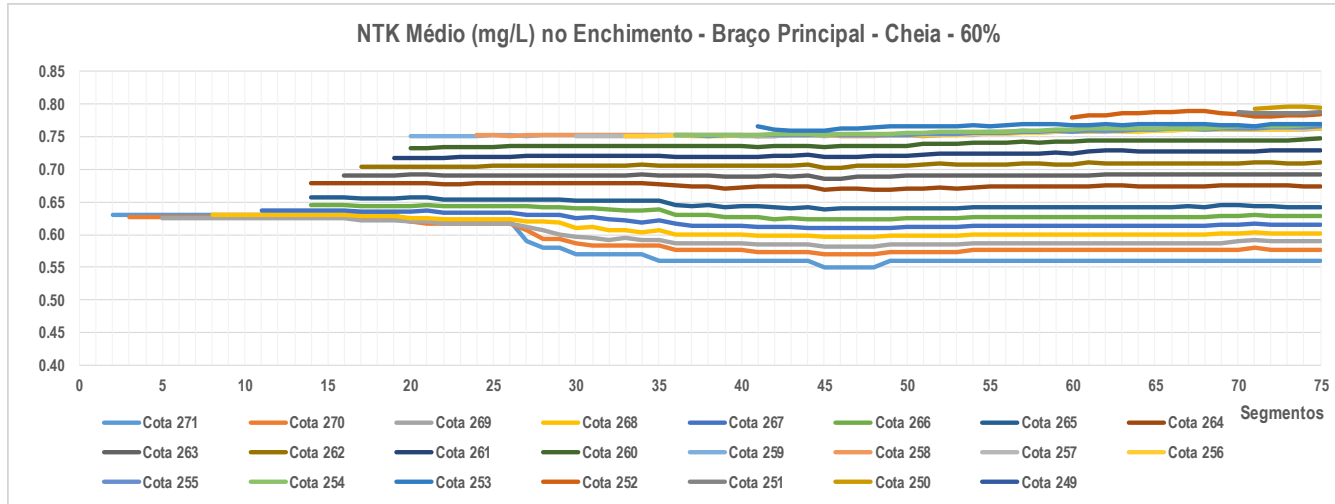


Ilustração 7-65 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 60% de desmatamento.

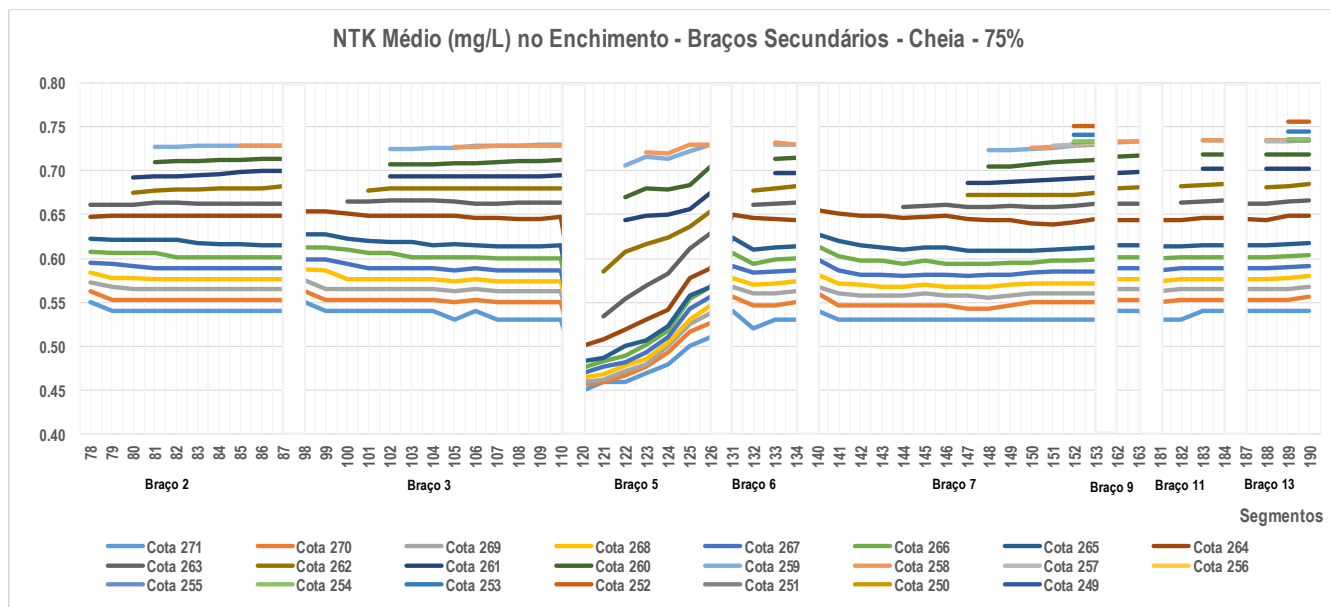
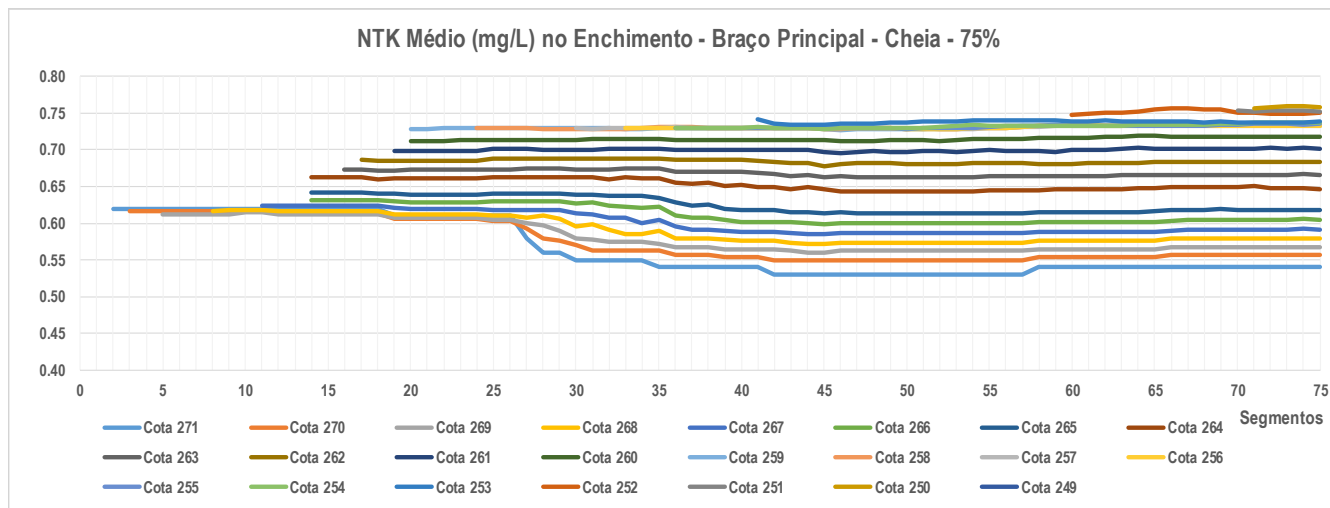


Ilustração 7-66 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 75% de desmatamento.

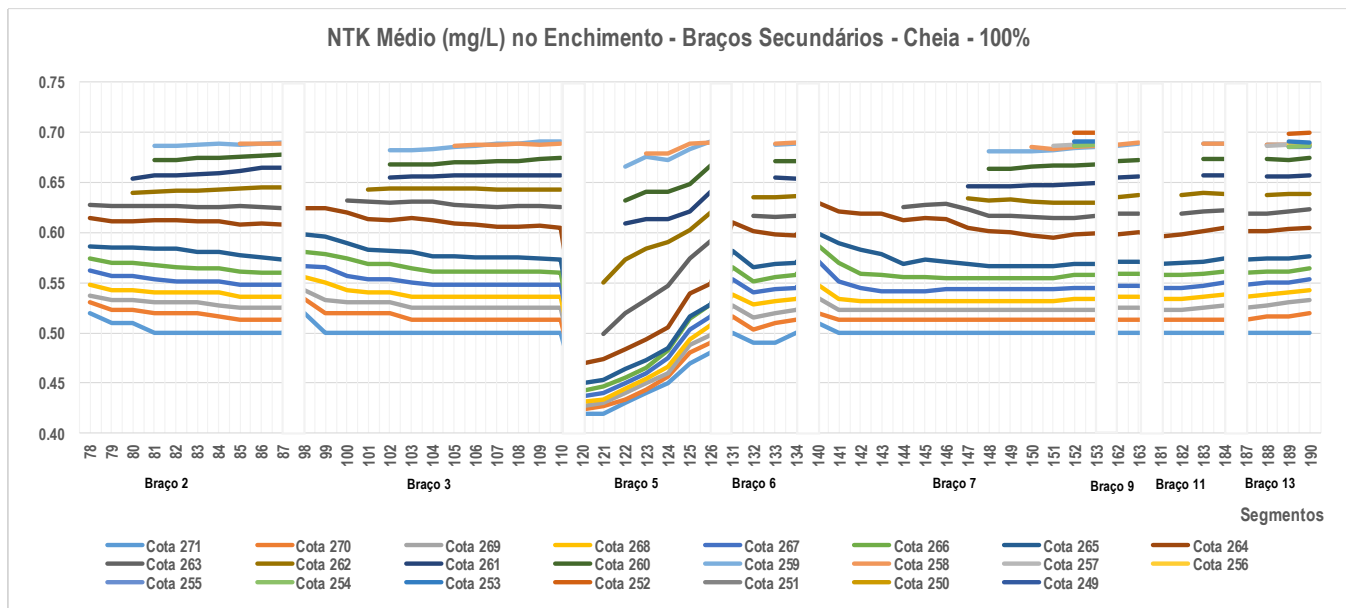
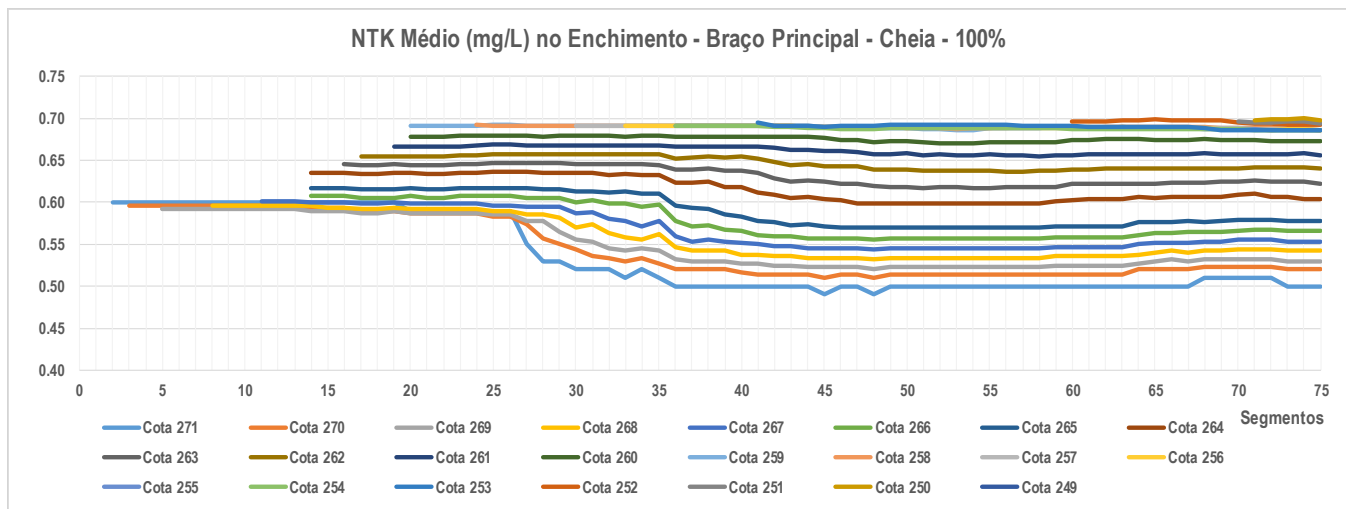


Ilustração 7-67 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 100% de desmatamento.

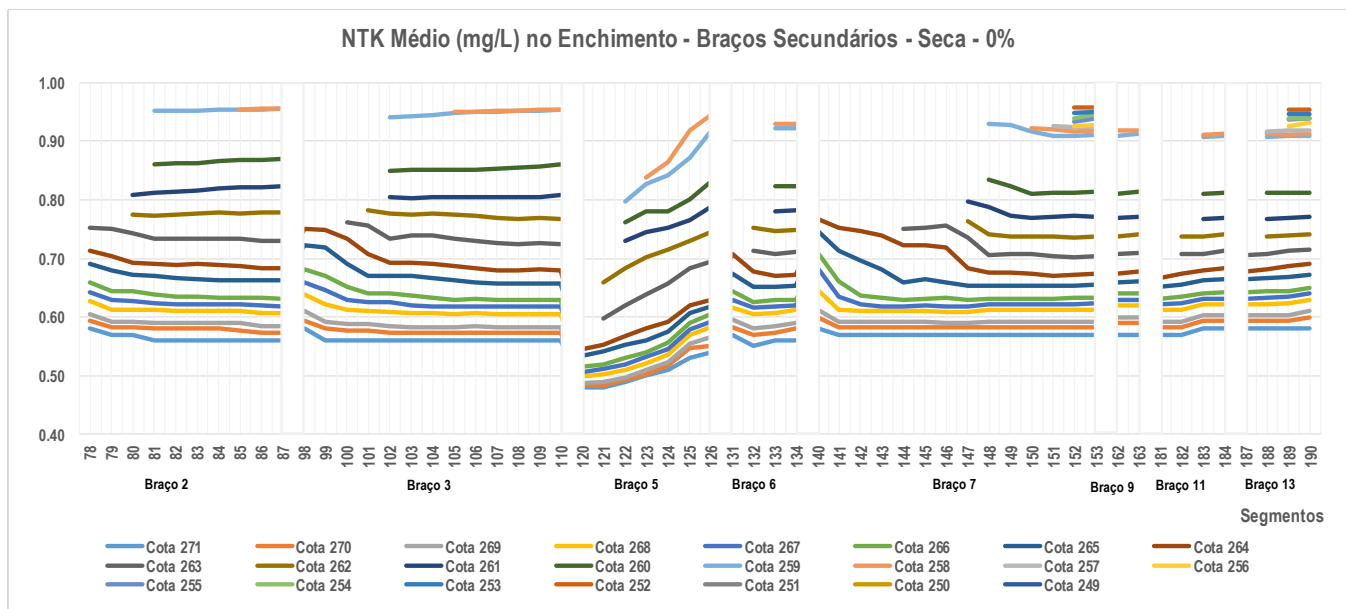
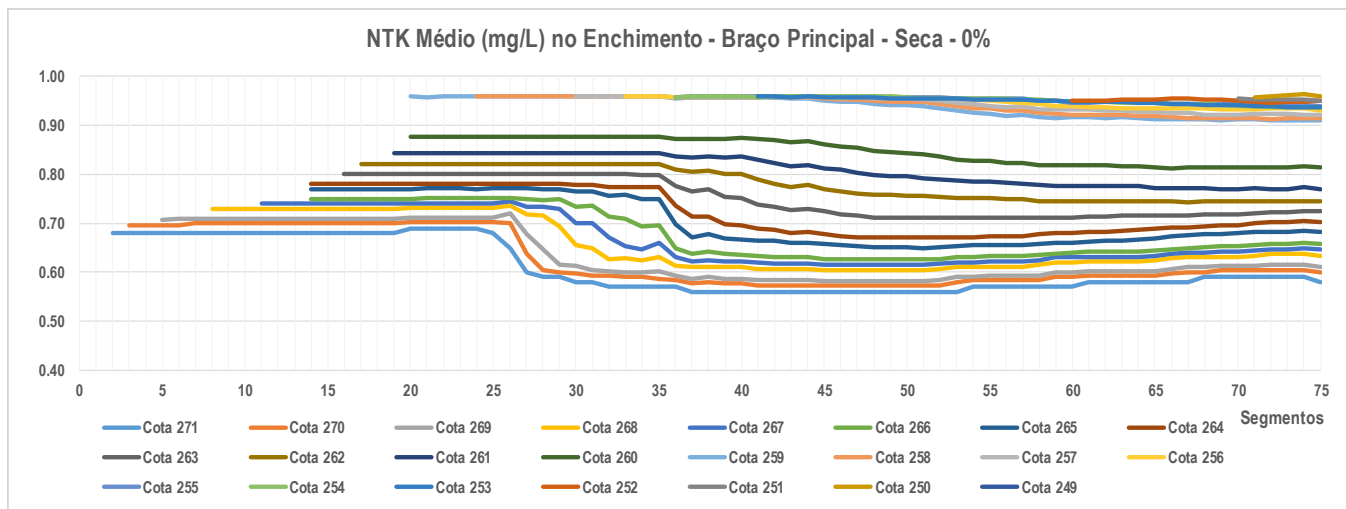


Ilustração 7-68 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 0% de desmatamento.

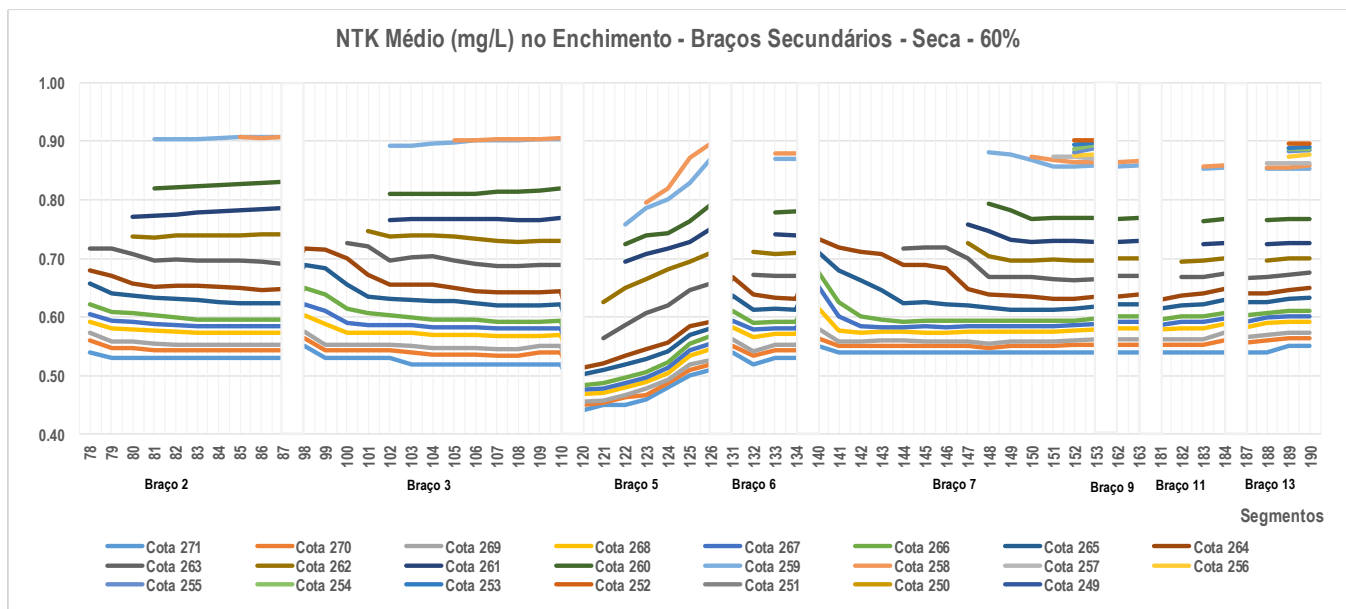
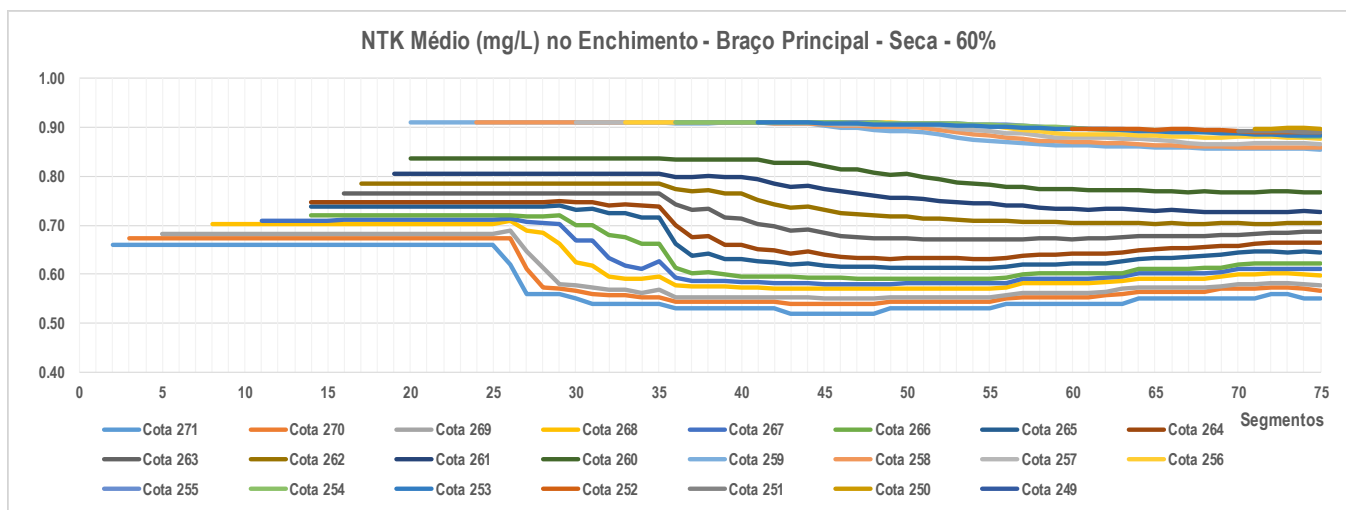


Ilustração 7-69 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 60% de desmatamento.

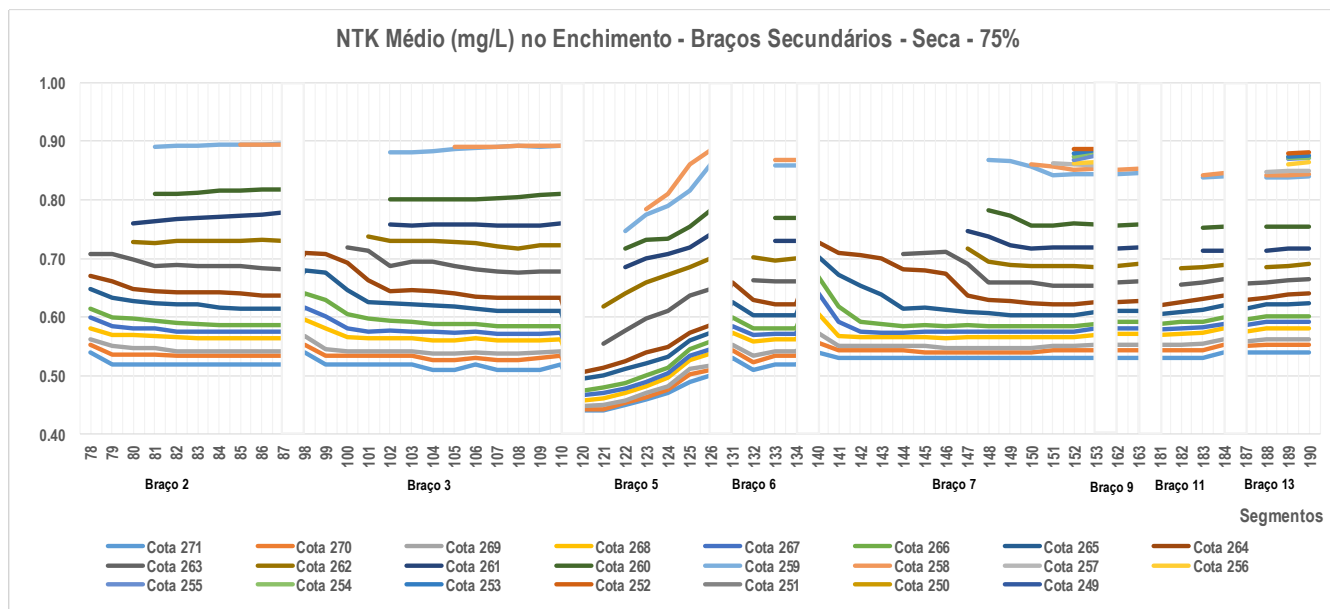
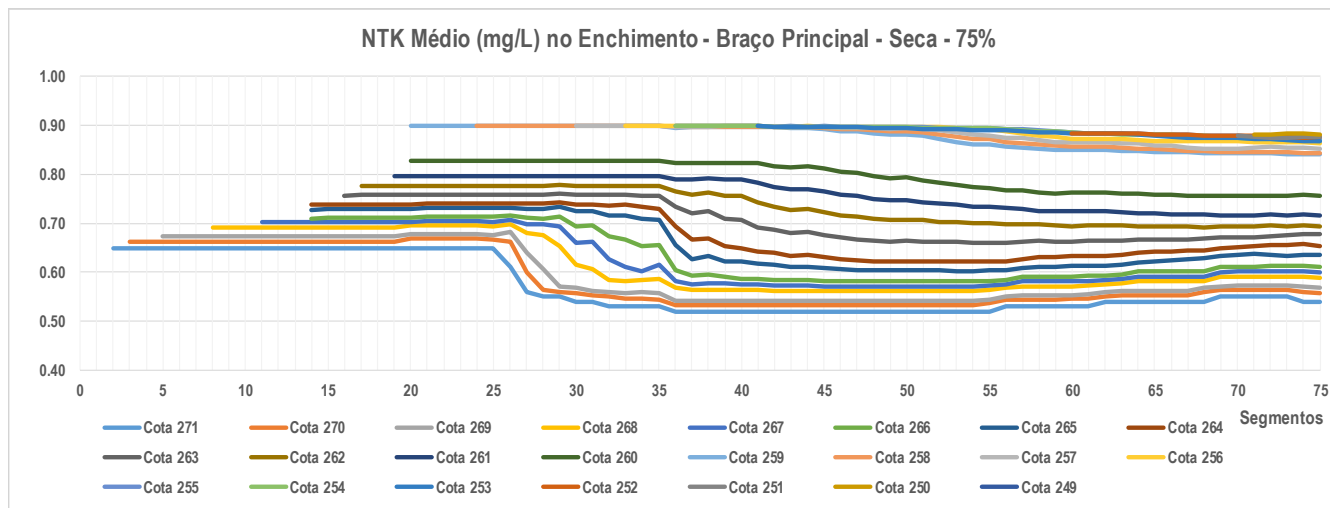


Ilustração 7-70 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 75% de desmatamento.

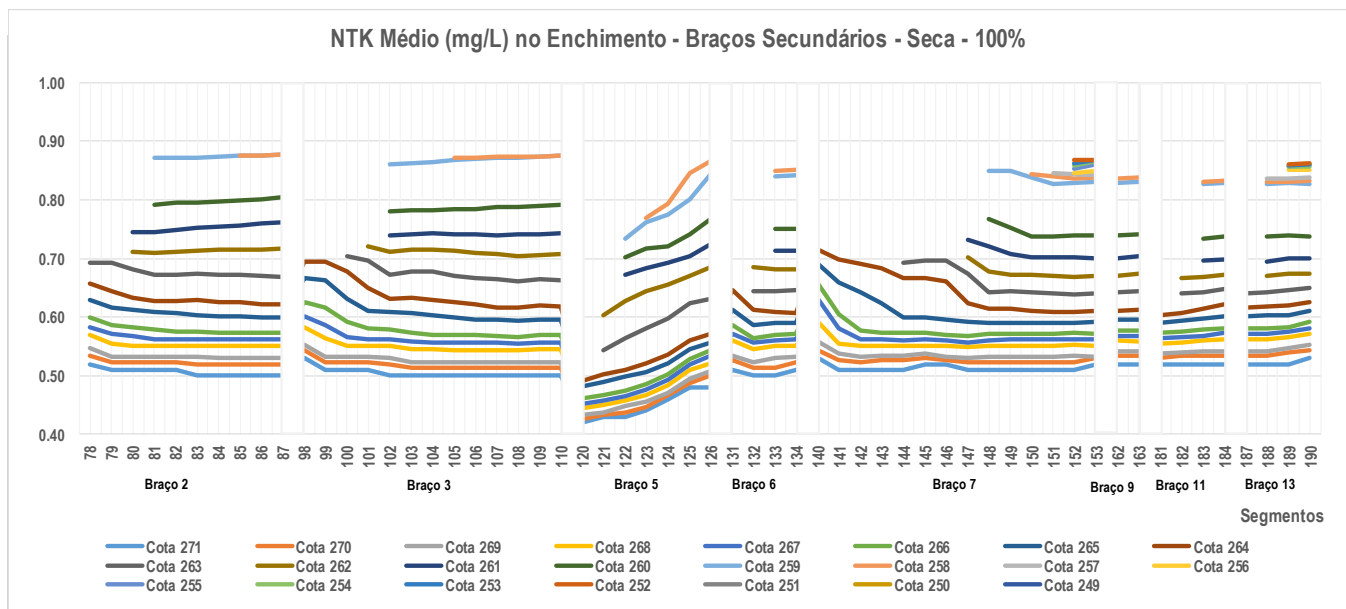
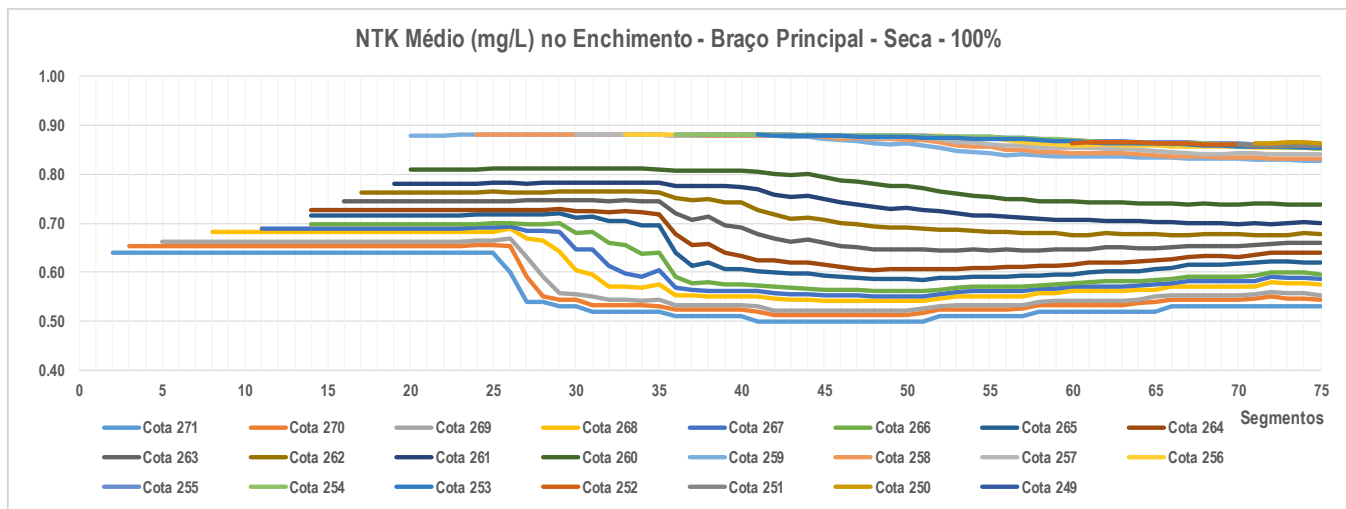


Ilustração 7-71 – Teores médios de NTK ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 100% de desmatamento.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

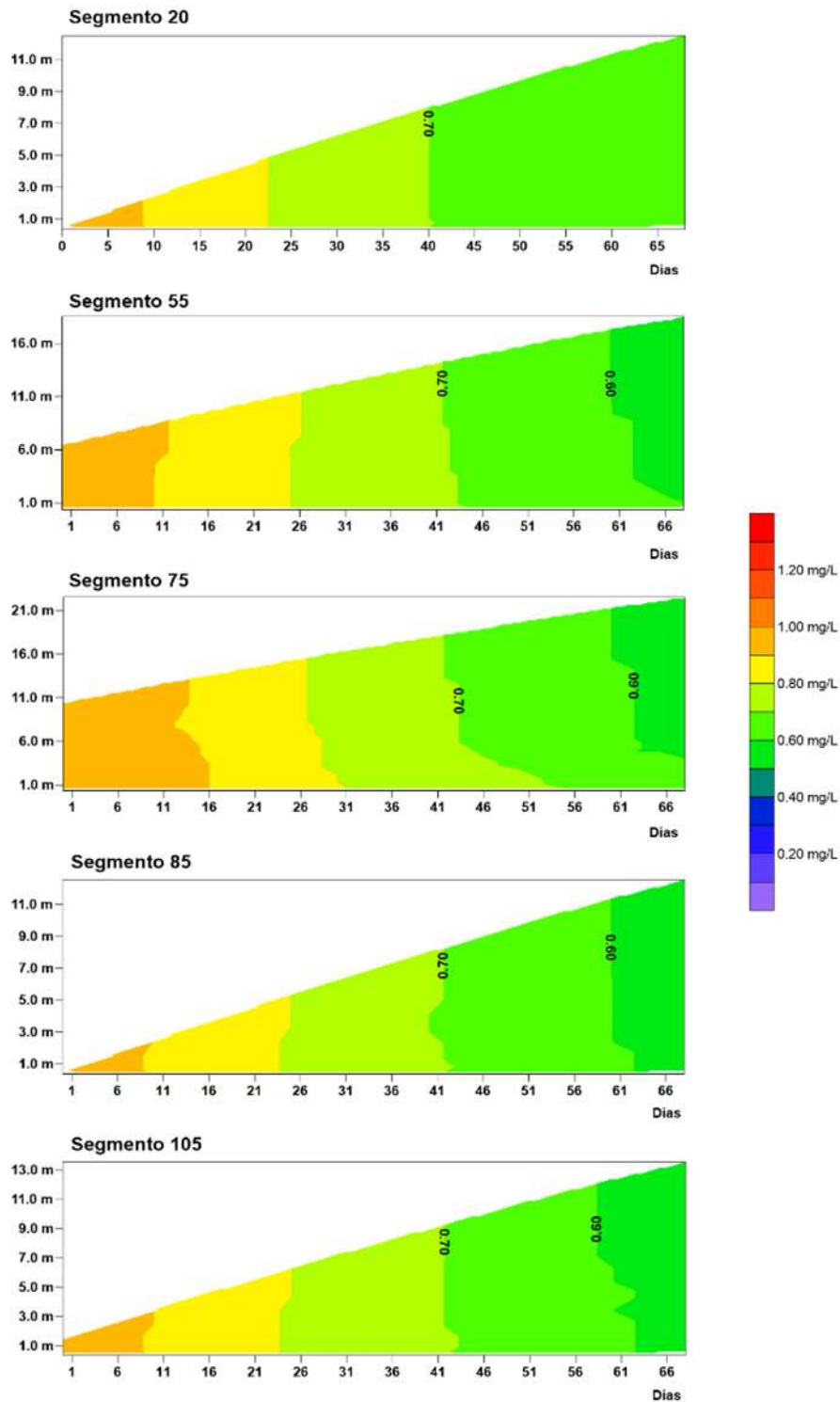


Ilustração 7-72 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

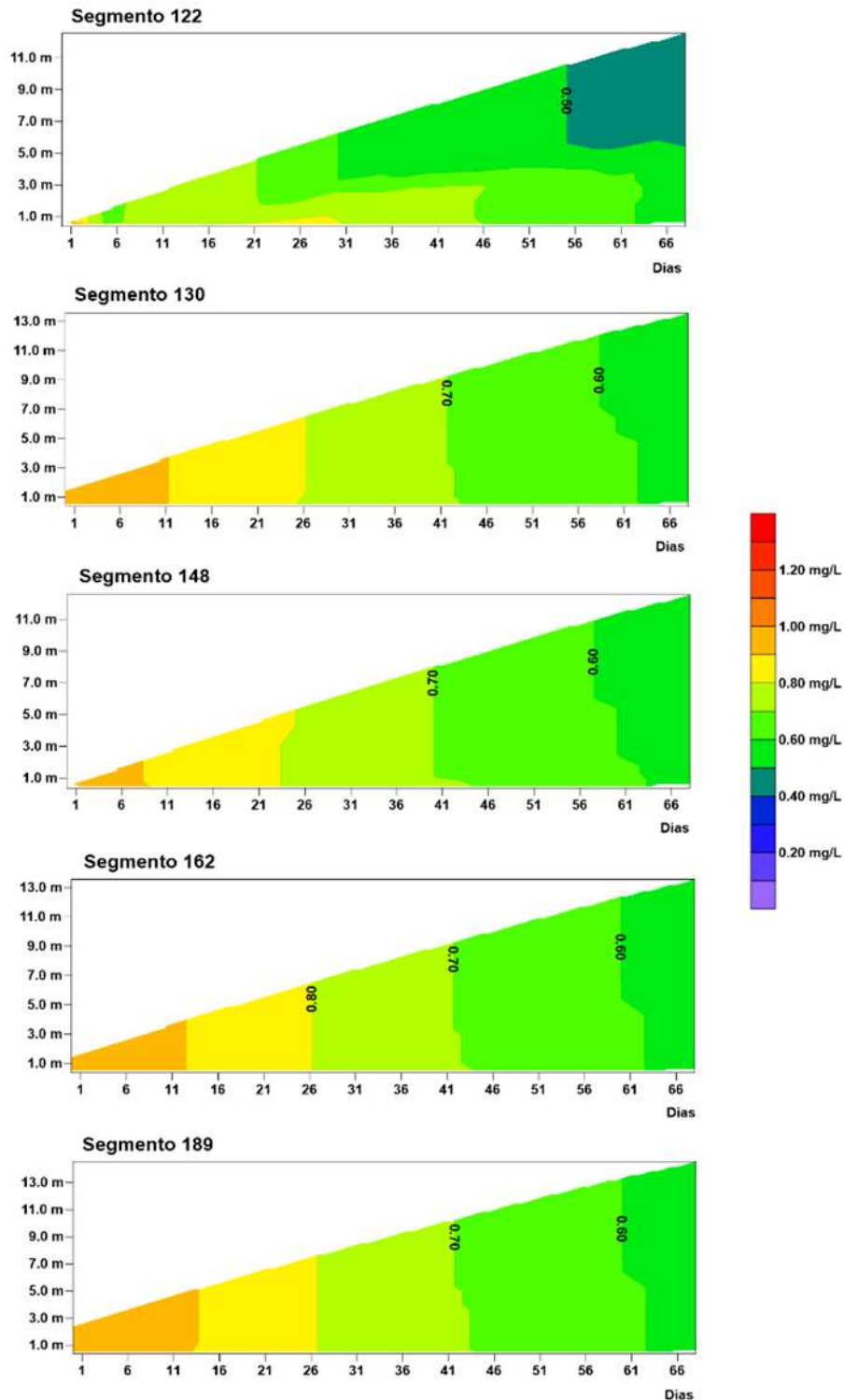


Ilustração 7-73 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

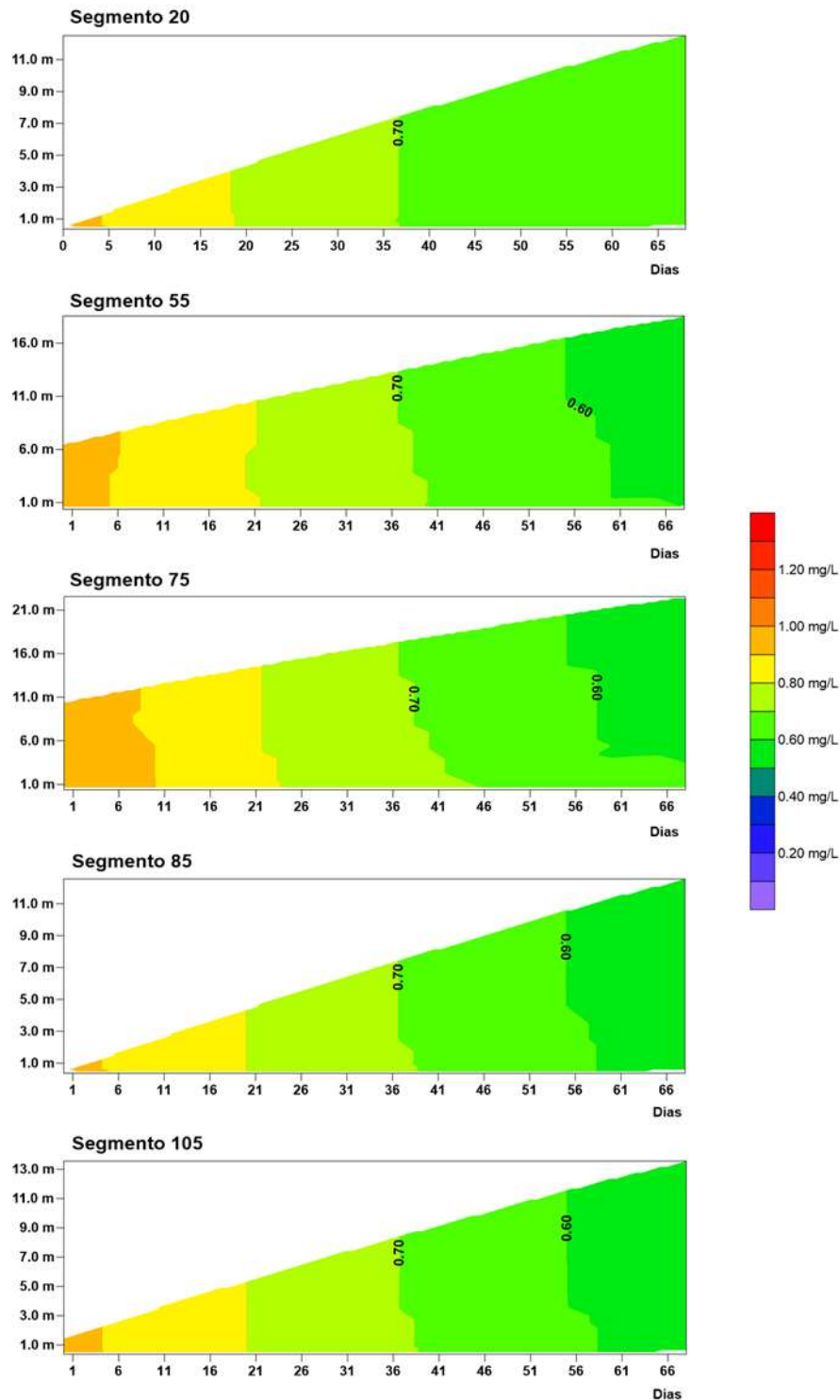


Ilustração 7-74 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

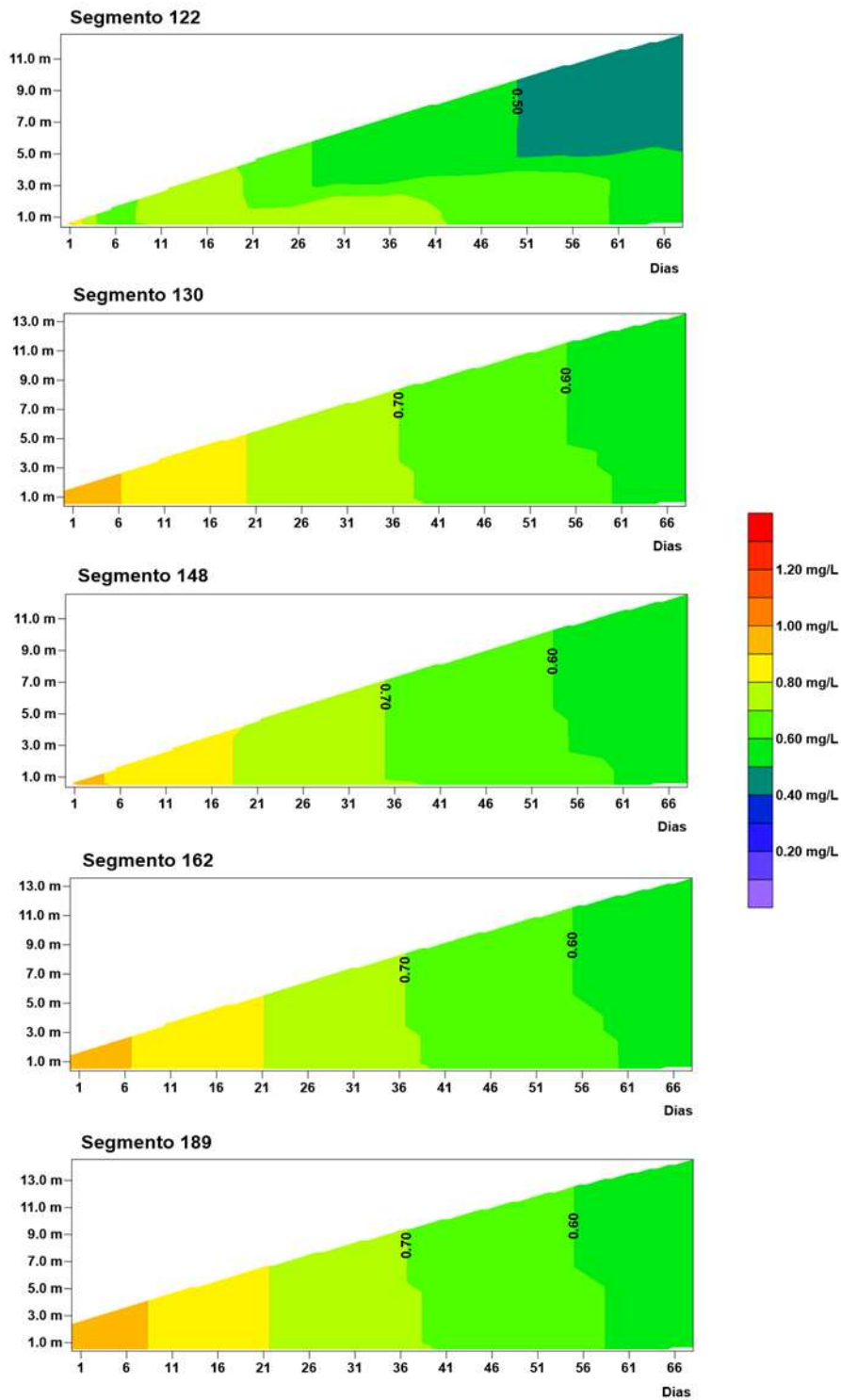


Ilustração 7-75 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 60% - SECA

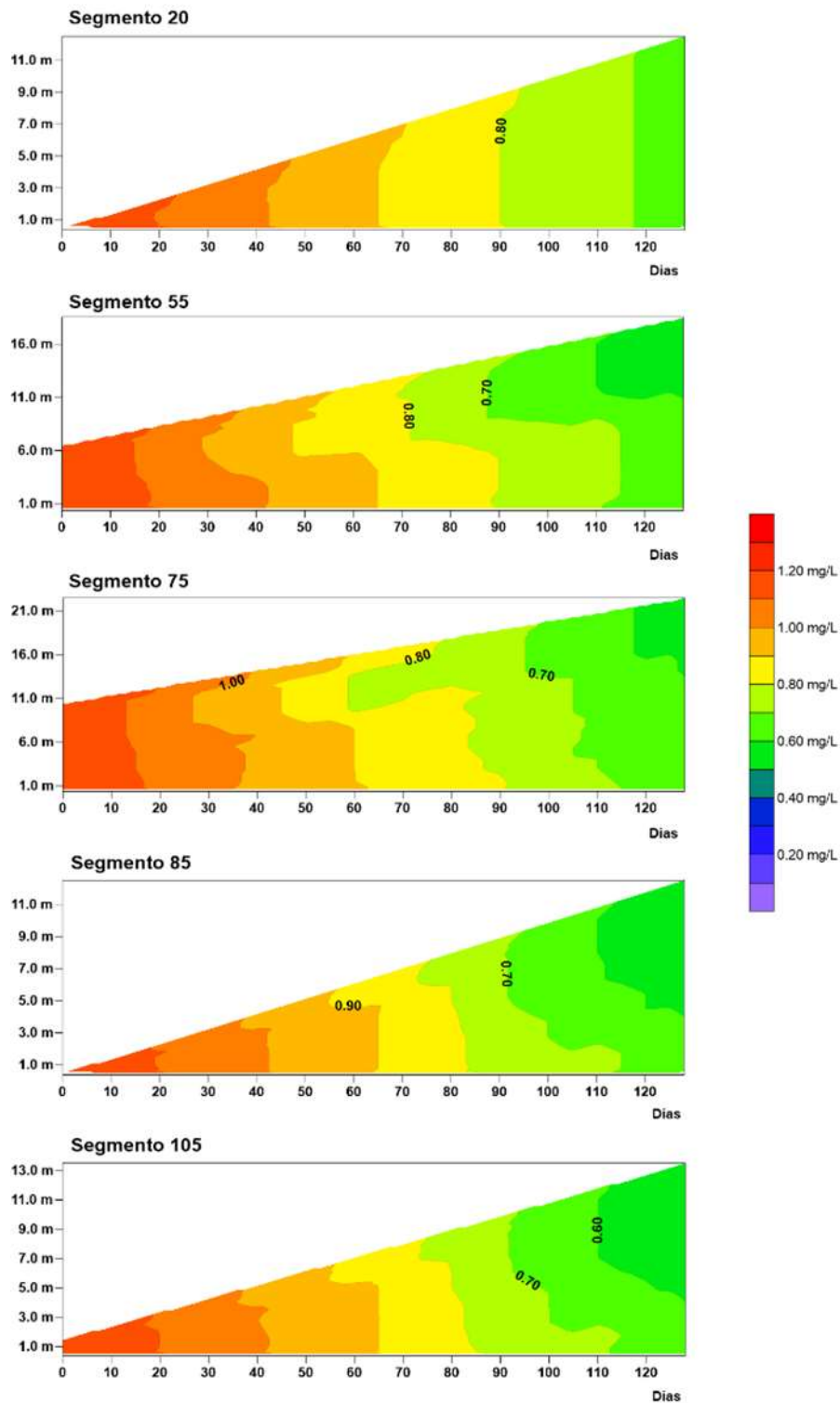


Ilustração 7-76 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 60% - SECA

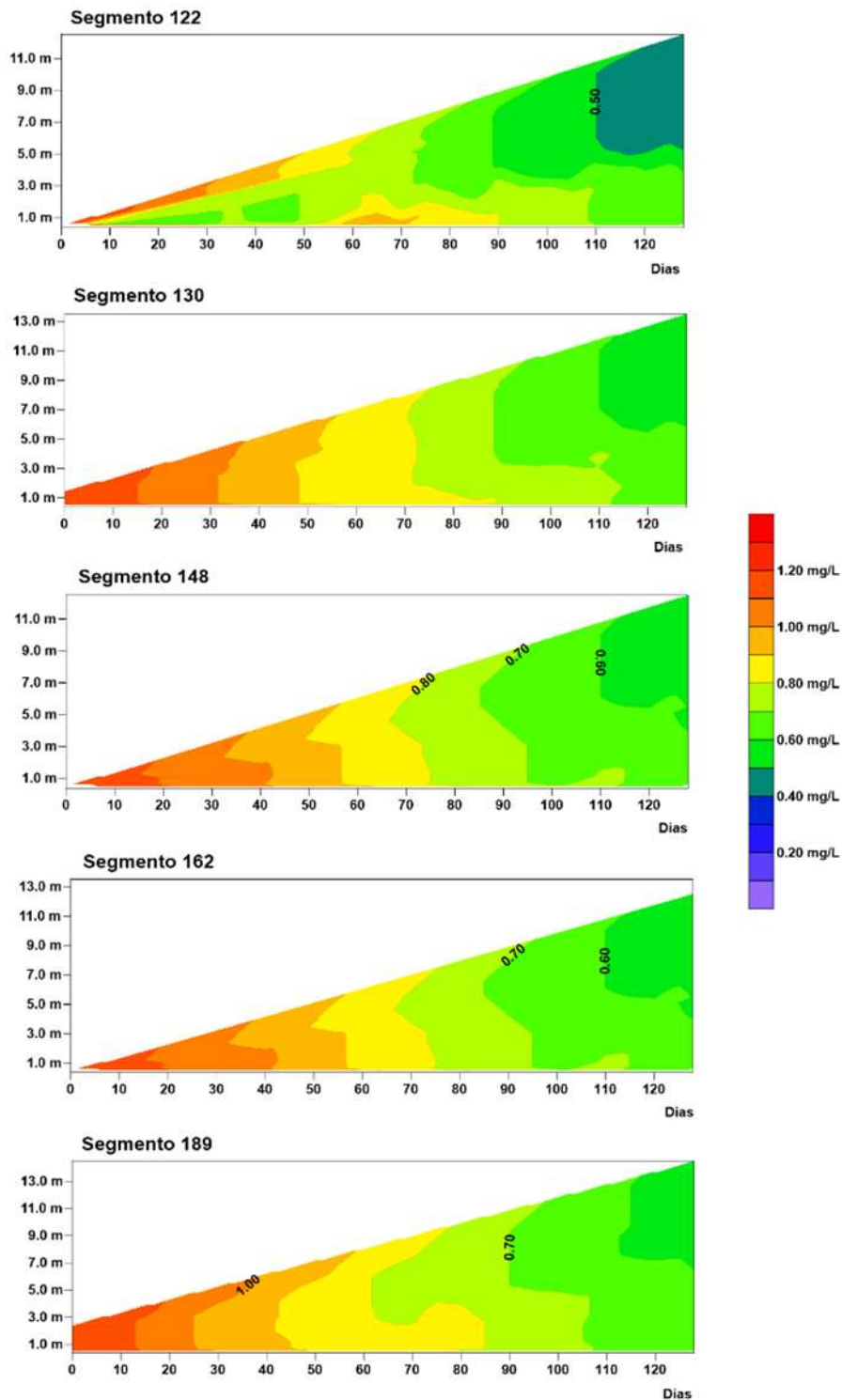


Ilustração 7-77 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 75% - SECA

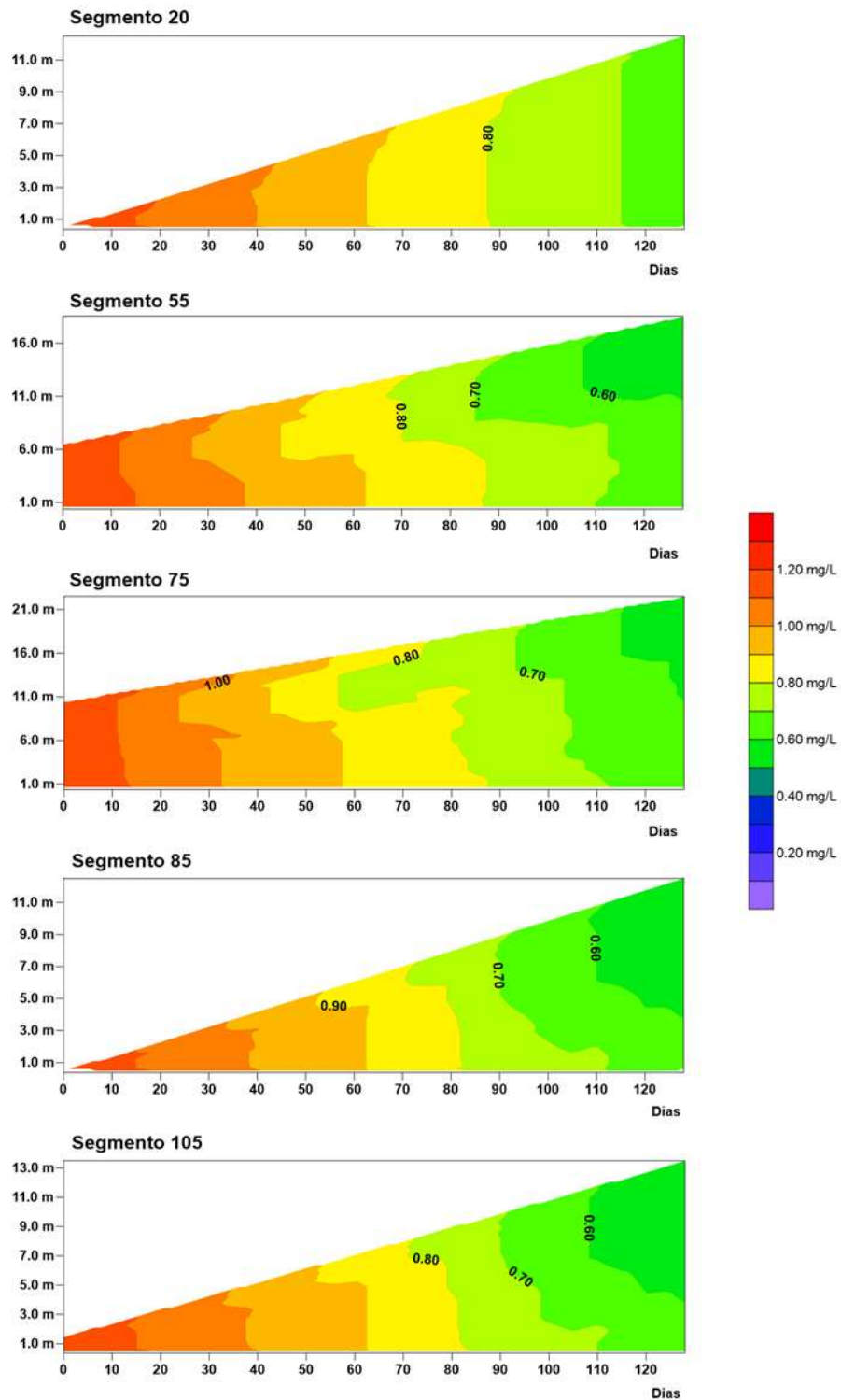


Ilustração 7-78 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - ENCHIMENTO - 75% - SECA

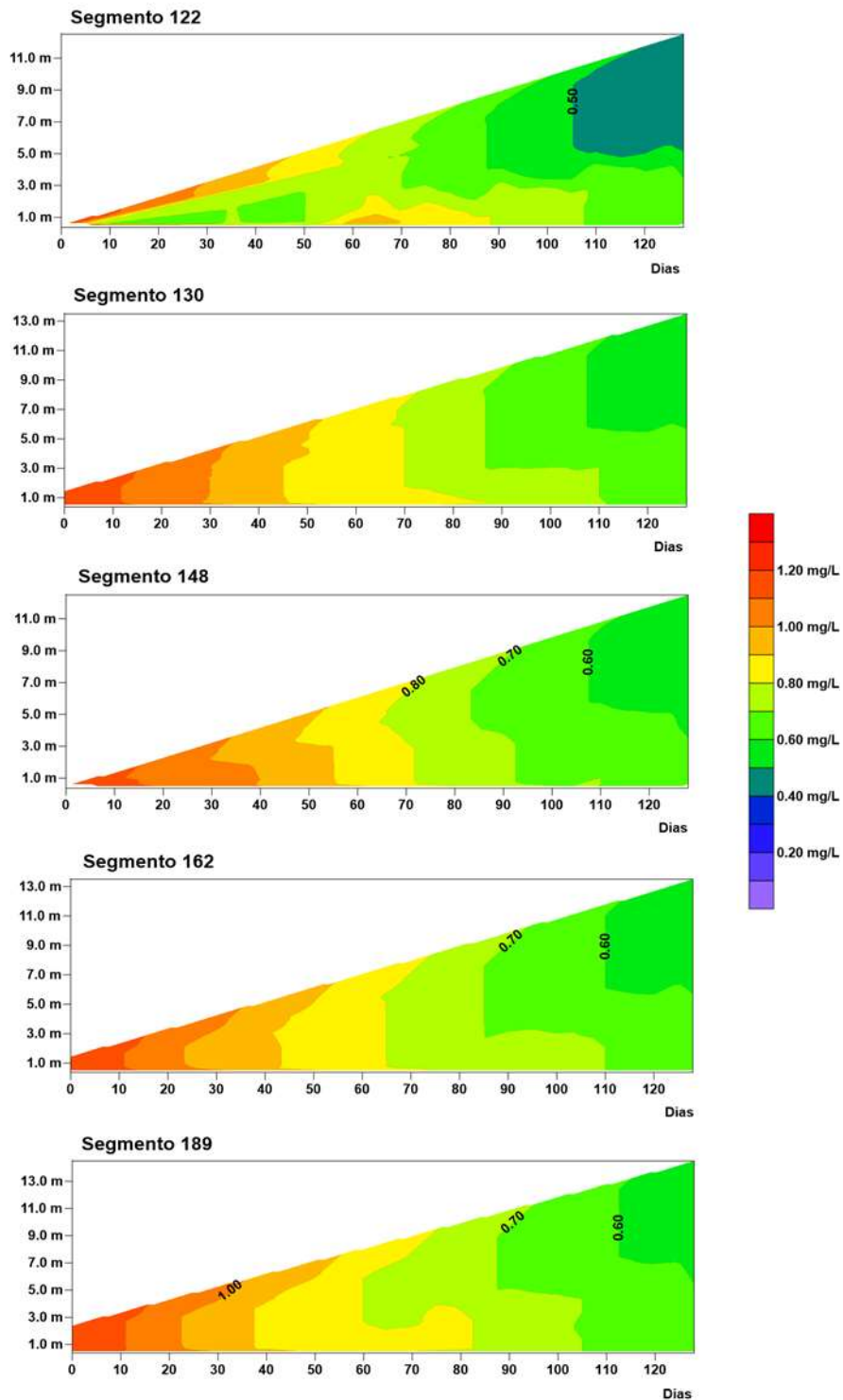


Ilustração 7-79 – Variação do NTK ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

7.1.7 Fósforo Total

Da Ilustração 7-80 a Ilustração 7-83 são apresentados os resultados quanto aos teores médios de Fósforo Total ao longo do sistema durante o processo de enchimento do reservatório Canto do Rio no período de Cheia, enquanto que da Ilustração 7-84 a Ilustração 7-87 os resultados para o período de Seca.

No período de Cheia, os teores médios de Fósforo Total são, de forma geral, mais elevados junto as camadas mais profundas em função da estabilização da matéria orgânica e processo de sedimentação neste compartimento, e menores junto as camadas mais superficiais. Nos cenários com zero e 100% de desmatamentos os teores médios mais elevados, verificados nas camadas mais profundas, são da ordem de 0,051 mg/L e 0,034 mg/L respectivamente.

No período de Seca, em termos médios, o trecho inicial do sistema (até o segmento 25) apresenta os maiores valores de Fósforo Total superficialmente, entre os segmentos 26 e 45 verifica-se um trecho de transição a partir do qual os teores mais elevados passam a ocorrer nas camadas mais profundas, onde nos cenários com zero e 100% de desmatamentos os teores médios mais elevados são da ordem de 0,035 mg/L e 0,028 mg/L respectivamente.

Da Ilustração 7-88 a Ilustração 7-95 são apresentadas as variações do Fósforo Total ao longo de seções de controle do sistema nos períodos de Cheia e Seca quanto ao início do enchimento do reservatório associadas aos cenários de 60% e 75% de desmatamento simulados.

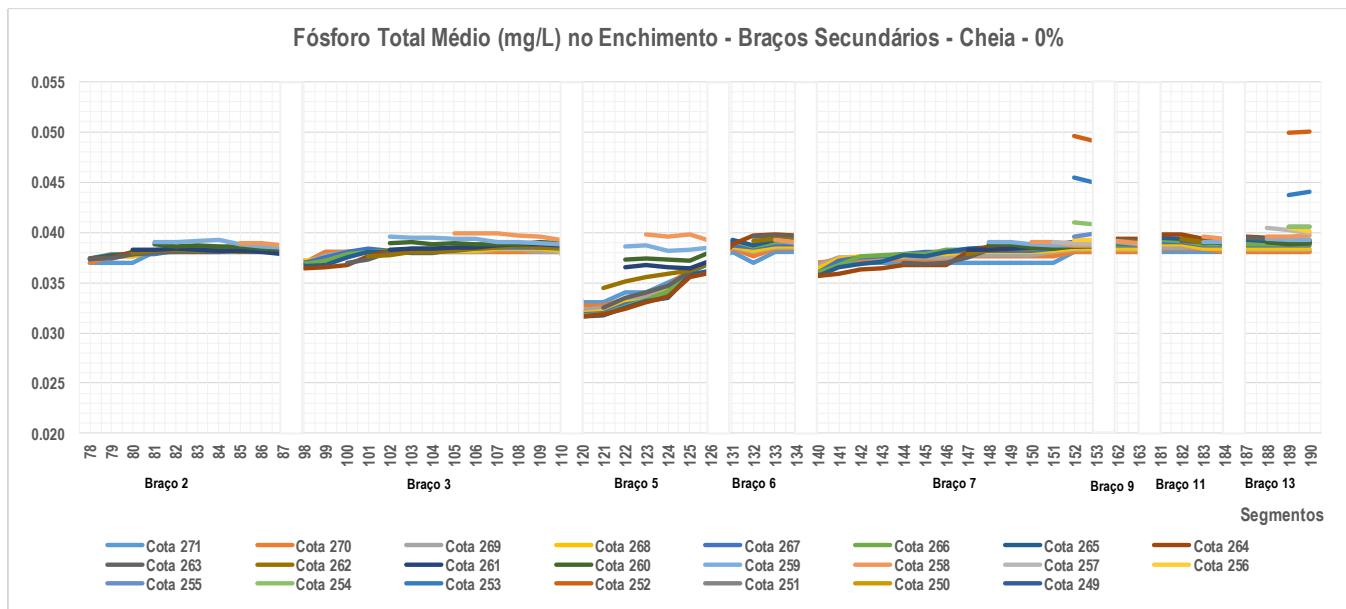
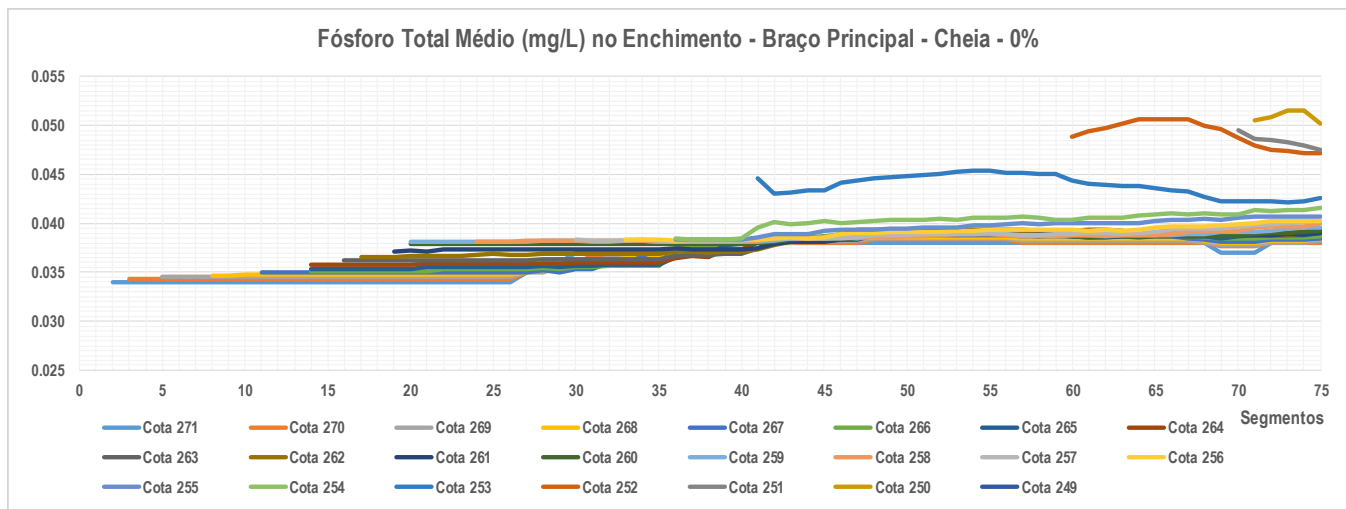


Ilustração 7-80 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 0% de desmatamento.

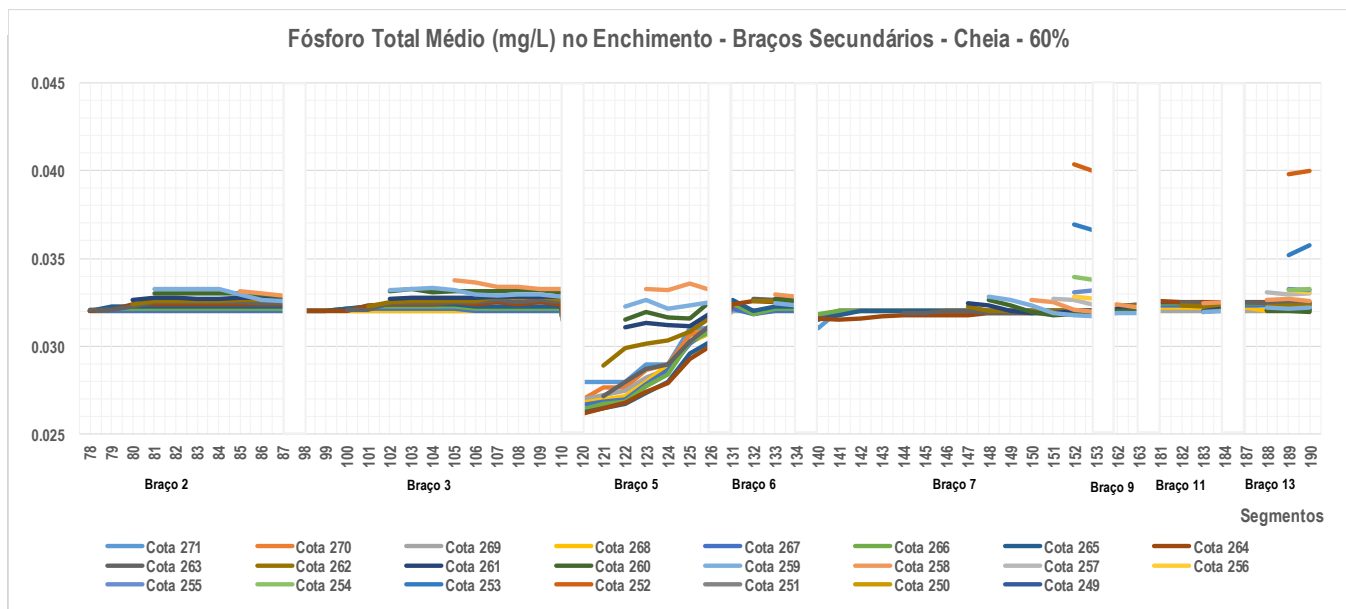
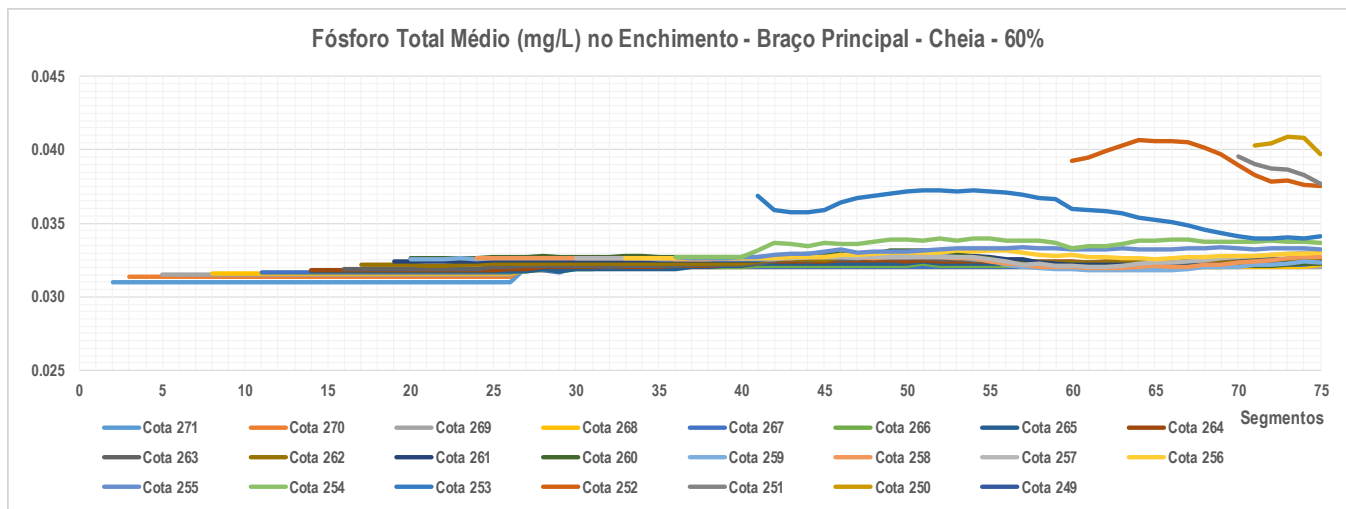


Ilustração 7-81 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 60% de desmatamento.

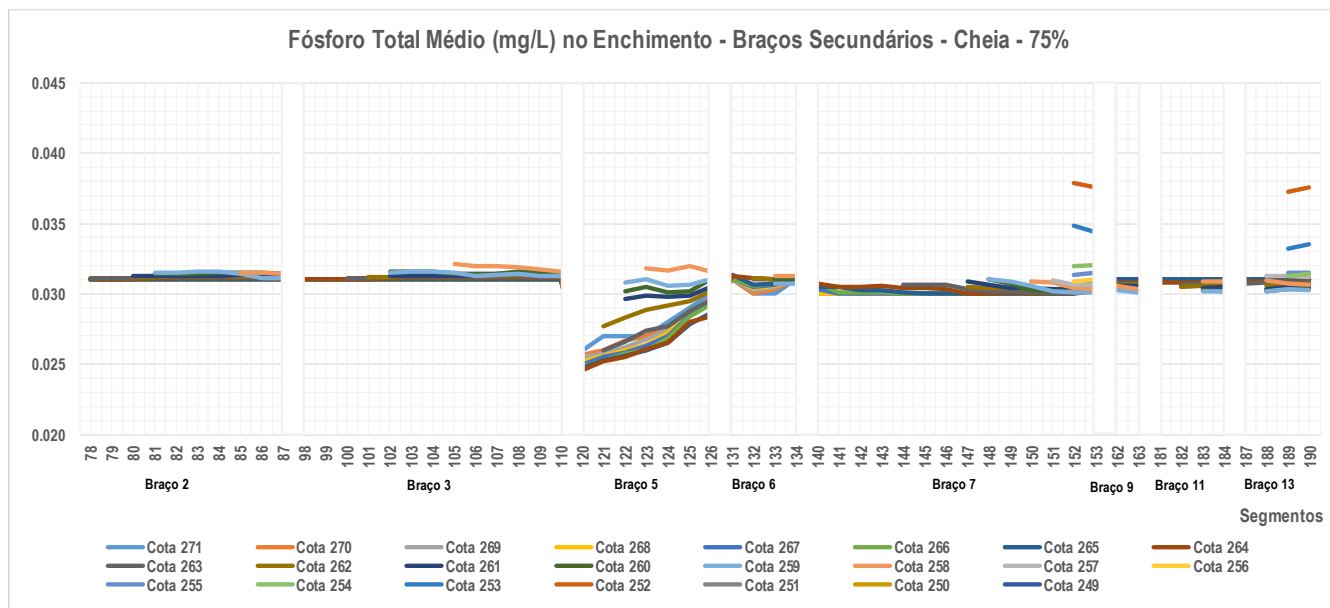
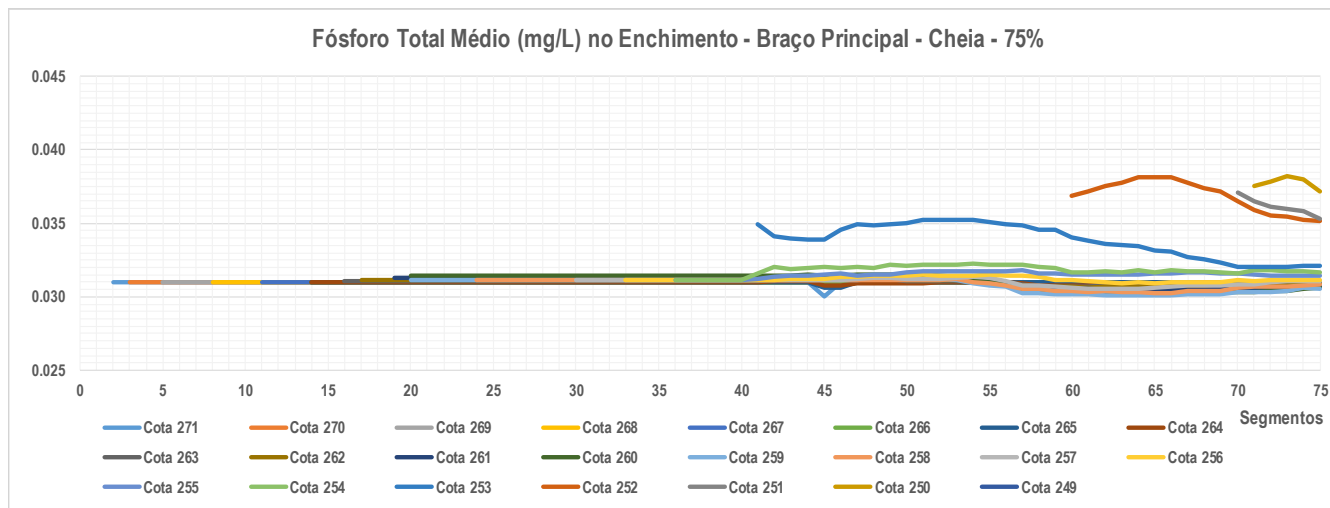


Ilustração 7-82 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 75% de desmatamento.

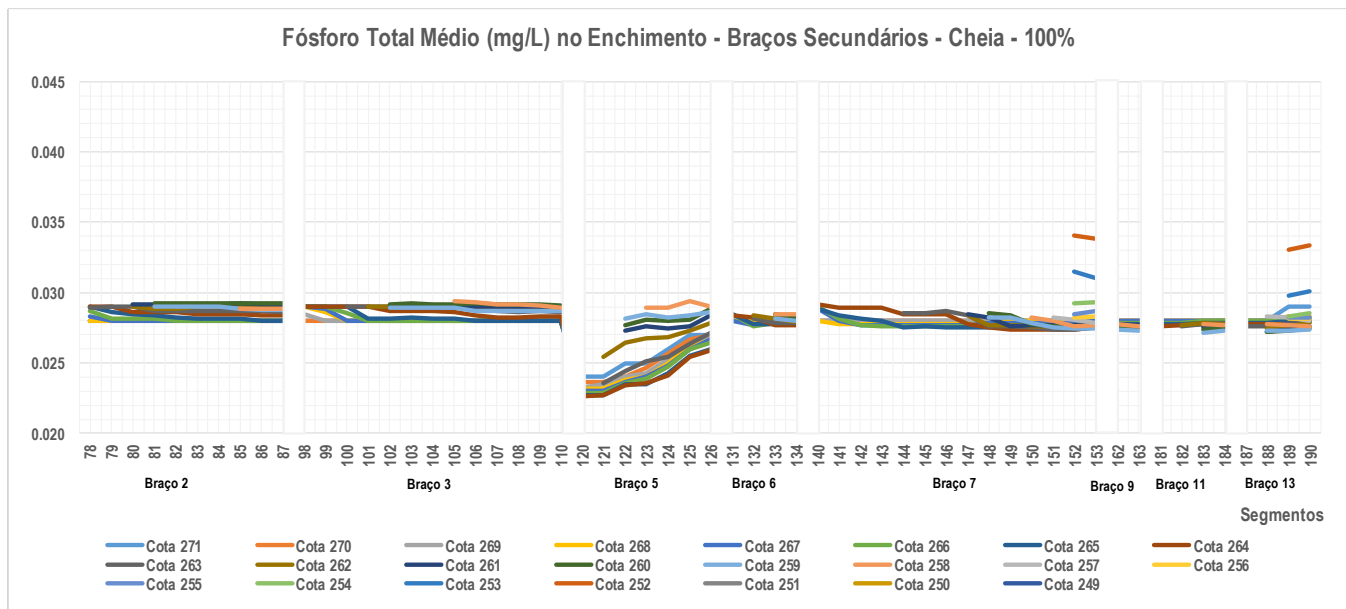
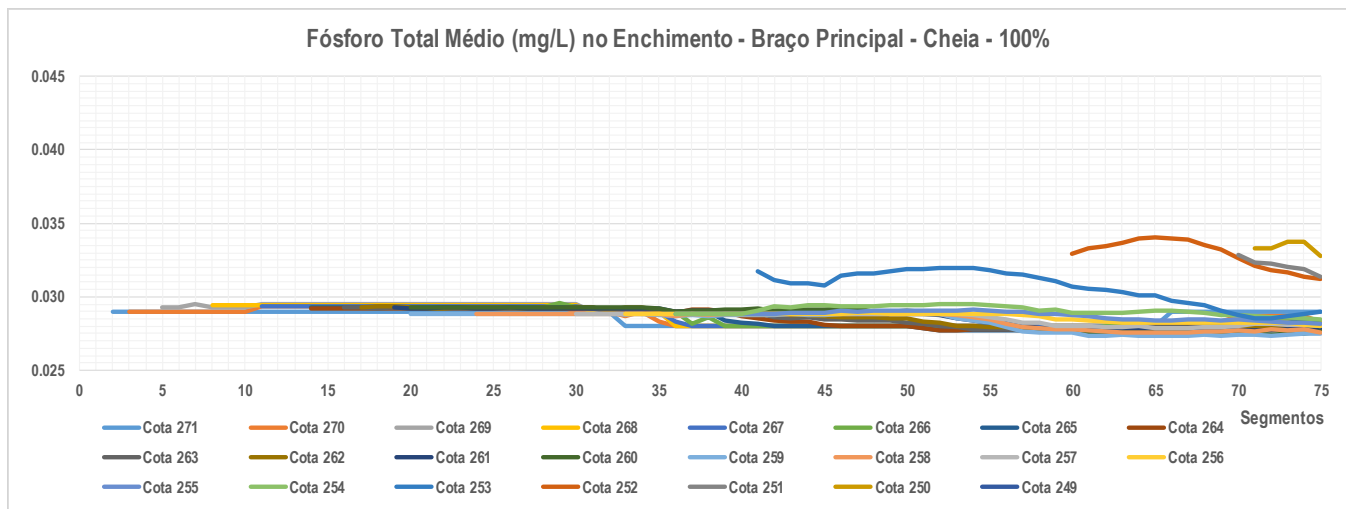


Ilustração 7-83 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Cheia – Cenário de 100% de desmatamento.

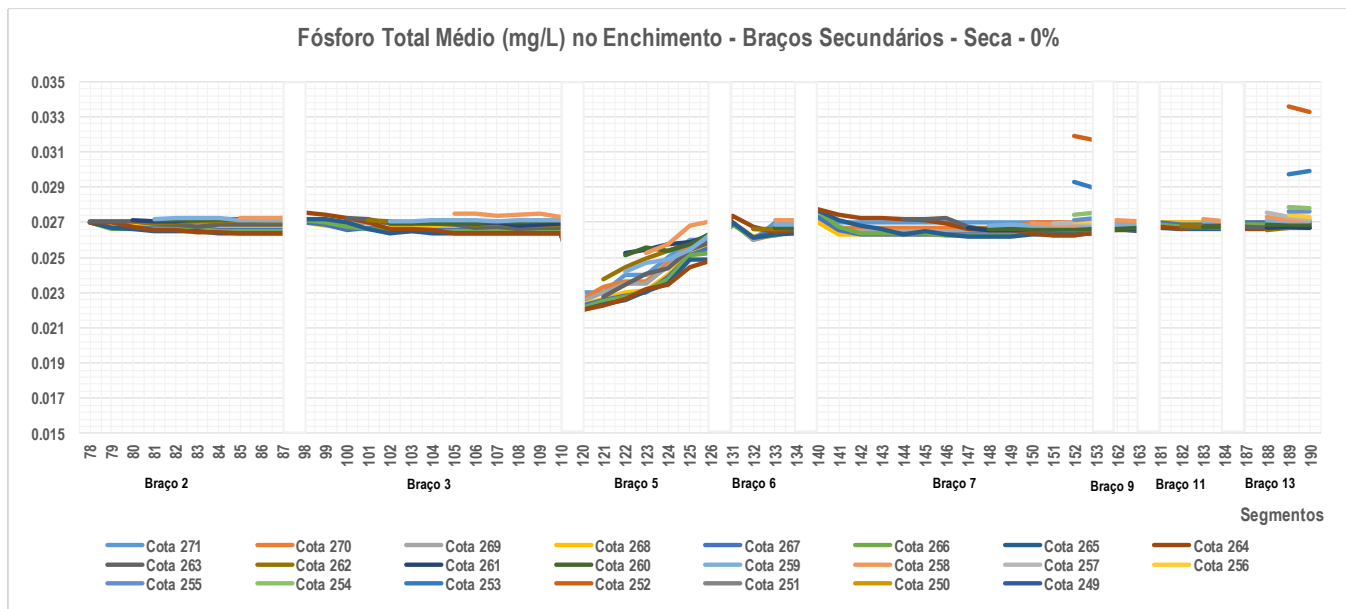
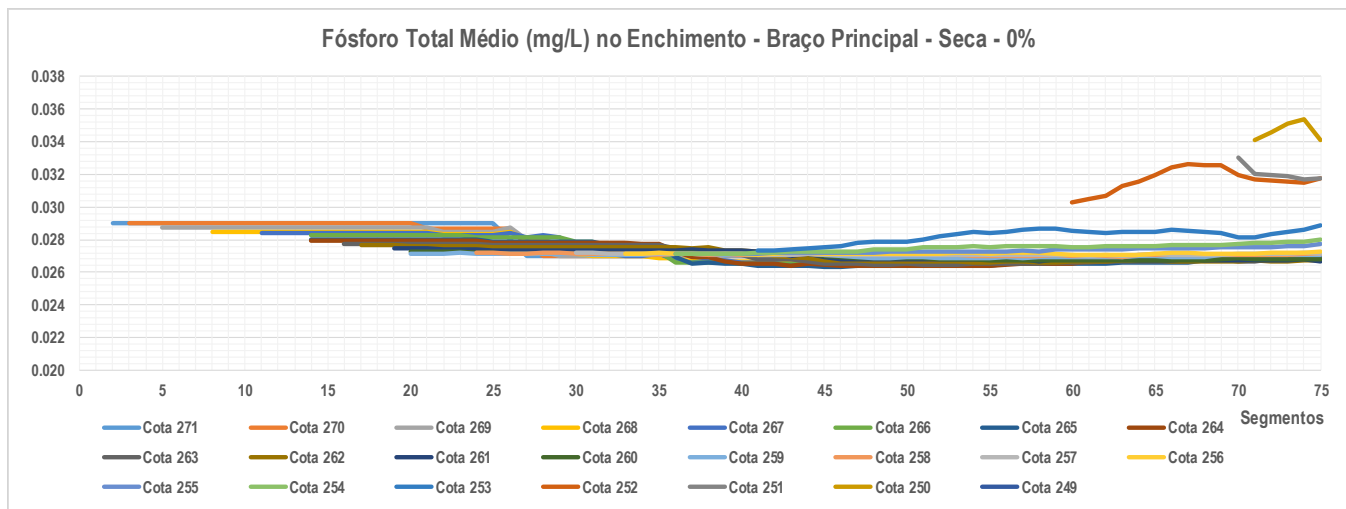


Ilustração 7-84 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 0% de desmatamento.

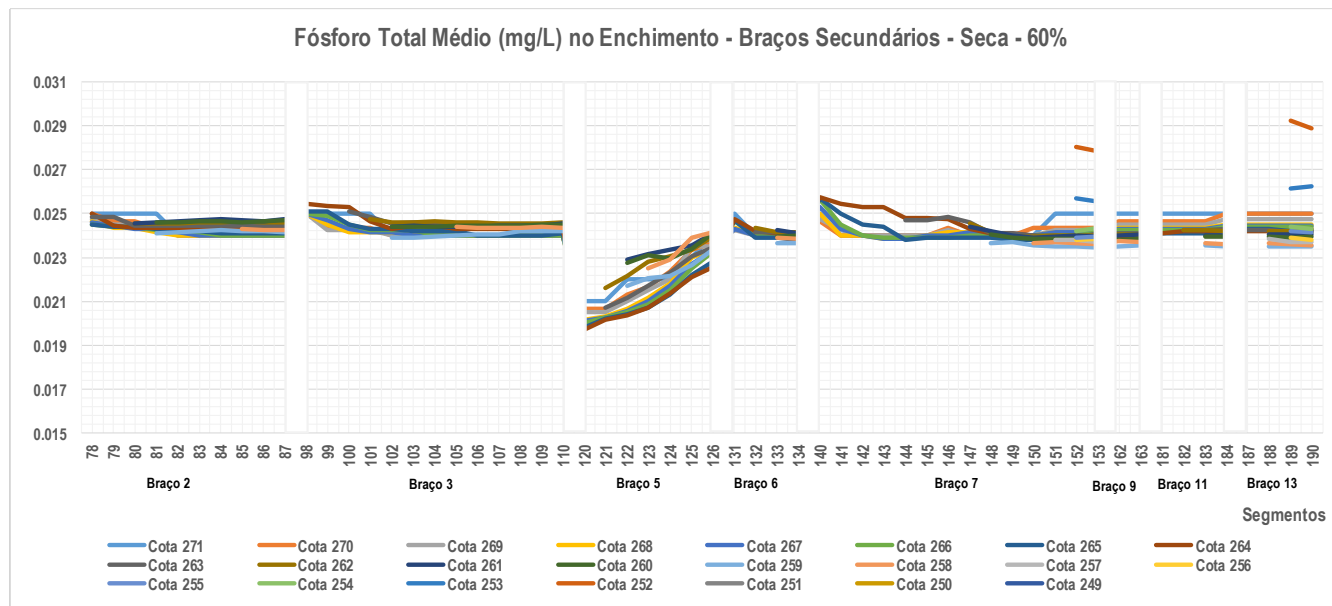
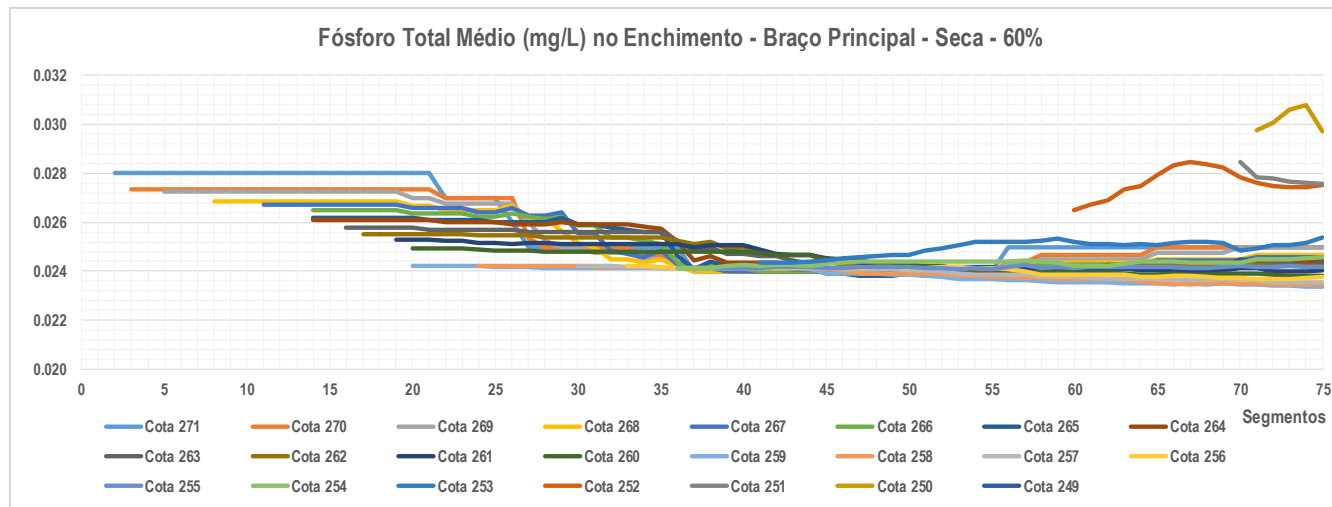


Ilustração 7-85 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 60% de desmatamento.

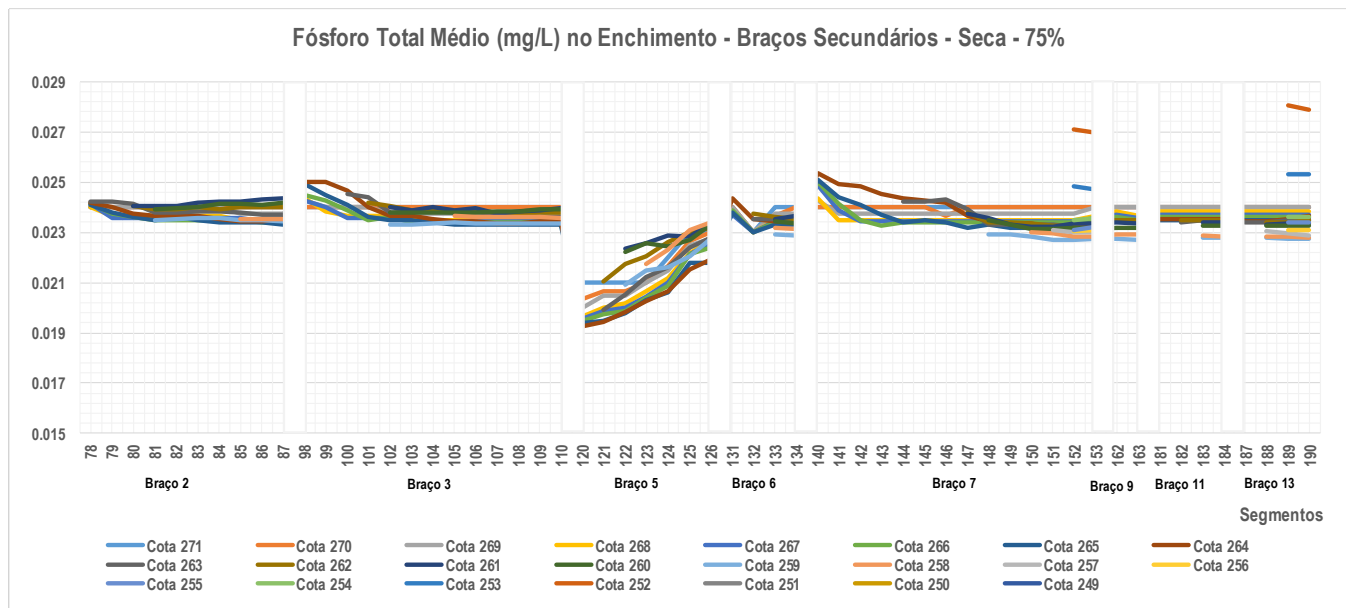
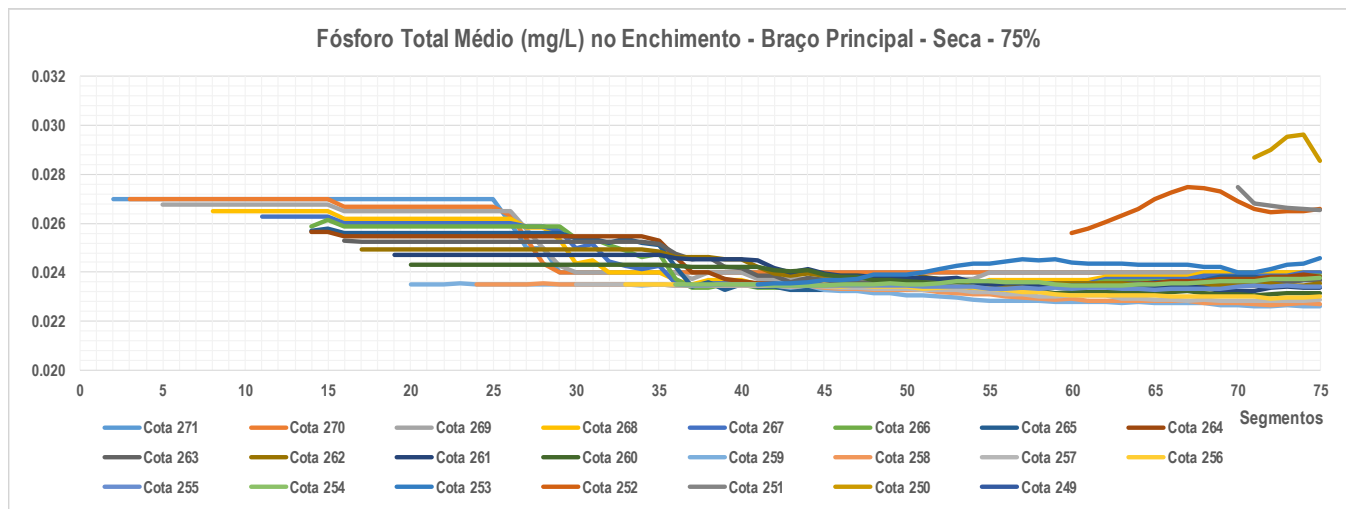


Ilustração 7-86 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 75% de desmatamento.

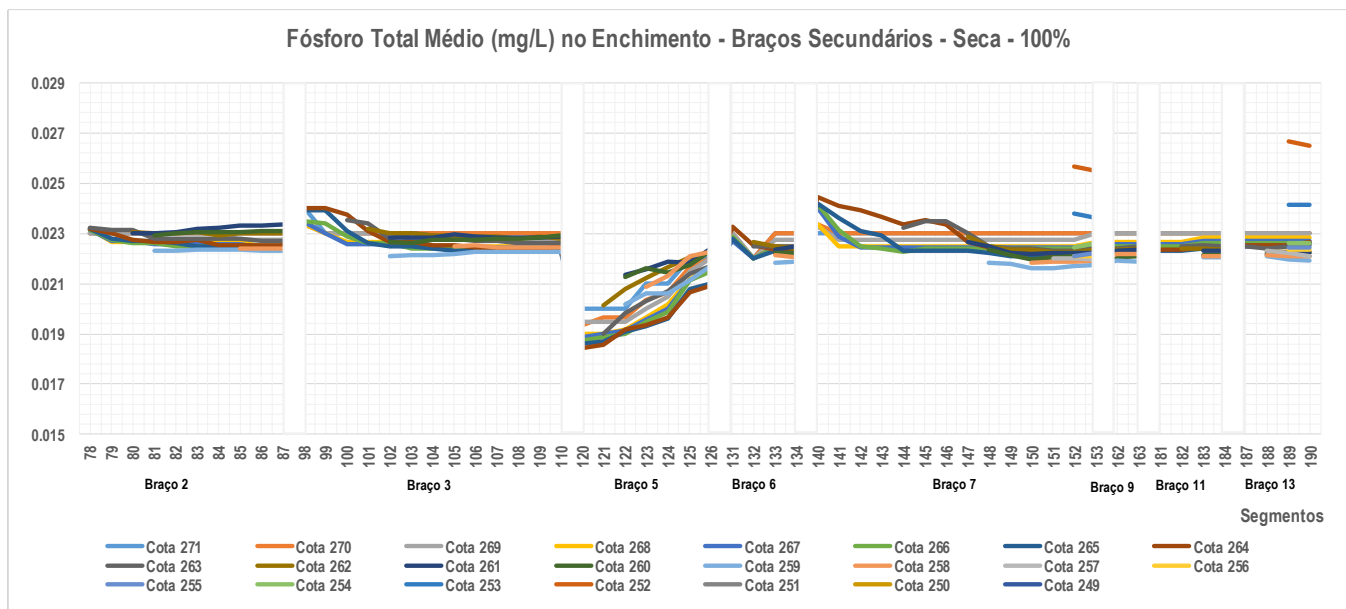
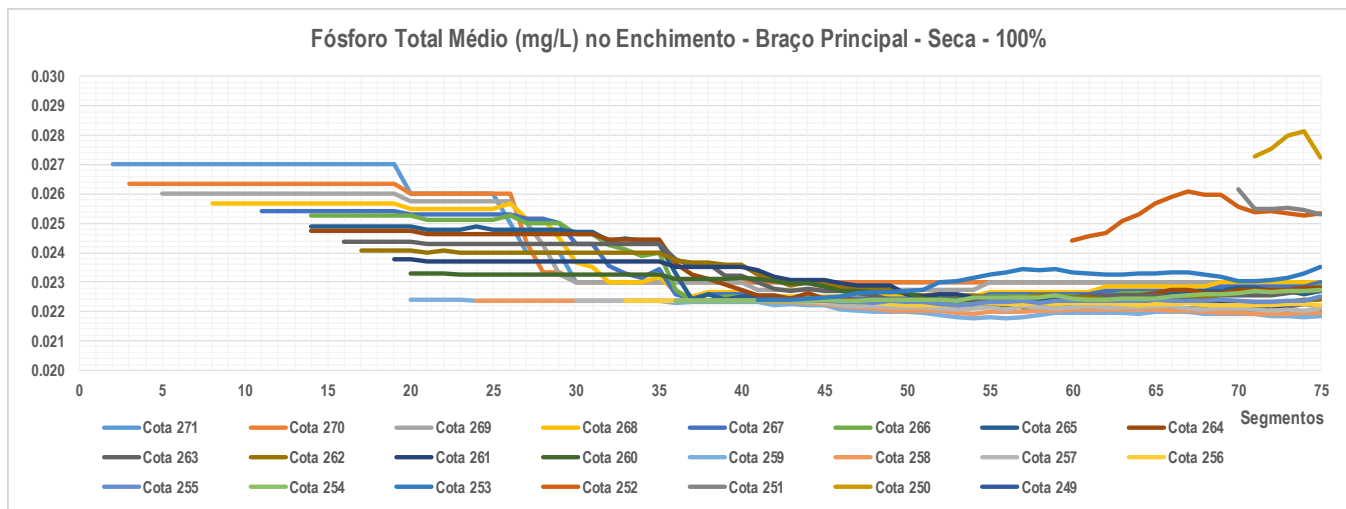


Ilustração 7-87 – Teores médios de Fósforo Total ao longo do enchimento – Período de Seca – Cenário de 100% de desmatamento.

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

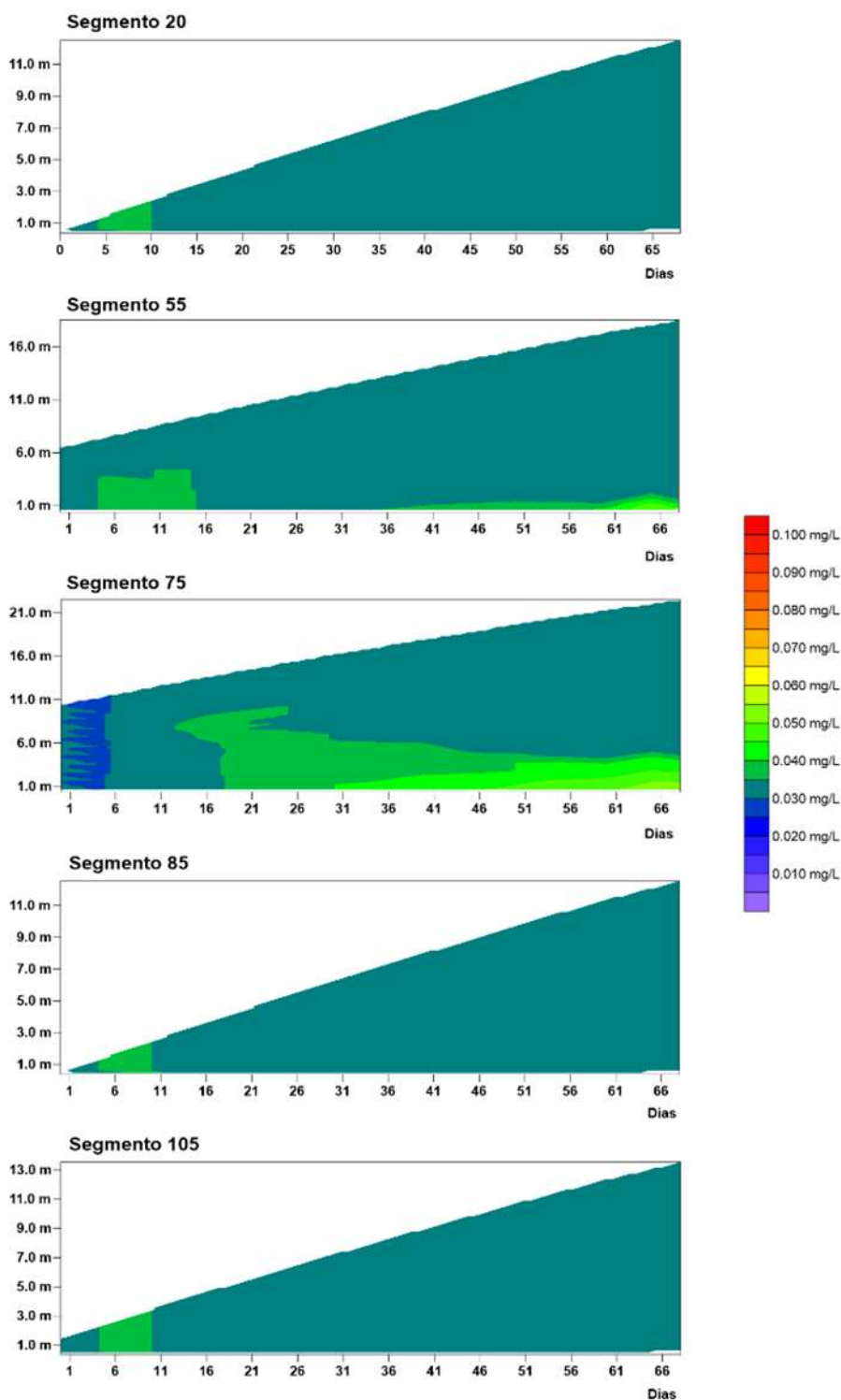


Ilustração 7-88 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 60% - CHEIA

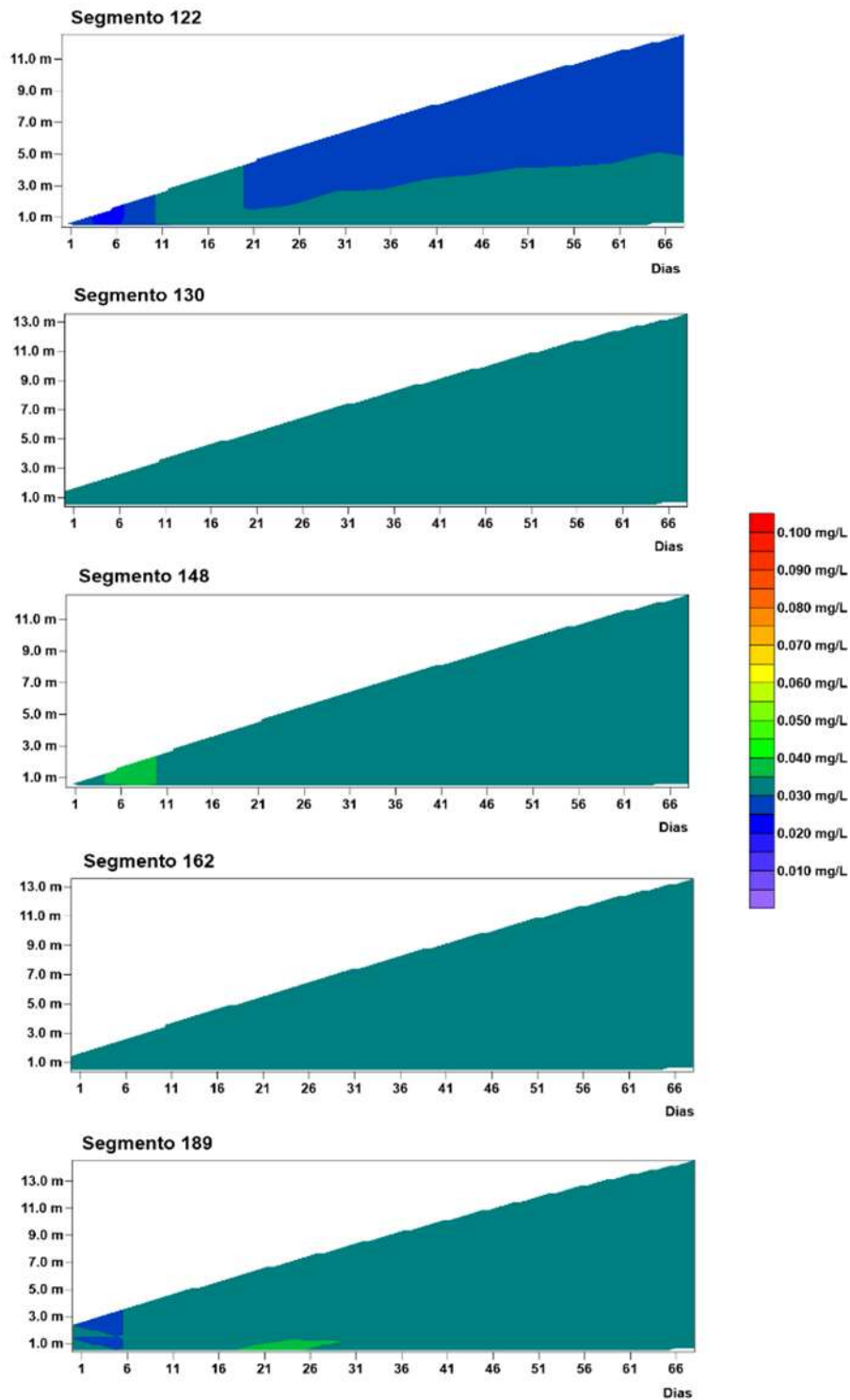


Ilustração 7-89 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

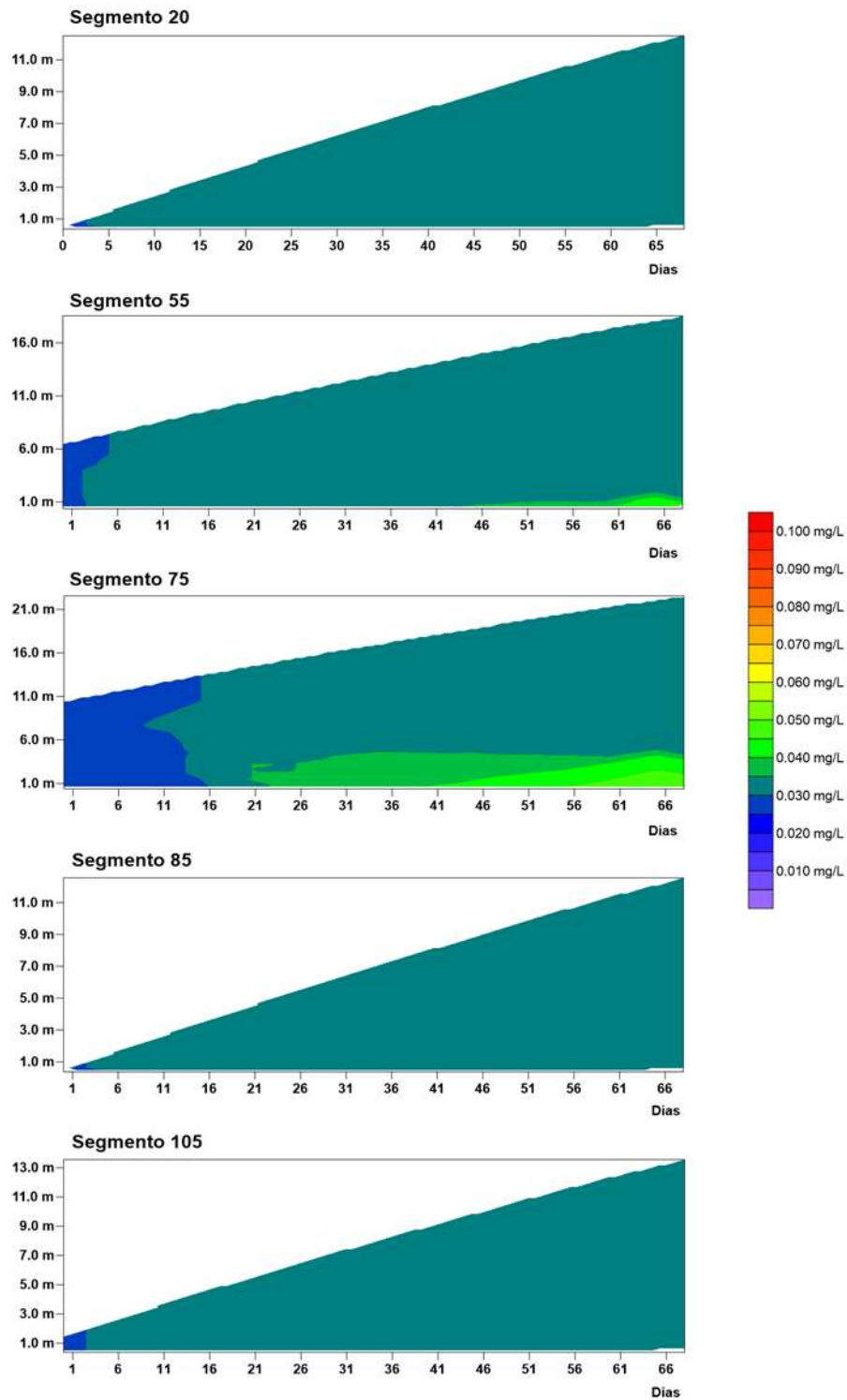


Ilustração 7-90 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 75% - CHEIA

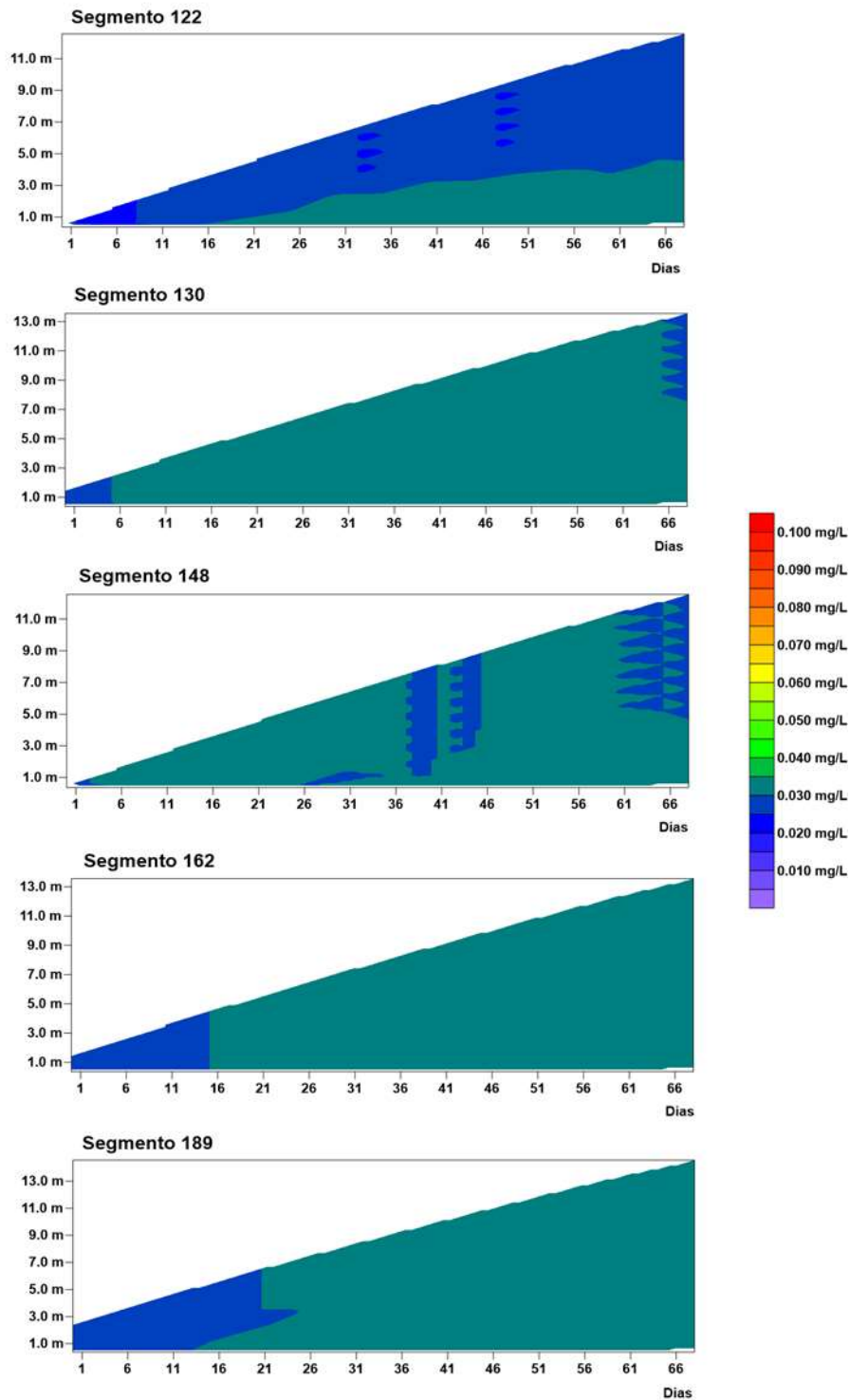


Ilustração 7-91 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Cheia em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 60% - SECA

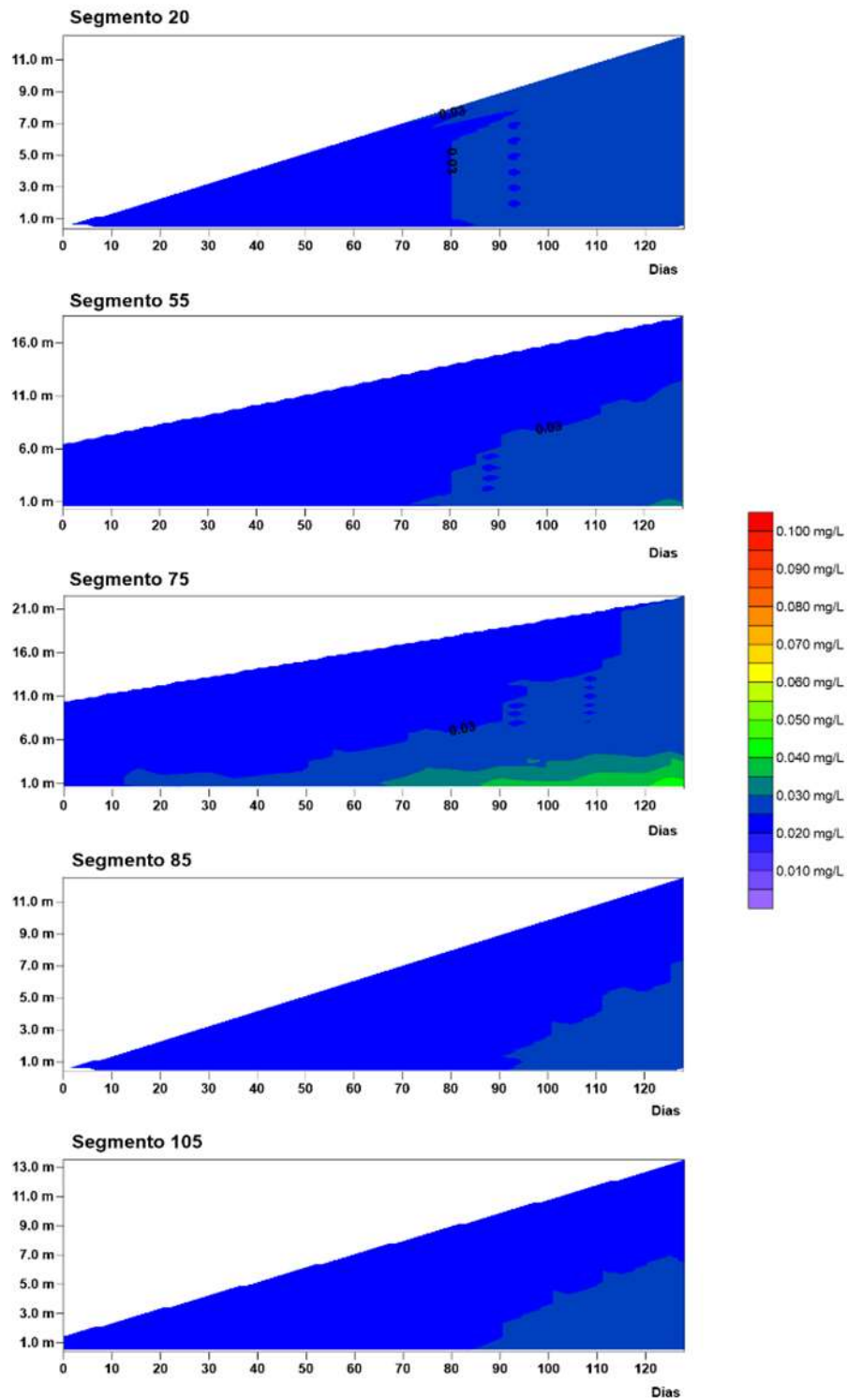


Ilustração 7-92 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento.

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 60% - SECA

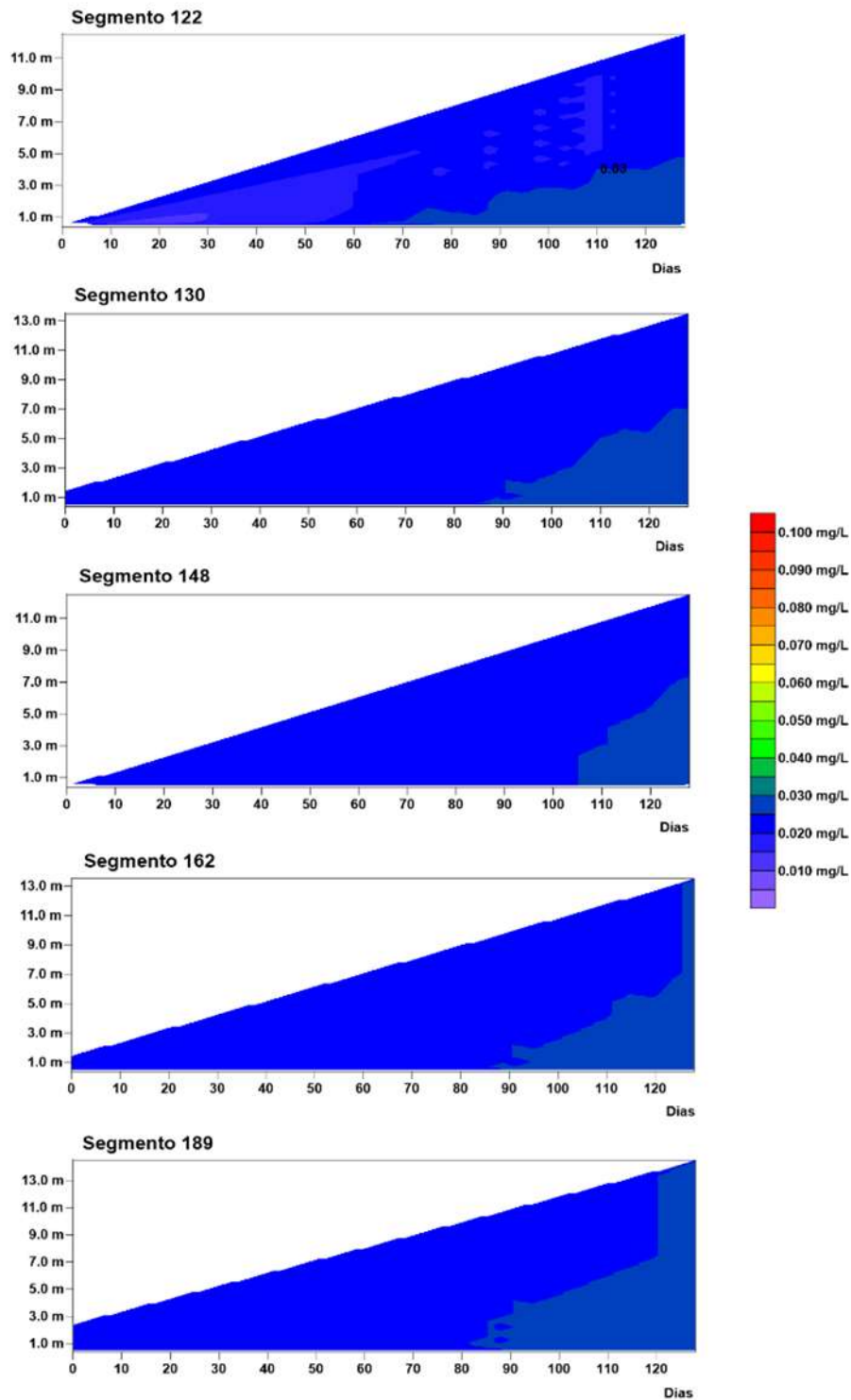


Ilustração 7-93 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 60% de desmatamento (continuação).

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 75% - SECA

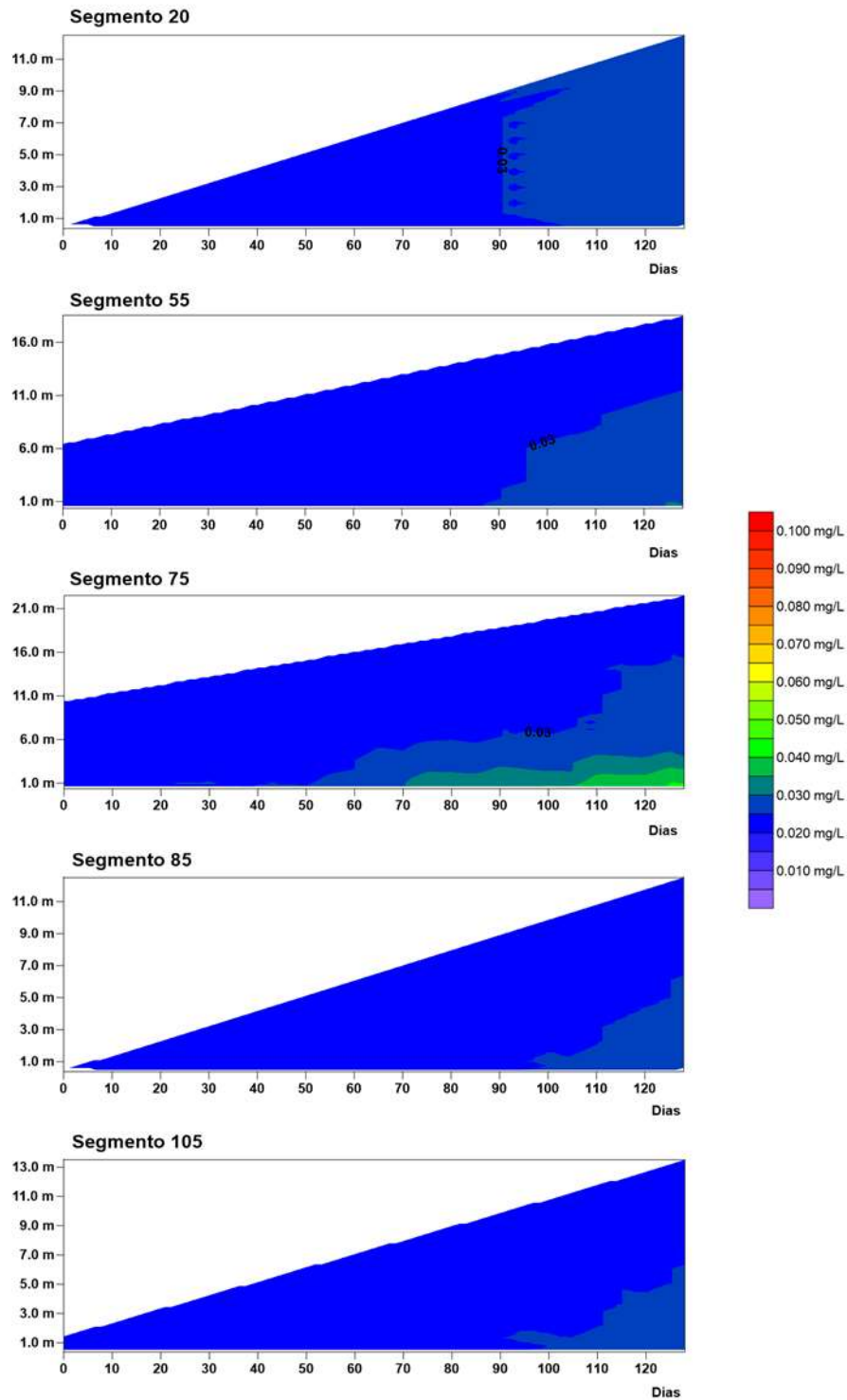


Ilustração 7-94 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento.

FÓSFORO TOTAL - ENCHIMENTO - 75% - SECA

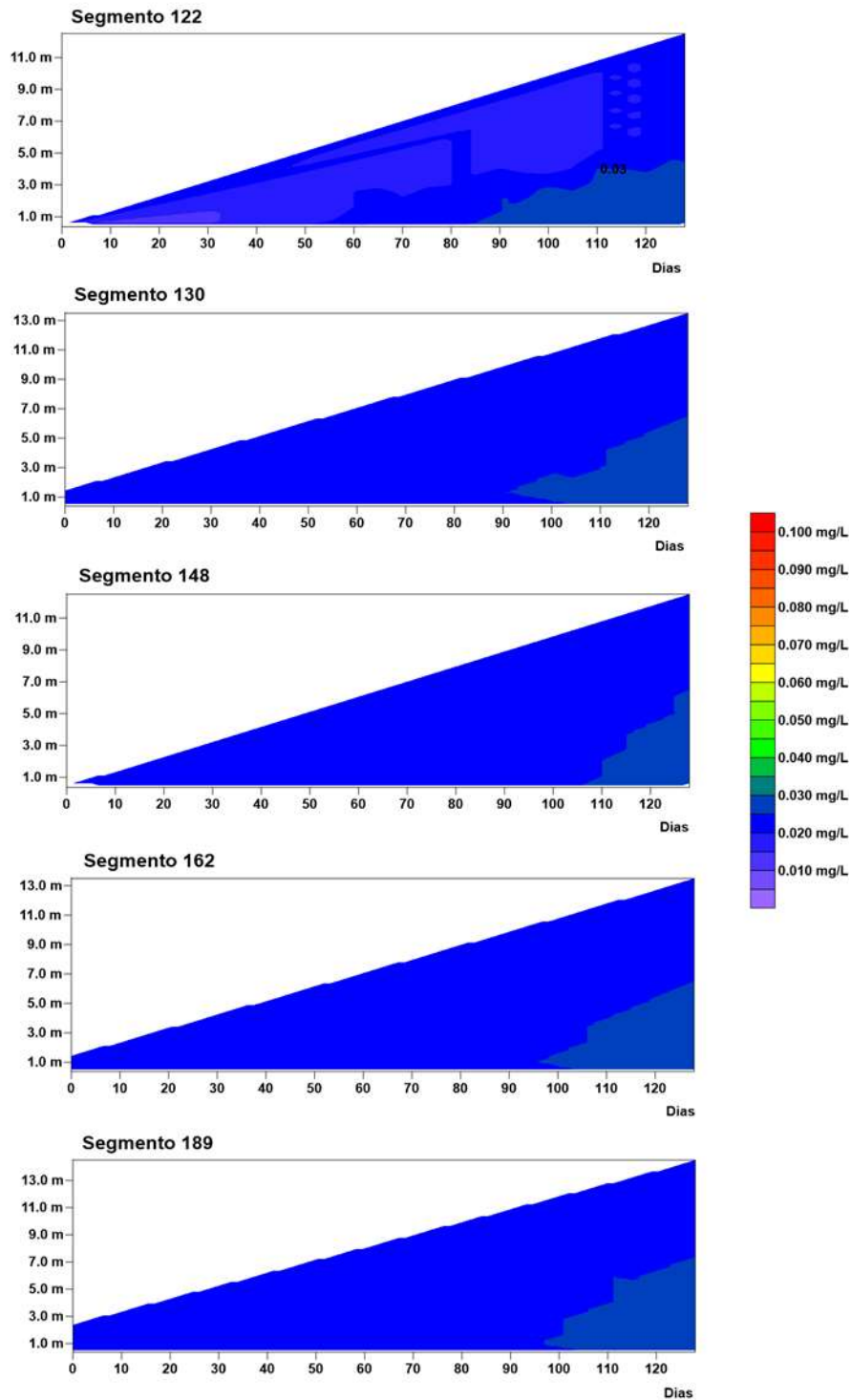


Ilustração 7-95 – Variação do Fósforo Total ao longo do enchimento no período de Seca em seções de controle – Cenário de 75% de desmatamento (continuação).

7.1.8 Qualidade das águas efluentes do sistema – Fase de enchimento

Neste item é avaliada a qualidade das águas que efluem do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento considerando-se os dois períodos de enchimento – Cheia e Seca.

Em termos de Oxigênio Dissolvido – OD (Ilustração 7-96 e Ilustração 7-97) se verifica que o modelo projeta teores com pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados nos dois períodos de enchimento considerados. Nestes, ao longo do período de simulação verificam-se teores decrescentes, conforme o reservatório é formado.

Em ambos os períodos de enchimento se verificam teores efluentes, predominantemente representativos de águas da classe 3. Esta condição independe do cenário de desmatamento, melhorando evidentemente, embora sem significância, quando se consideram percentuais mais altos de remoção da biomassa da área de alague, refletindo um processo de estratificação química das águas conforme o reservatório vai sendo formado.

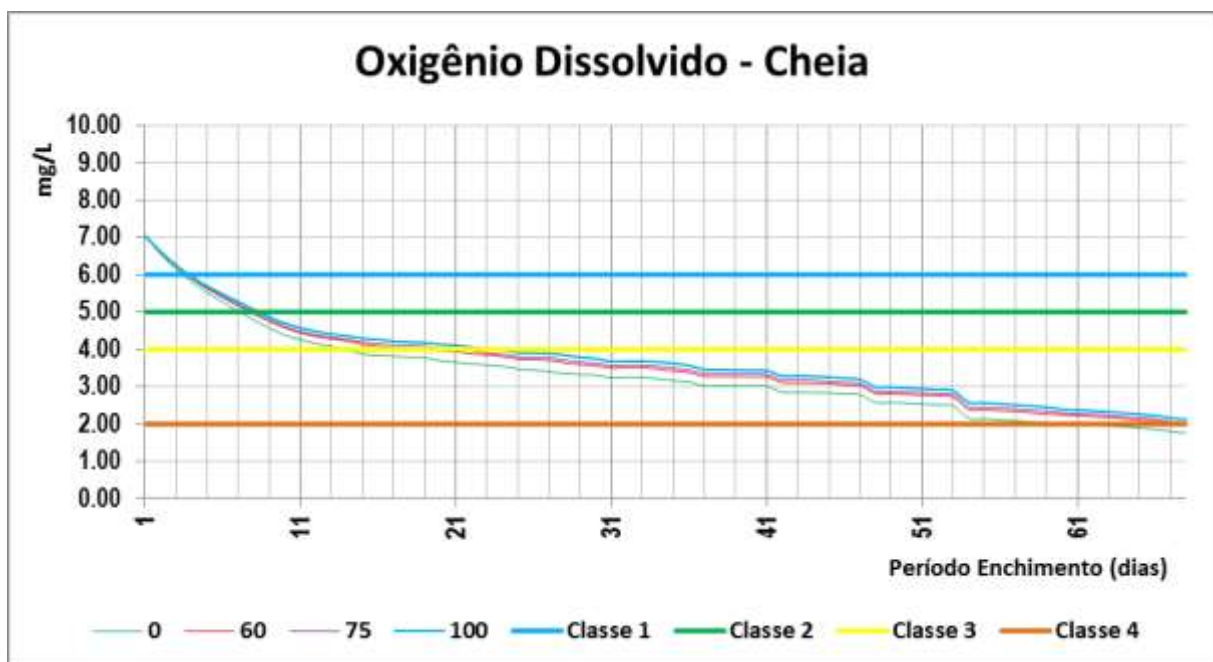


Ilustração 7-96 – Teores de OD efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

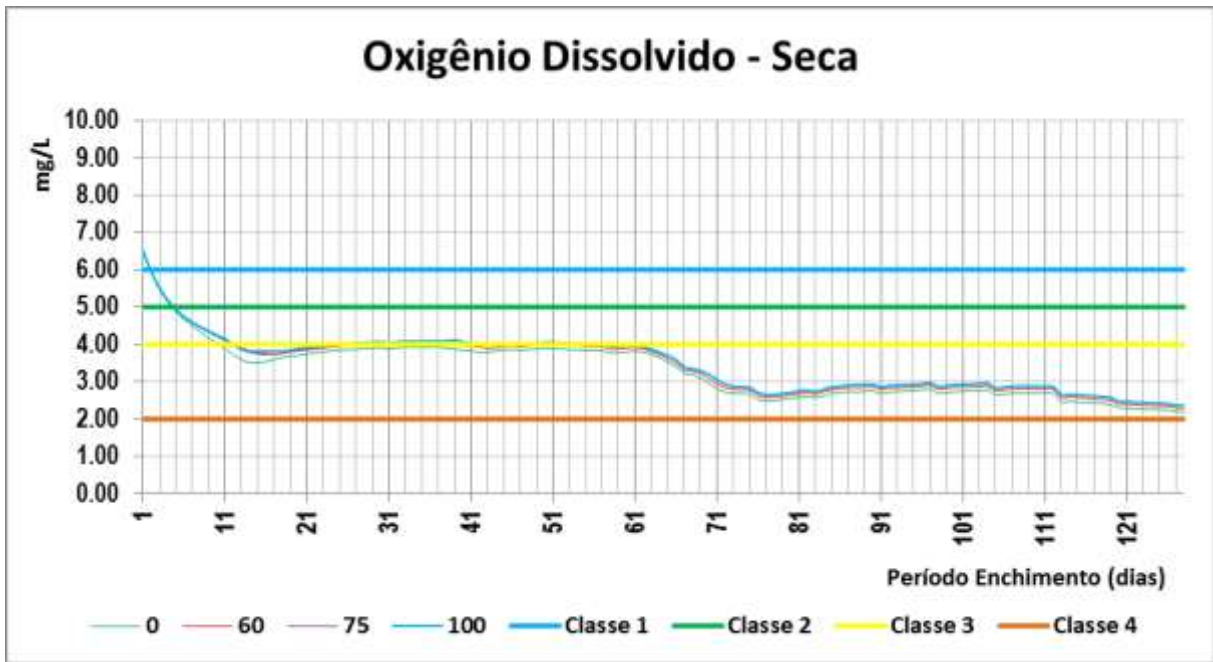


Ilustração 7-97 – Teores de OD efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

Em relação ao conteúdo nitrogenado (Ilustração 7-98 a Ilustração 7-101) se verifica que o modelo projeta teores com pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados, tanto para o NTK quanto para os teores de Nitrato+Nitrito. Os teores tendem a reduzir-se conforme o reservatório vai sendo formado.

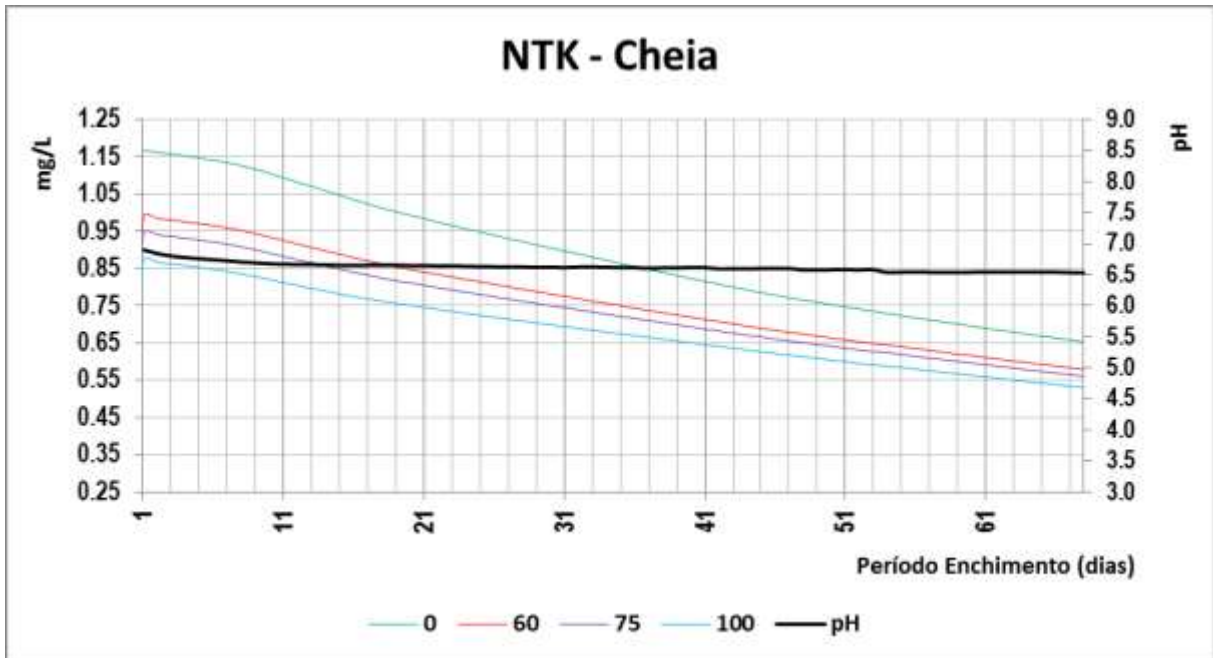


Ilustração 7-98 – Teores de NTK efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

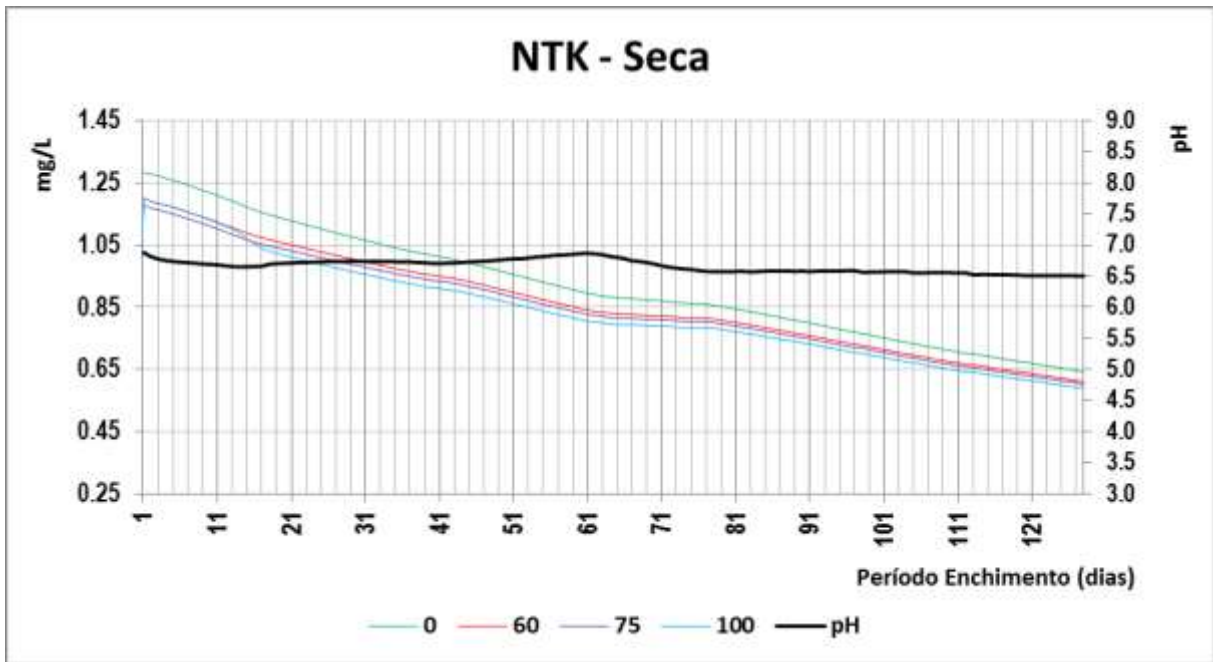


Ilustração 7-99 – Teores de NTK efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

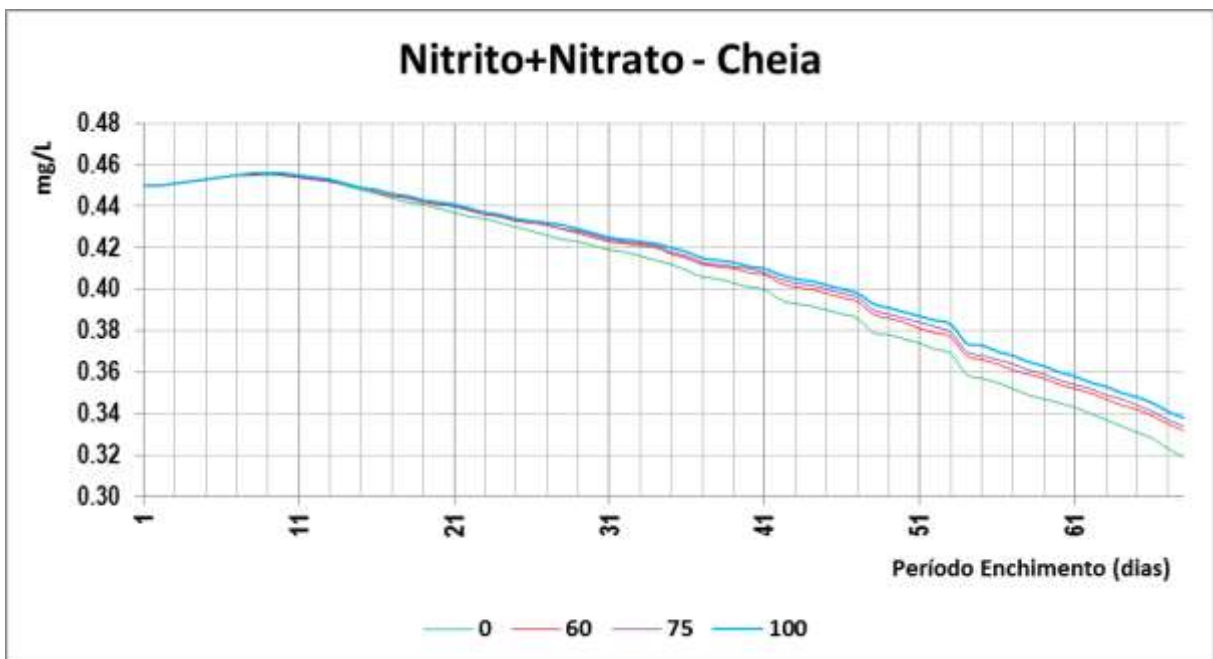


Ilustração 7-100 – Teores de Nitrato+Nitrito efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

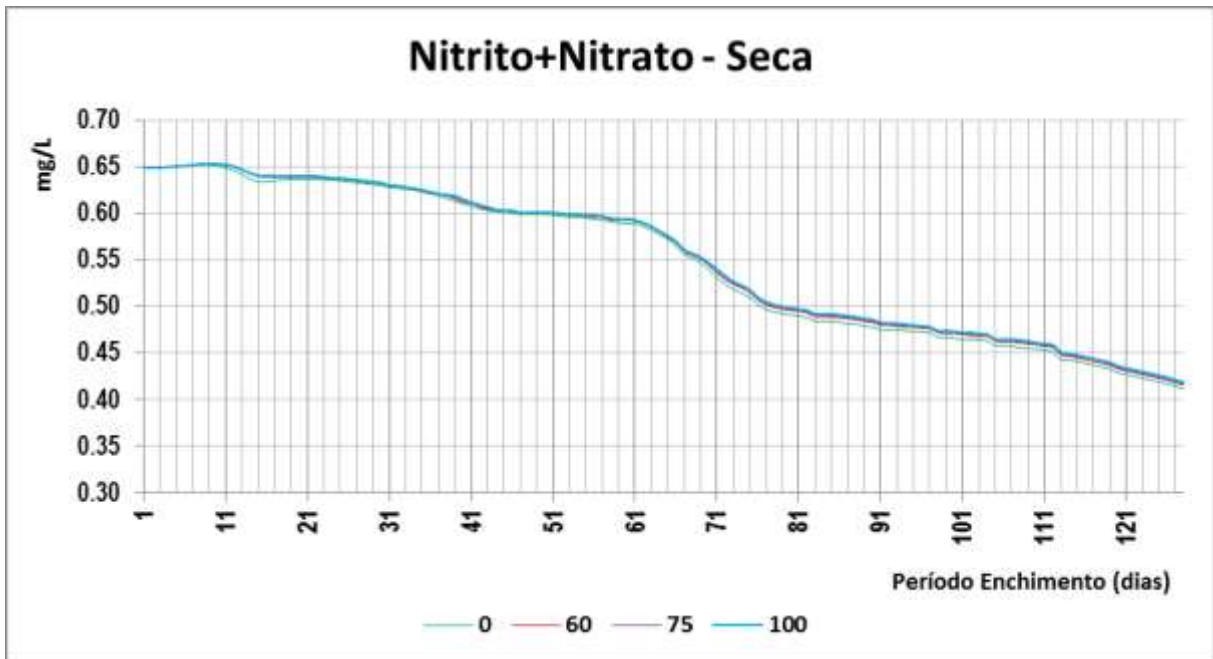


Ilustração 7-101 – Teores de Nitrato+Nitrito efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

Em termos de Fósforo Total, verifica-se pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados nos diferentes períodos de enchimento considerados. Os maiores teores efluentes entre os períodos de enchimento ocorrem na Cheia, ainda que possam ser considerados como representativos de águas da classe 1 em 100% do tempo de simulado quando comparados aos limites de ambientes lóticos, conforme Resolução Conama N° 357/05 (inferiores a 0,1 mg/L - Ilustração 7-102 e Ilustração 7-103).

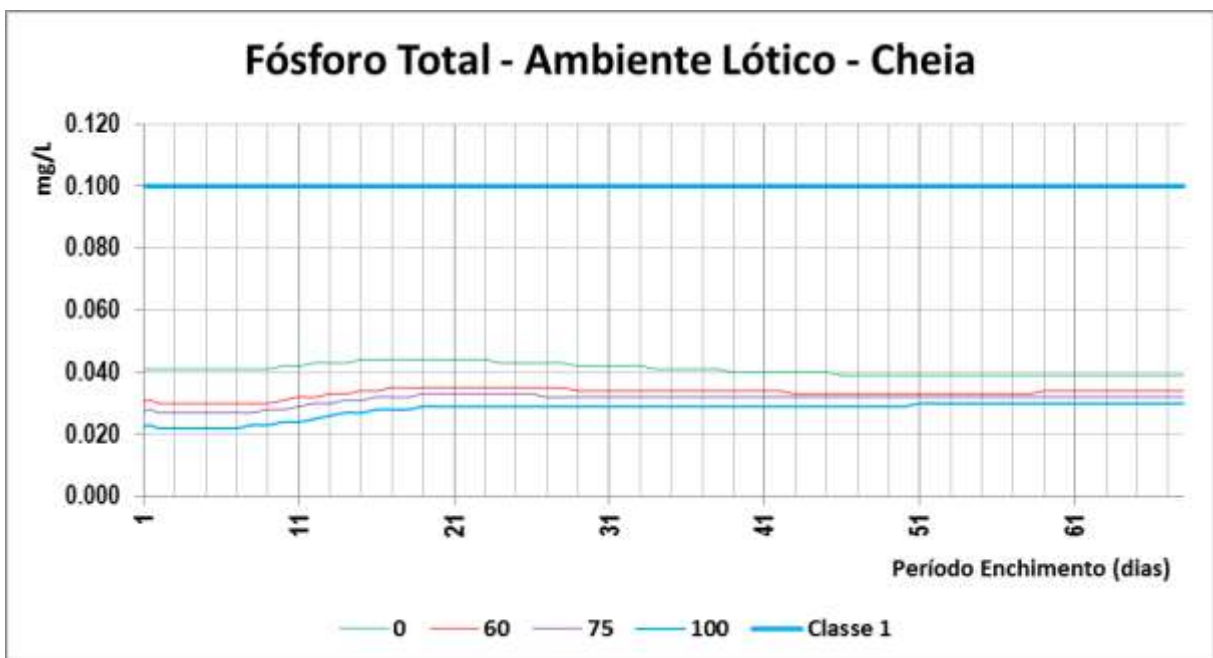


Ilustração 7-102 – Teores de Fósforo Total efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

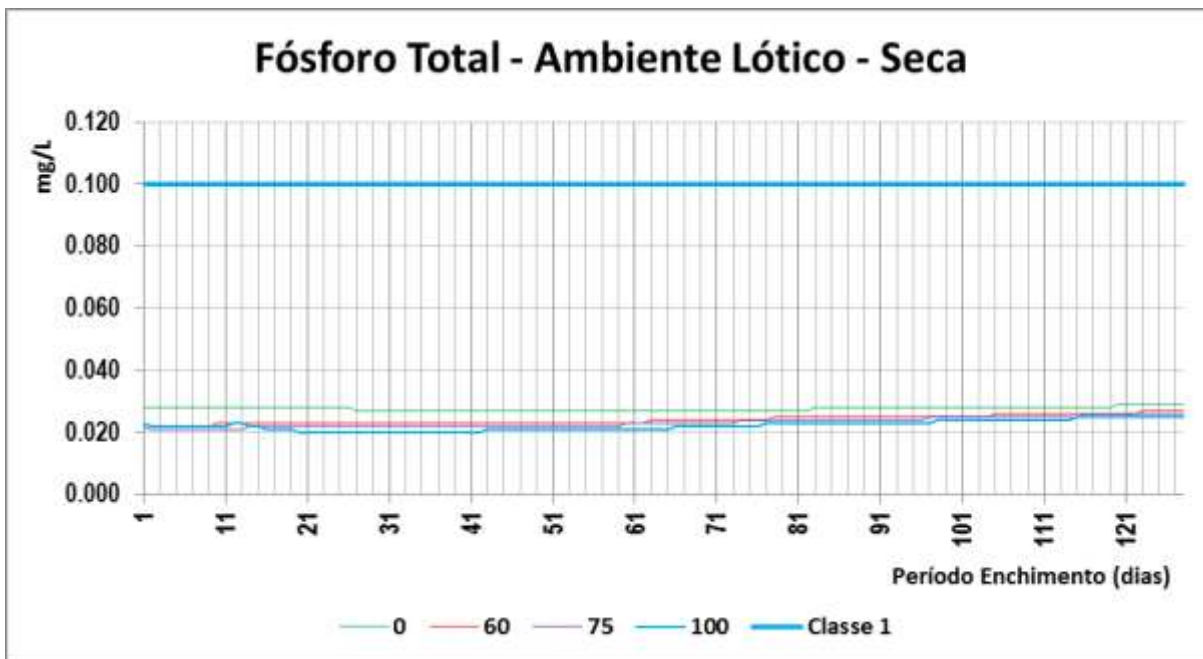


Ilustração 7-103 – Teores de Fósforo Total efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

7.2 FASE ESTABILIZAÇÃO/OPERAÇÃO

Neste item são apresentados os principais resultados dos diferentes cenários de desmatamento considerados associados aos períodos de Cheia e Seca quanto ao enchimento para o AHE Canto do Rio em sua fase de estabilização/operação considerada no presente estudo.

Para fins de comparação de resultados são apresentados histogramas de distribuição das concentrações dos diferentes parâmetros simulados em termos de volume do reservatório, permitindo avaliar o quanto diferem os cenários frente às condições de contorno adotadas. Também são apresentadas variações temporais dos parâmetros ao longo de seções de controle escolhidas para representar o sistema como um todo, abrangendo todos os braços da grade numérica. Em seção anexa (meio digital) são apresentadas as variações médias segmento a segmento ao longo da profundidade do reservatório, considerando-se para tanto períodos quadrimestrais associados ao início do enchimento em períodos de Cheia e Seca de modo elucidar o comportamento médio das variáveis no sentido longitudinal do sistema.

Quanto à fase de estabilização destaca-se que não há como se precisar o tempo em que a vegetação remanescente será estabilizada, de modo que em qualquer estudo de modelagem matemática o(s) modelo(s) devem ser alimentado(s) com dados necessários ao desenvolvimento dos processos, bem como condições de contorno são adotadas para delimitar o estudo, principalmente em estudos onde o reservatório a ser avaliado ainda não existe, como o caso em análise, cabendo ao(s) modelador(s) fazer estas escolhas com base em sua expertise.

Desta forma, dada a inexistência de estudos mais precisos que indiquem o período de estabilização da biomassa inundada, adotou-se o período de 2 anos, avaliando-se assim como os aspectos qualitativos do reservatório evoluem, frente às condições de contorno adotadas. Passado este período entende-se que a contribuição de DBO da vegetação remanescente inundada cessa.

7.2.1 Temperatura da água

Não existem restrições na Resolução CONAMA Nº 357/05 para a temperatura, porém, a maioria dos processos físicos, químicos e biológicos no ambiente aquático é influenciada pela mesma. A temperatura desempenha um papel fundamental de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos.

Diferenças de temperatura geram camadas d'água com diferentes densidades, que em si já formam uma barreira física, impedindo que se misturem, e se a energia do vento não for suficiente para misturá-las, o calor não se distribui uniformemente, criando uma condição de estabilidade térmica, promovendo a chamada estratificação térmica do ecossistema aquático. A estratificação térmica é um fenômeno natural que ocorre em corpos d'água fechados. Uma camada de água mais quente se forma nas camadas superficiais, no epilímnio, e uma camada mais fria se forma nas camadas mais profundas, no hipolímnio. É um fenômeno anual nos reservatórios do leste e do sul do Brasil. Uma vez por ano ocorre a mistura das águas, reservatórios monomíticos, na época do outono inverno, equilibrando as temperaturas ao longo de toda a profundidade. Nos reservatórios acima dos trópicos, norte e nordeste, a estratificação térmica ocorre e os mesmos podem ser polimíticos.

Para os diferentes cenários de desmatamento avaliados não há distinção para os resultados referentes a temperatura da água.

Analisando-se a evolução temporal, se verificam basicamente o mesmo padrão de temperatura no reservatório do AHE Canto do Rio ao longo dos períodos de simulação de Cheia e Seca no pós-enchimento, caracterizado por uma uniformidade da temperatura entre as cotas 271 m e 264 m, passando a uma faixa decrescente deste ponto

em diante, com formação de termoclina. Verifica-se que o reservatório tende a manter-se estratificado anualmente, não evidenciando condições de mistura completa das camadas em nenhum momento quando consideram-se as seções mais profundas juntos ao barramento, caracterizando assim um comportamento meromítico em relação a estratificação térmica, também associada a uma estratificação hidráulica em função do posicionamento das estruturas hidráulicas.

Da Ilustração 7-104 a Ilustração 7-111 são espacializadas as variações da Temperatura da Água ao longo de seções de controle de modo a demonstrar o comportamento típico da variável ao longo do período de simulação.

TEMPERATURA DA ÁGUA - CHEIA

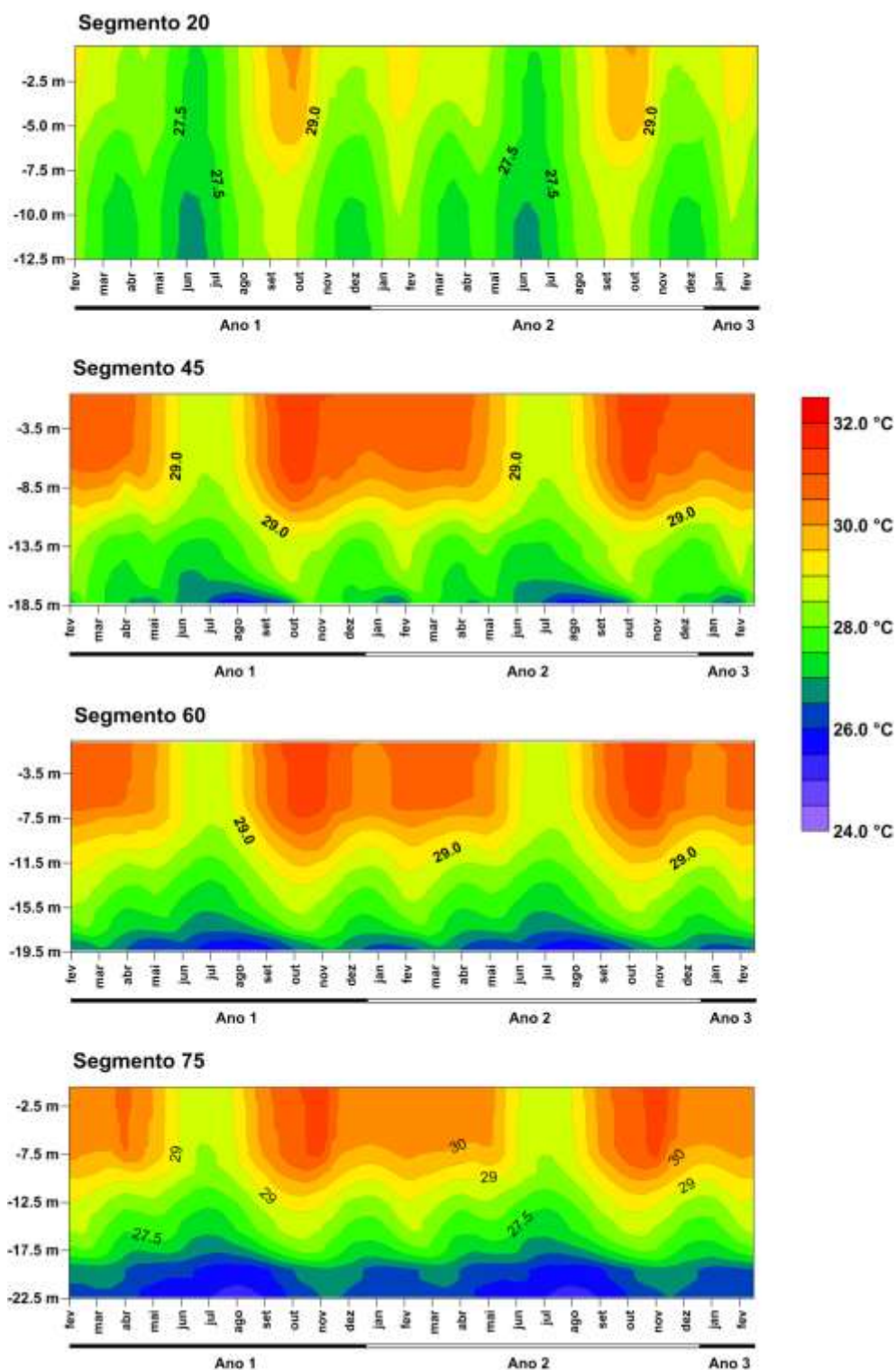


Ilustração 7-104 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle.

TEMPERATURA DA ÁGUA - CHEIA

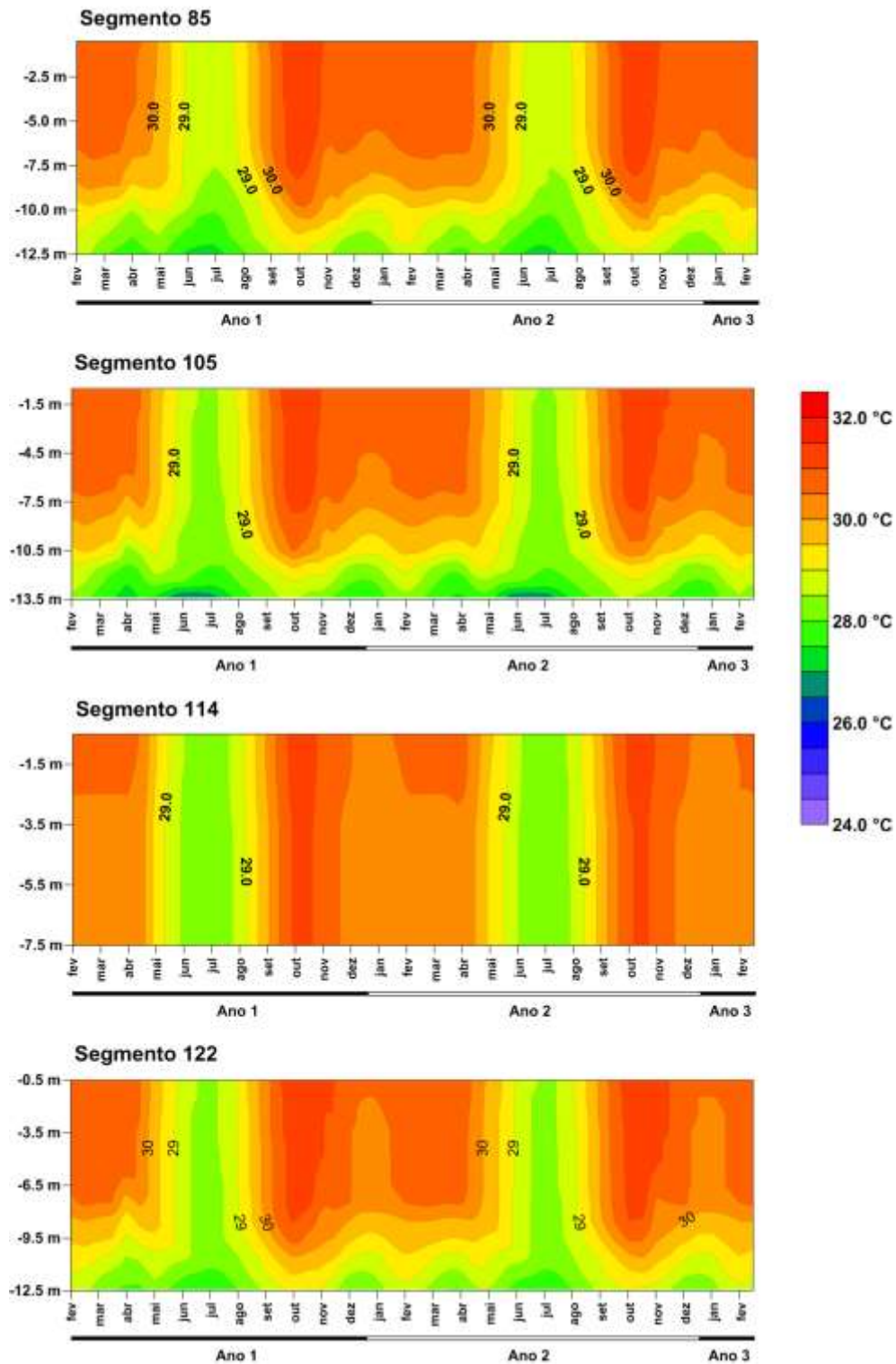


Ilustração 7-105 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPERATURA DA ÁGUA - CHEIA

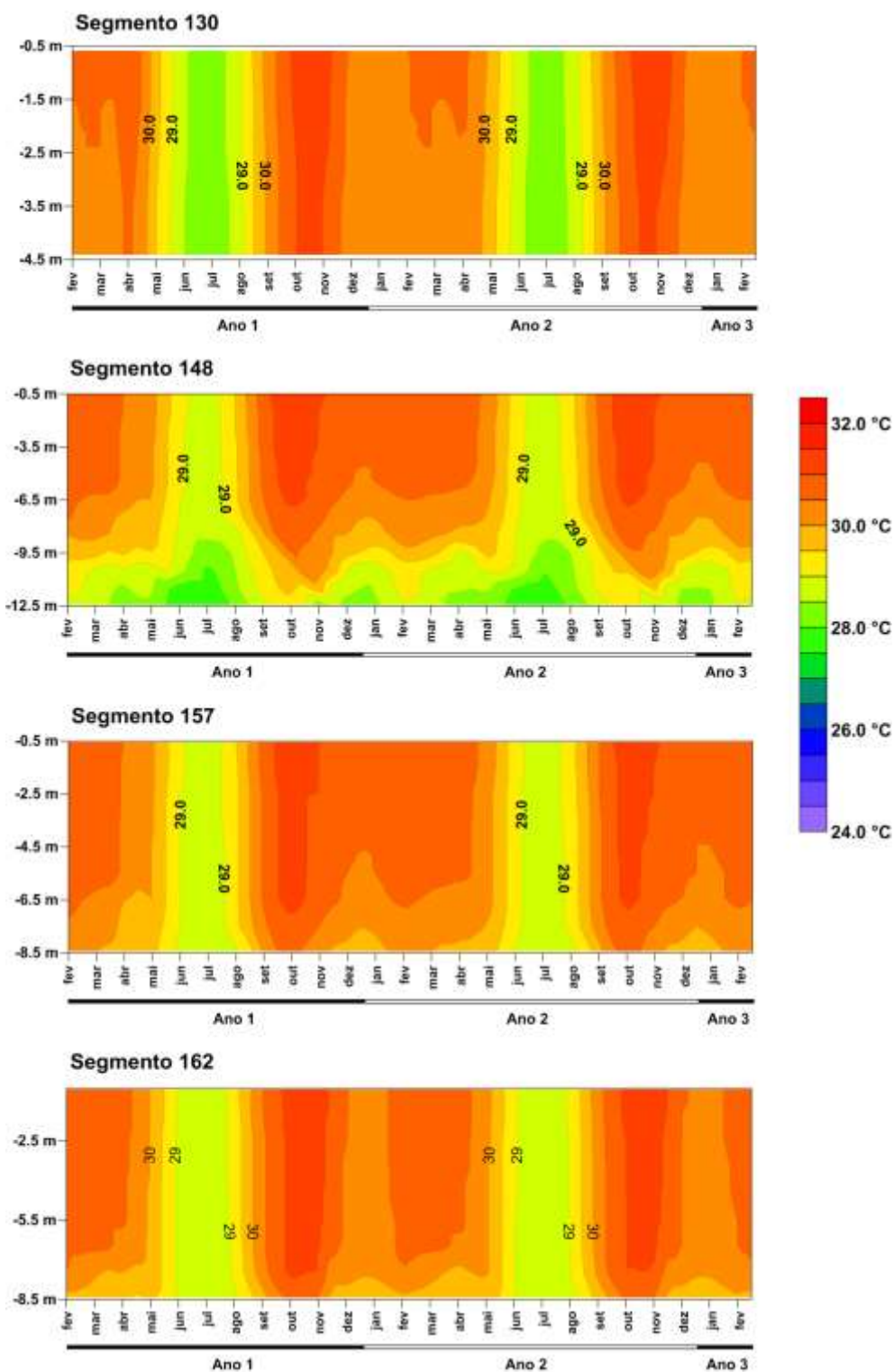


Ilustração 7-106 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPERATURA DA ÁGUA - CHEIA

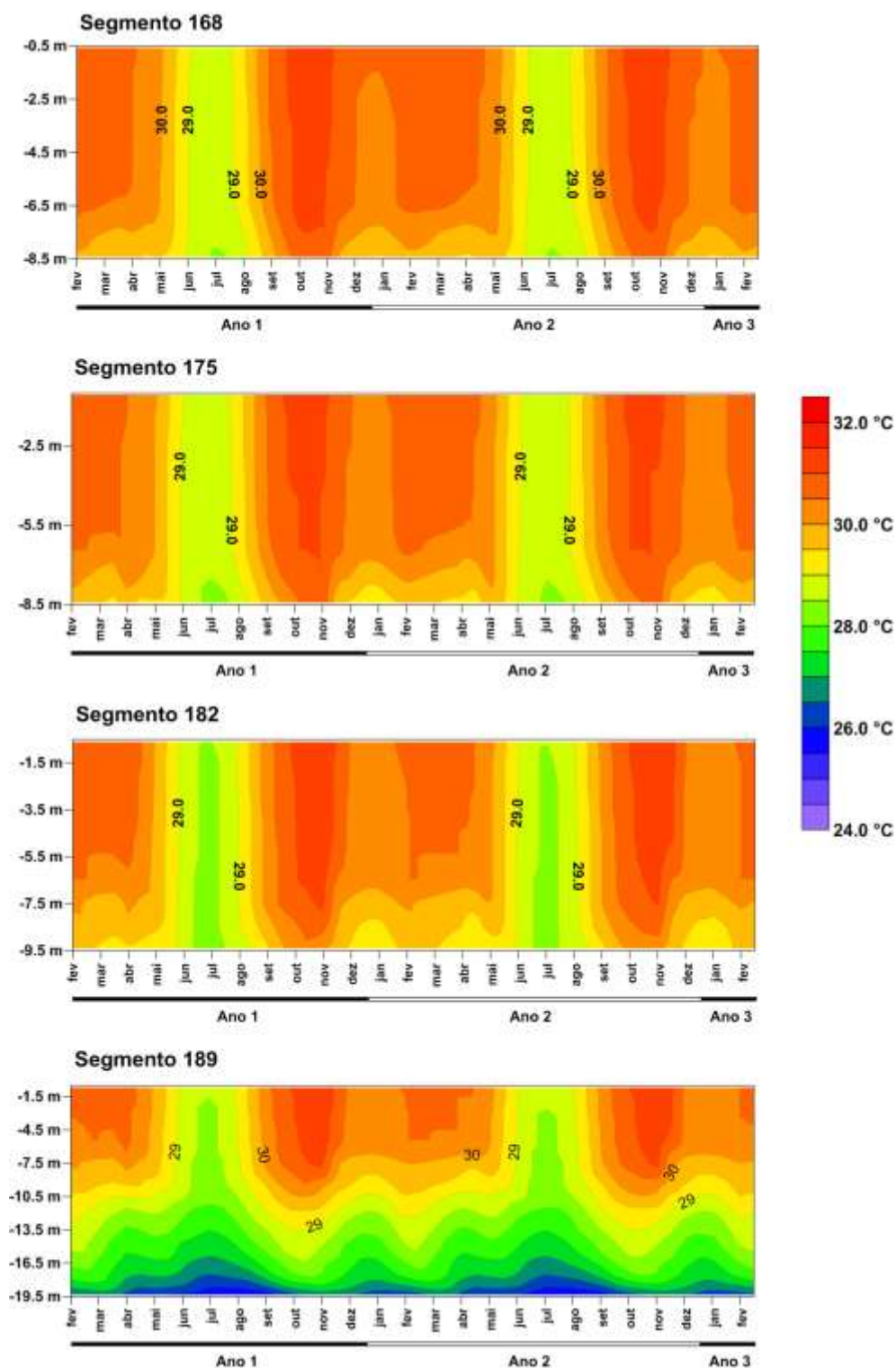


Ilustração 7-107 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPERATURA DA ÁGUA - SECA

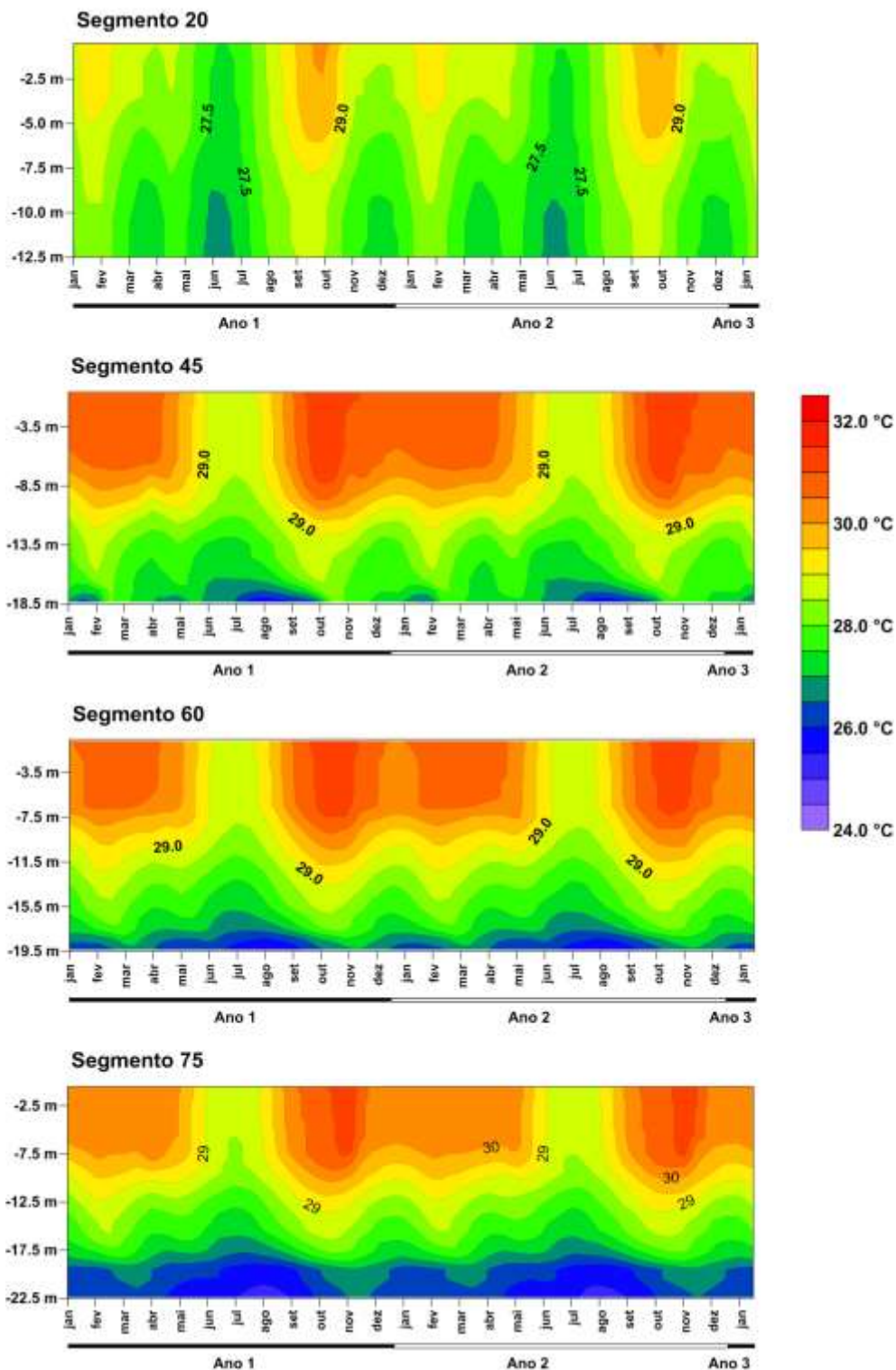


Ilustração 7-108 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle.

TEMPERATURA DA ÁGUA - SECA

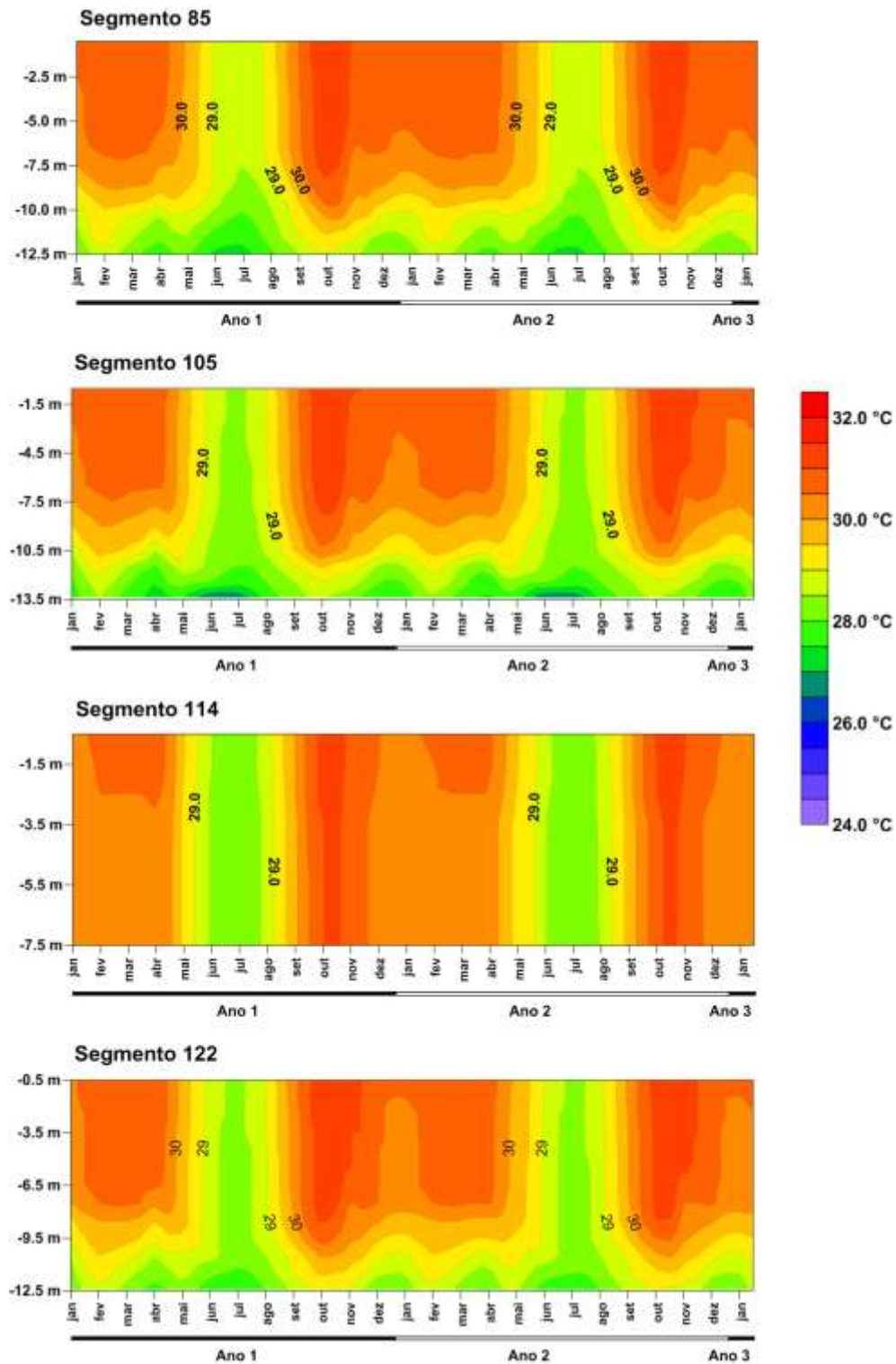


Ilustração 7-109 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPERATURA DA ÁGUA - SECA

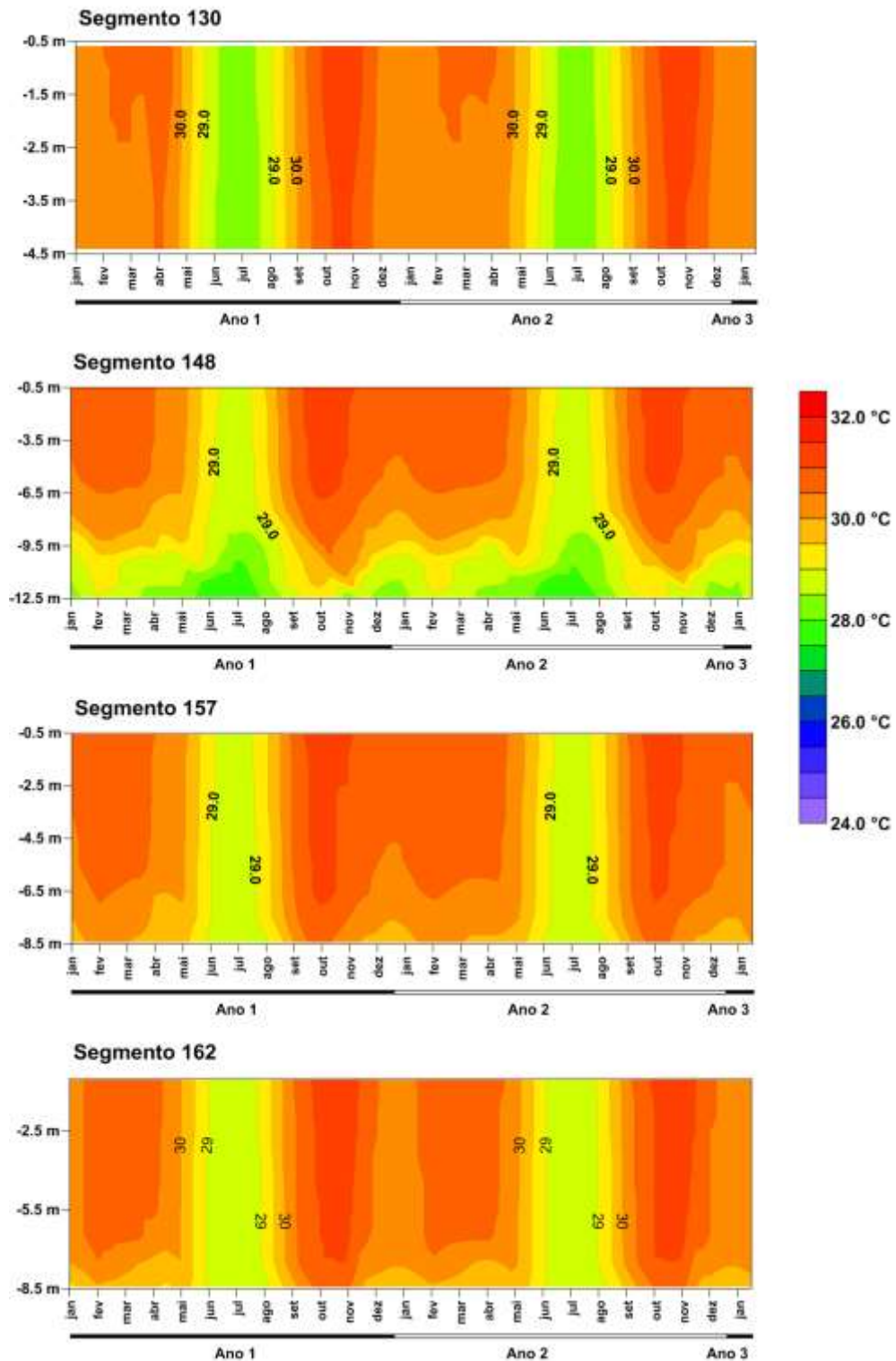


Ilustração 7-110 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPERATURA DA ÁGUA - SECA

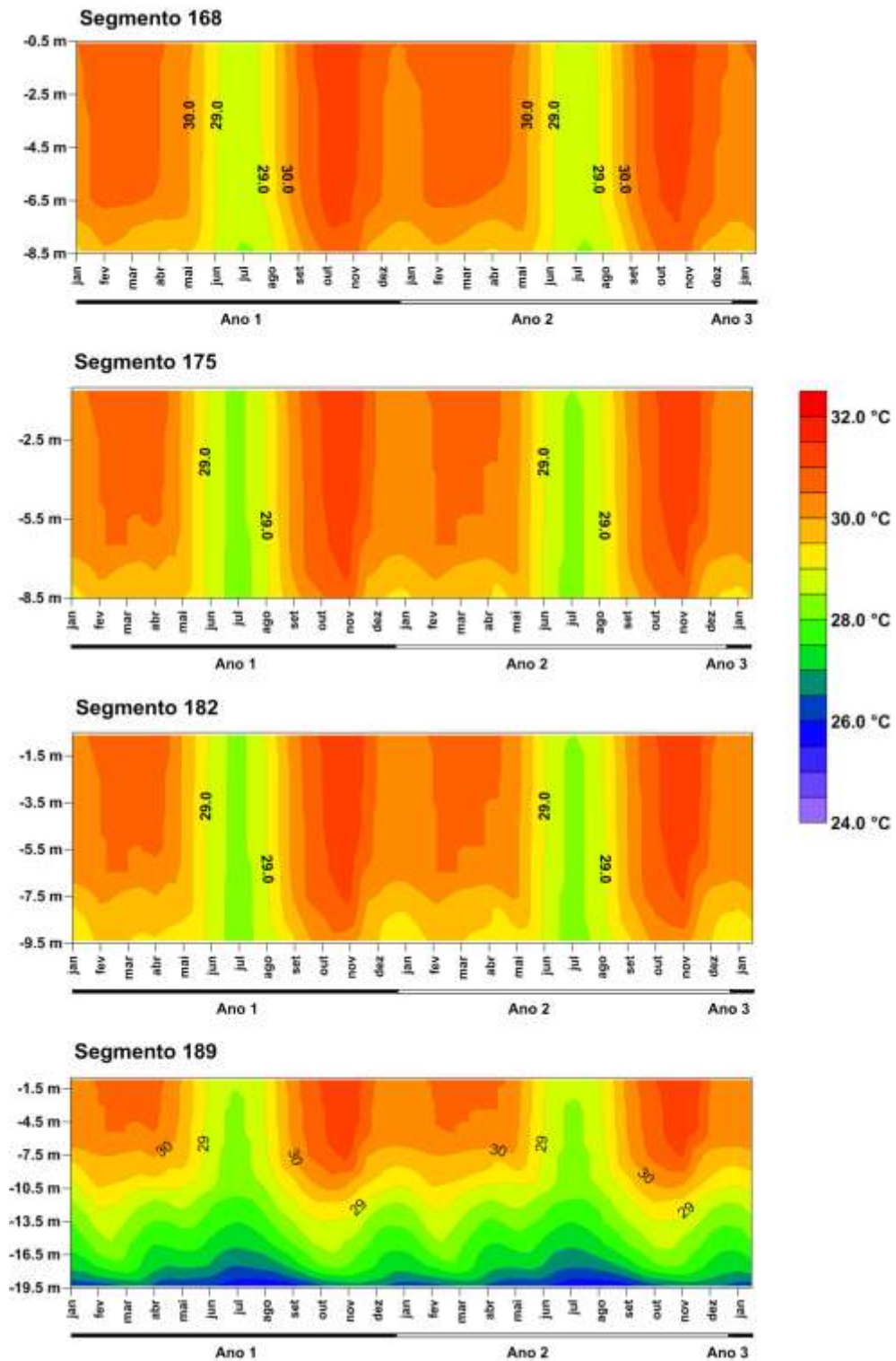


Ilustração 7-111 – Variação da Temperatura da água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

7.2.2 Tempo de Residência

Dentre os fatores físicos de grande importância ecológica de um reservatório, está o tempo de residência da água, que indica o tempo decorrido desde a entrada de uma determinada massa de água ao sistema até a saída da mesma. O tempo de residência influencia diretamente a ciclagem e acúmulo de nutrientes na água e no sedimento, afetando assim o estado trófico do reservatório e o desenvolvimento da comunidade fitoplânctônica (Branco, 1991). O maior conhecimento das características do sistema de operação de um reservatório (regra operativa), tais como taxa de vazão, tempo de residência, posição do vertedouro, dentre outros aspectos hidráulicos, são de grande valor para os usos das águas propostos para o reservatório, para as operações de planejamento e manejo de bacias hidrográficas e para controle de qualidade da água (Tundisi et al., 1988).

Da mesma forma que a temperatura, os resultados para o tempo de residência, independem do cenário de desmatamento avaliado, sendo consequência direta das vazões afluentes e das regras operativas do reservatório.

O tempo de residência da água no reservatório apresenta basicamente duas zonas, a primeira situada acima da cota 264 m apresentando elevados tempos de detenção, da ordem de 100 dias (em determinados períodos entorno de 150 dias) condicionado pelo maior aquecimento da massa líquida neste compartimento e menor renovação; e a segunda abaixo da cota 264 m que representa um compartimento de menores tempos de detenção, da ordem de 40 dias, onde a ação das estruturas hidráulicas é mais efetiva permitindo maior renovação das águas.

Da Ilustração 7-112 a Ilustração 7-119 são espacializadas as variações do Tempo de Residência da Água ao longo de seções de controle de modo a demonstrar o comportamento típico da variável ao longo do período de simulação.

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - CHEIA

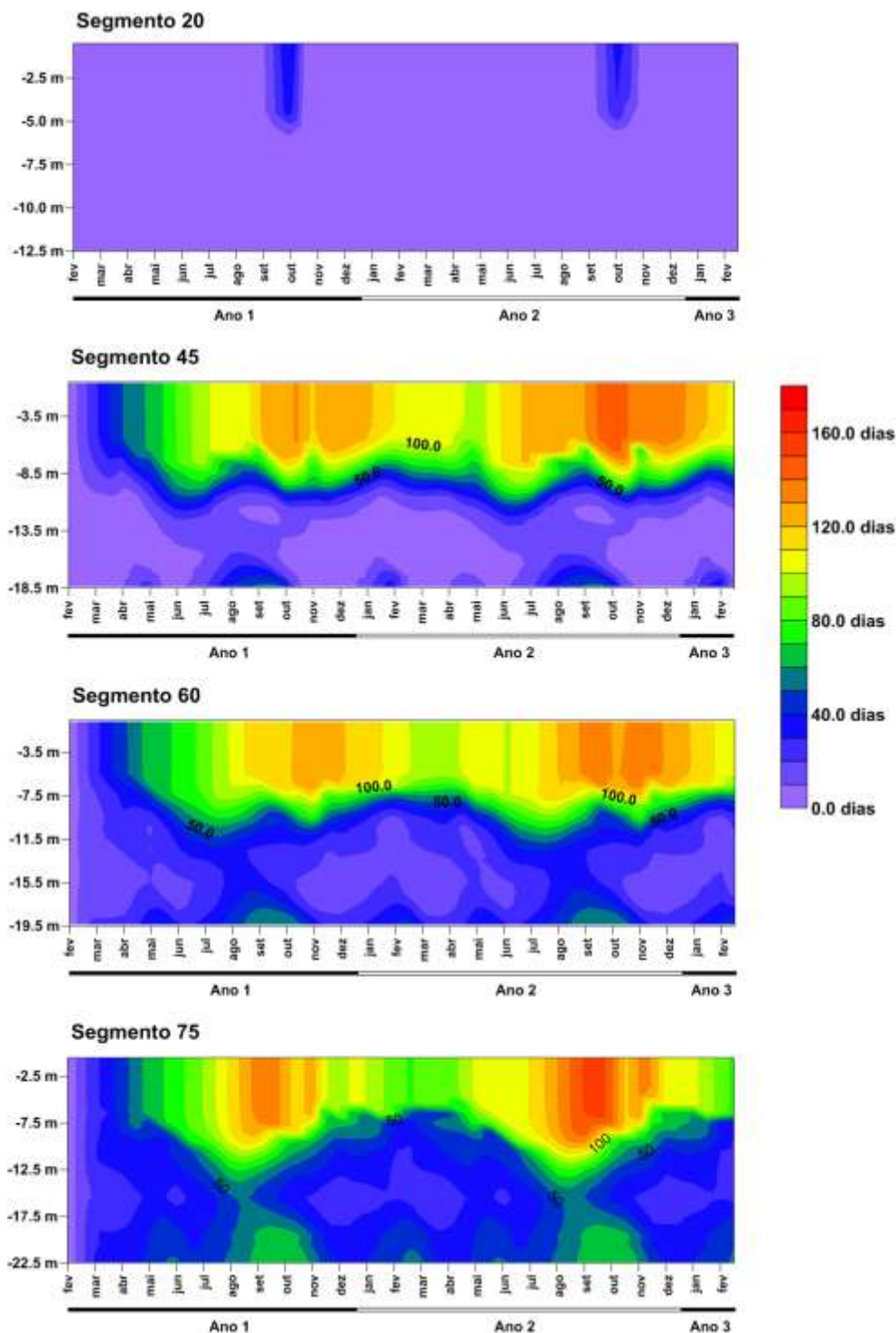


Ilustração 7-112 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle.

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - CHEIA

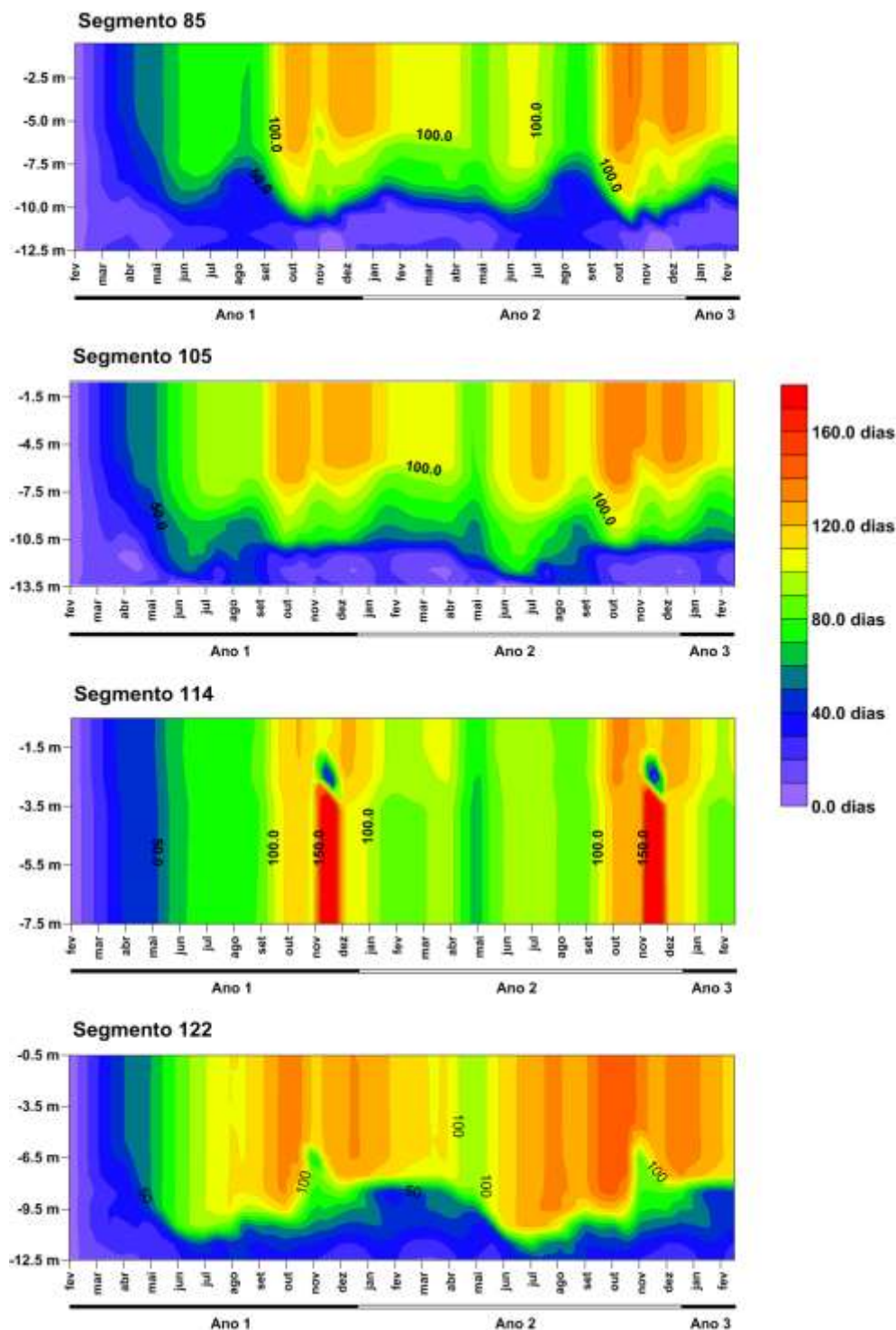


Ilustração 7-113 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - CHEIA

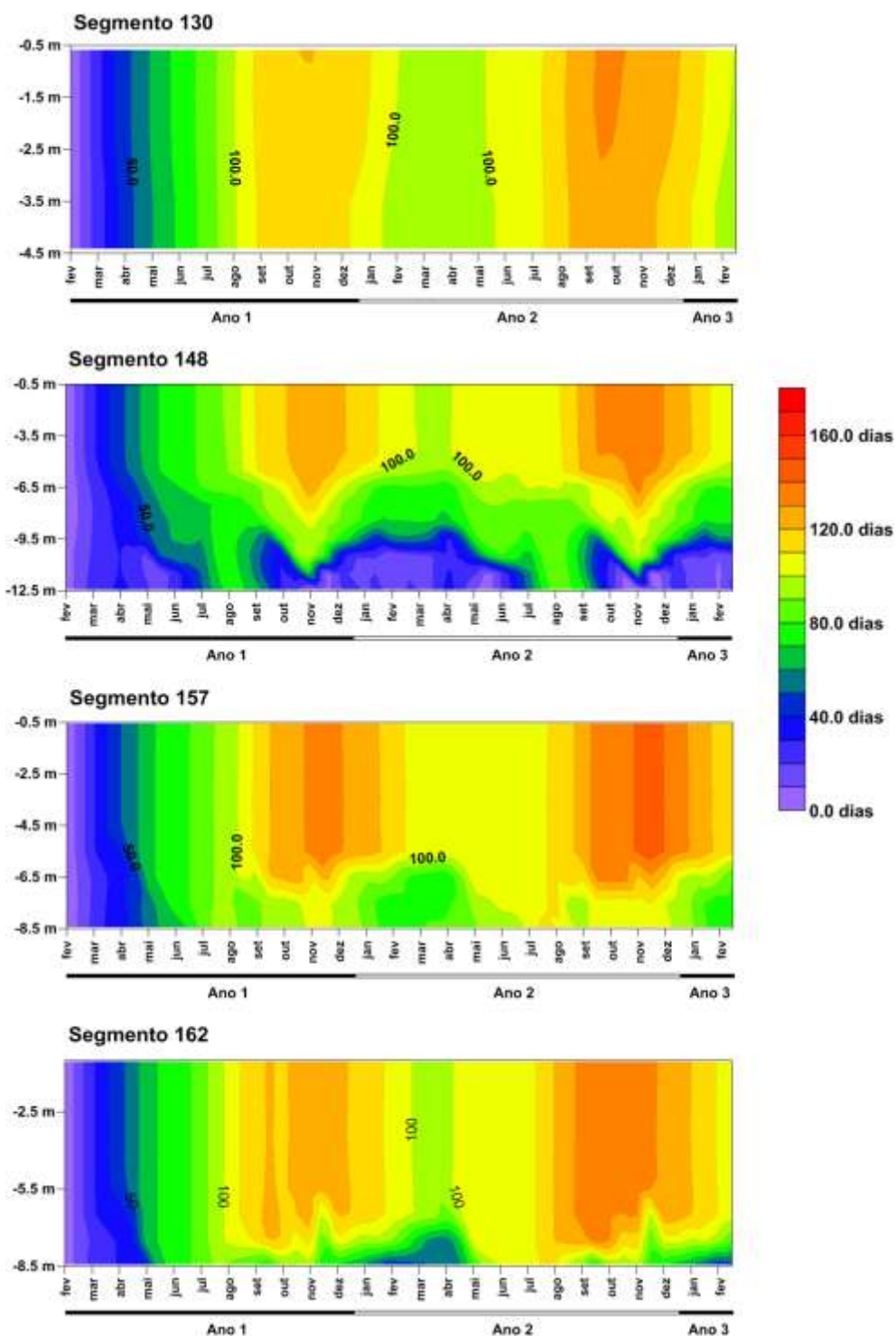


Ilustração 7-114 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - CHEIA

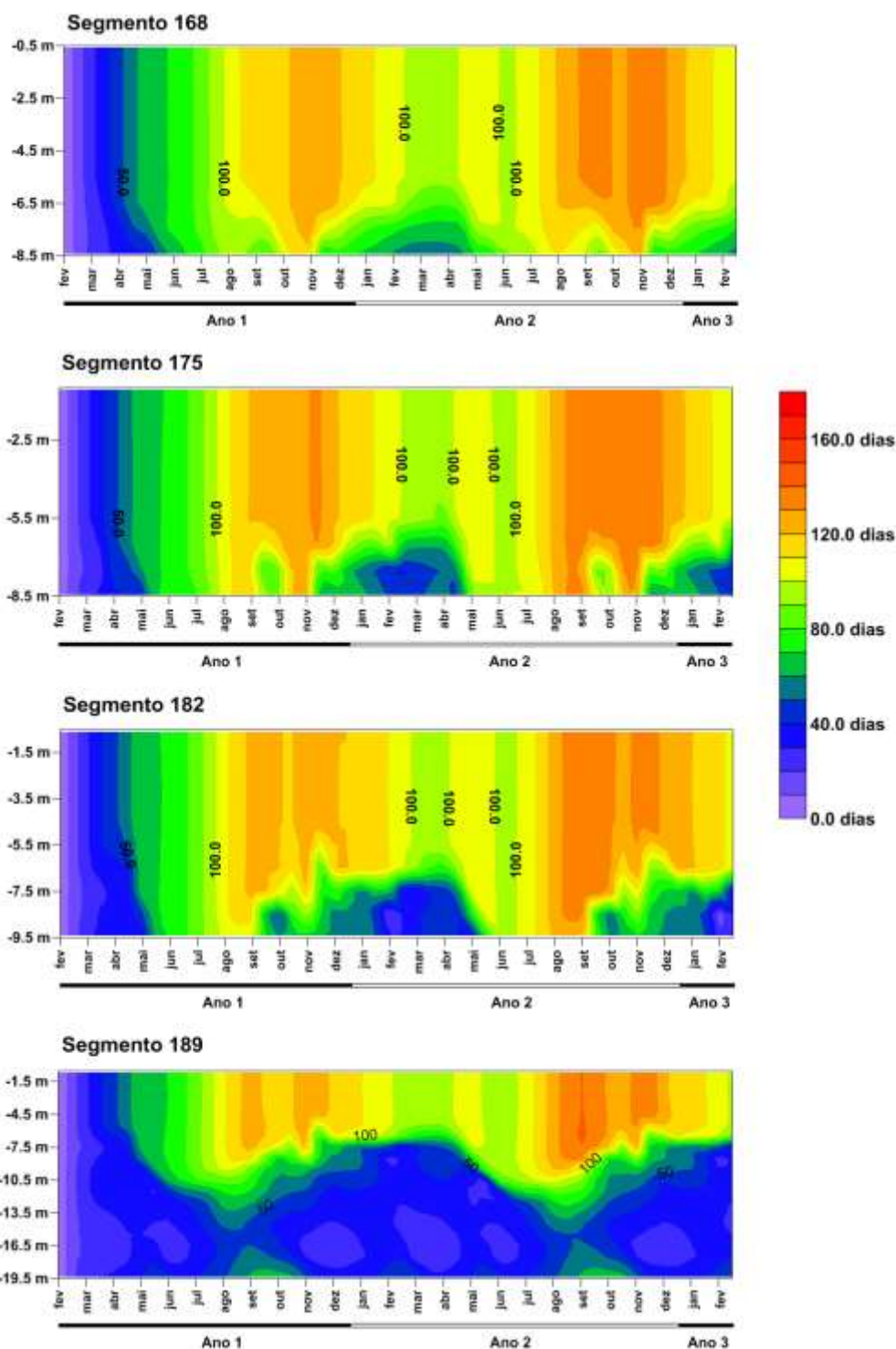


Ilustração 7-115 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - SECA

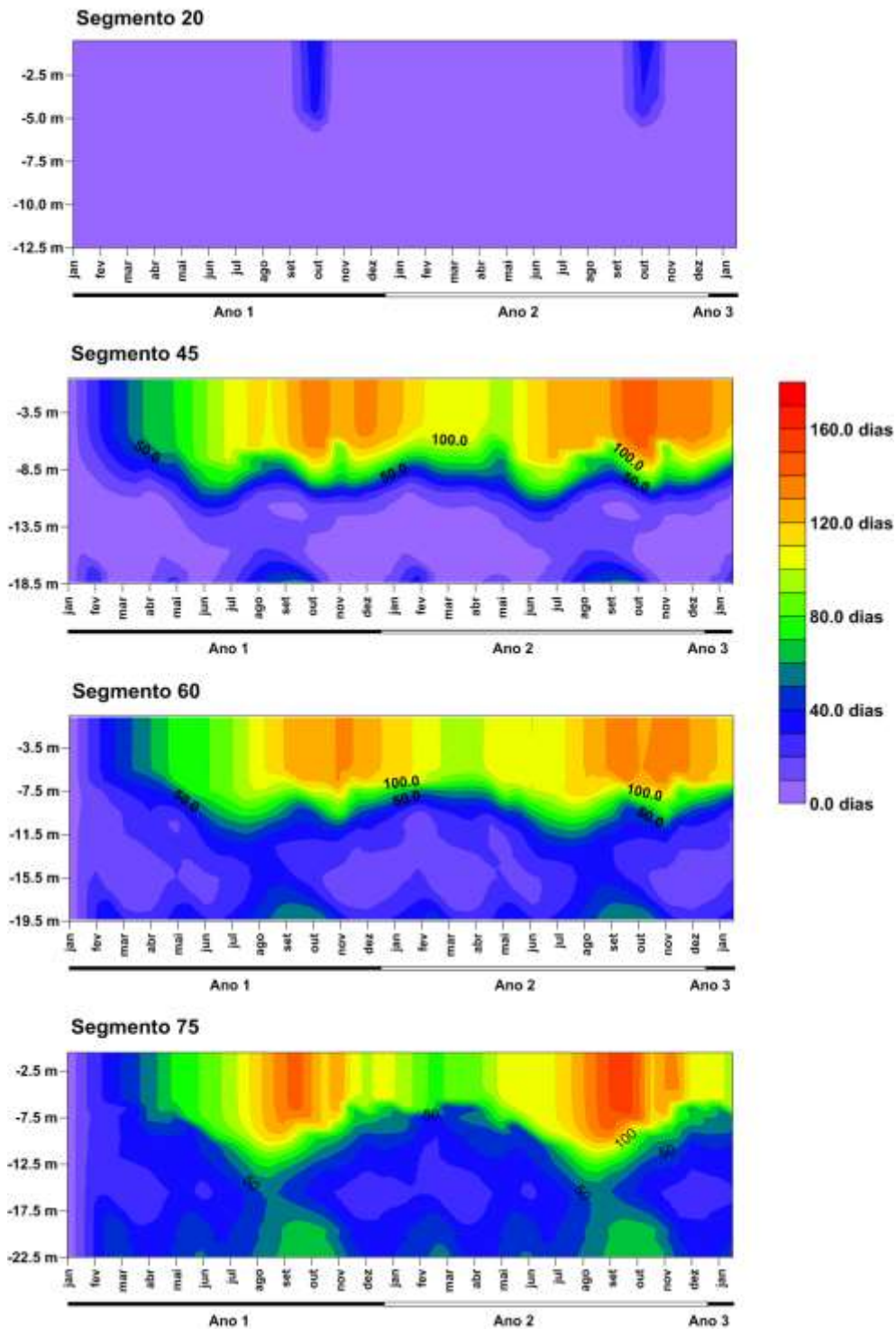


Ilustração 7-116 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle.

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - SECA

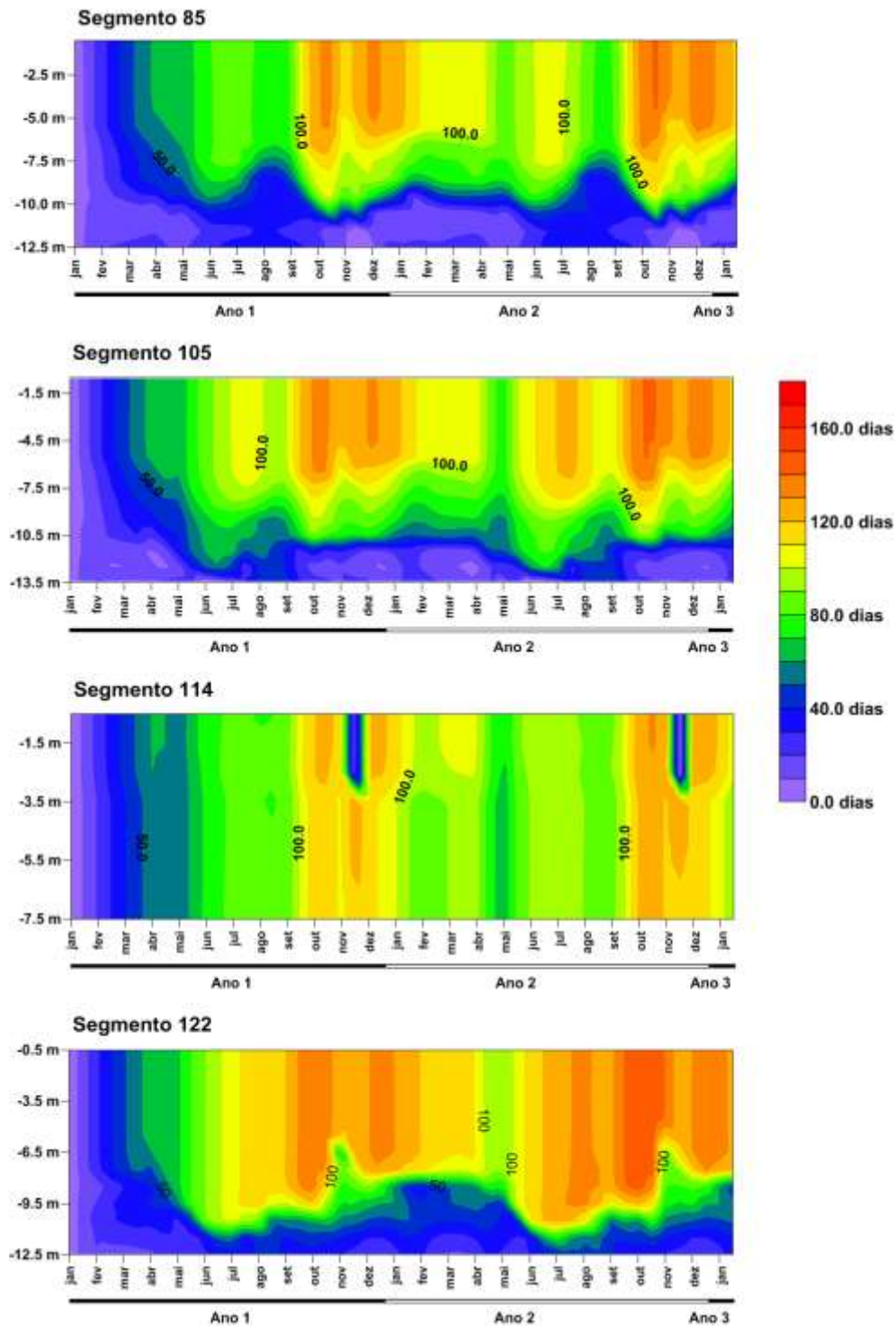


Ilustração 7-117 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - SECA

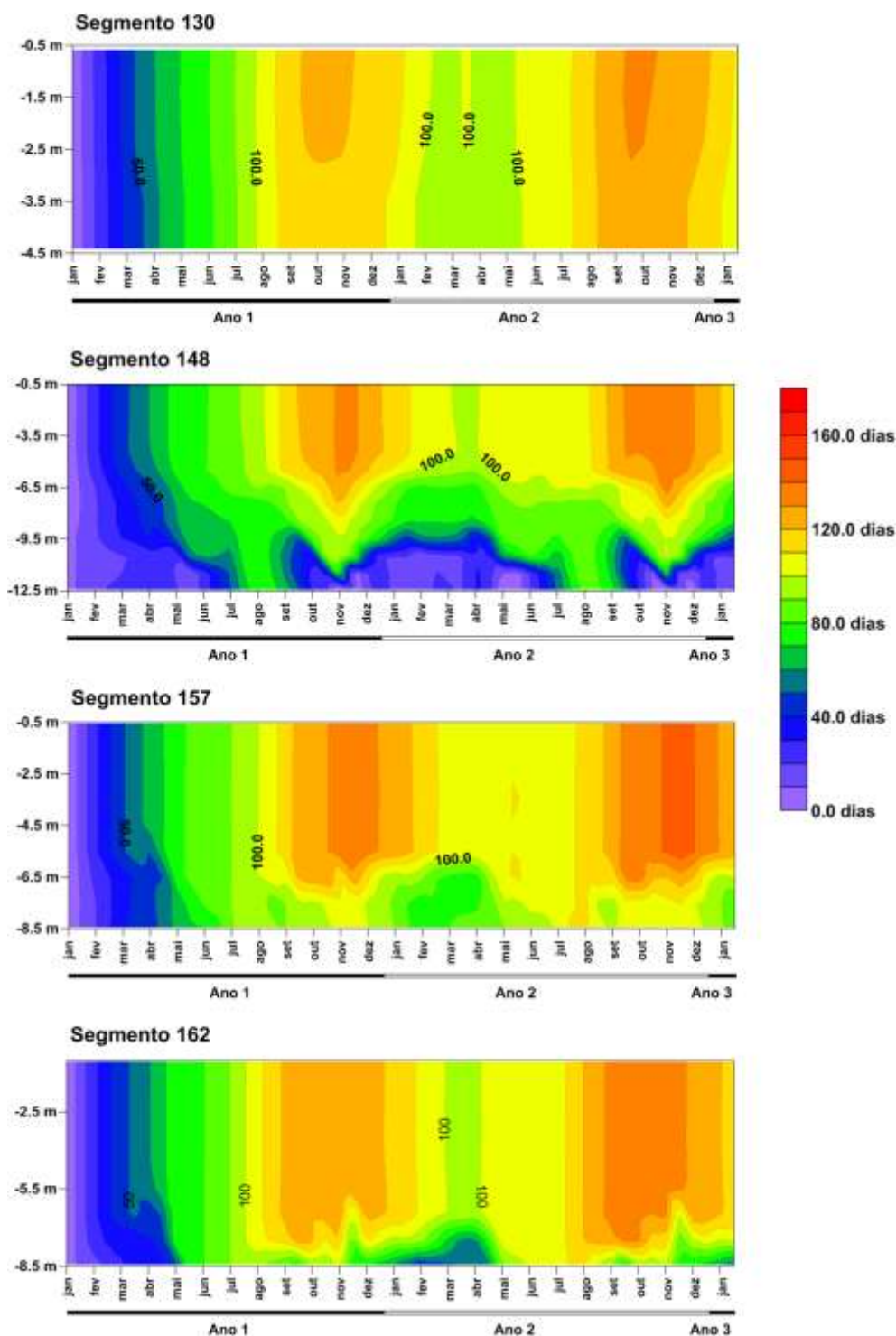


Ilustração 7-118 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

TEMPO DE RESIDÊNCIA DA ÁGUA - SECA

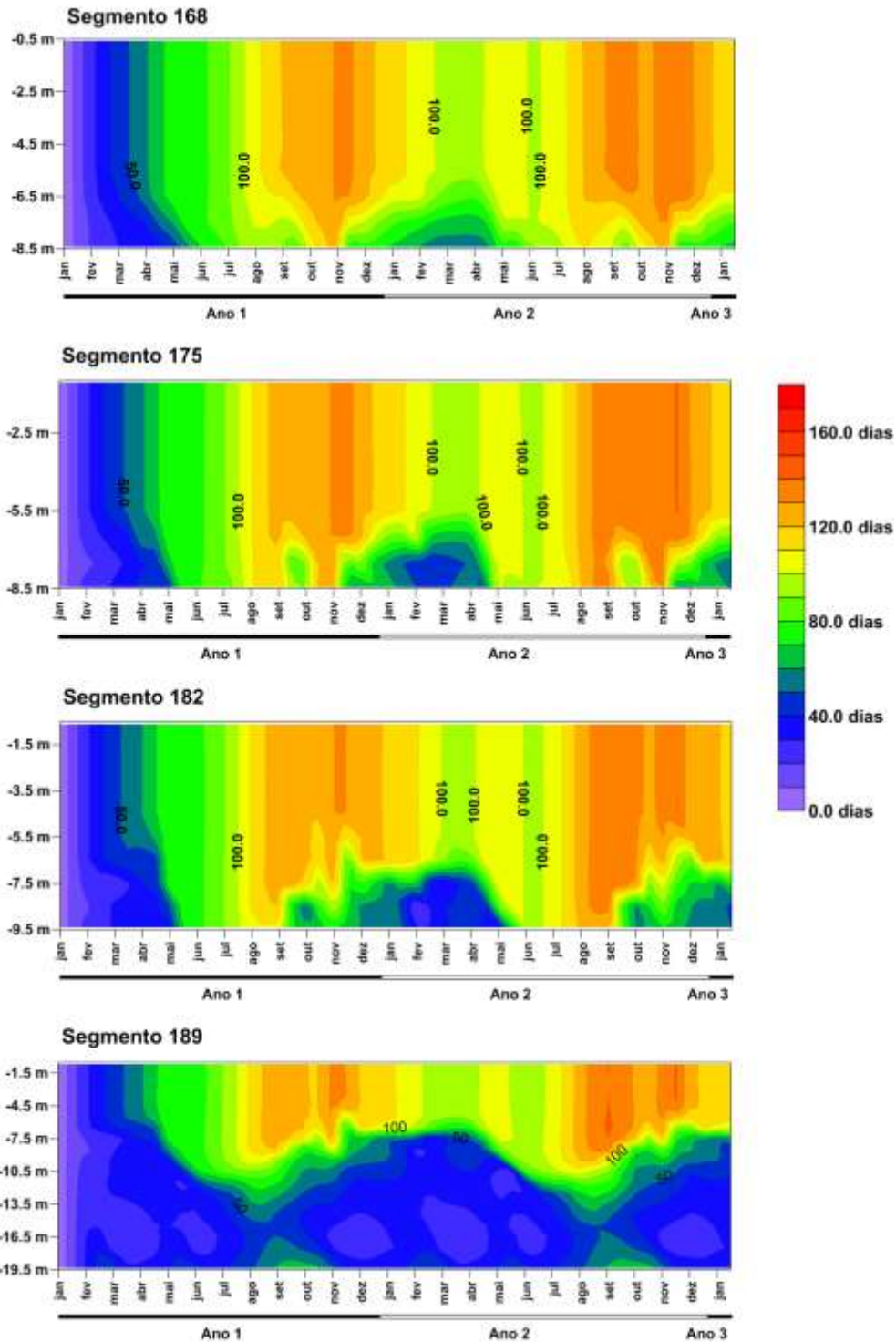


Ilustração 7-119 – Variação do Tempo de Residência da Água na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle (continuação).

7.2.3 Oxigênio Dissolvido

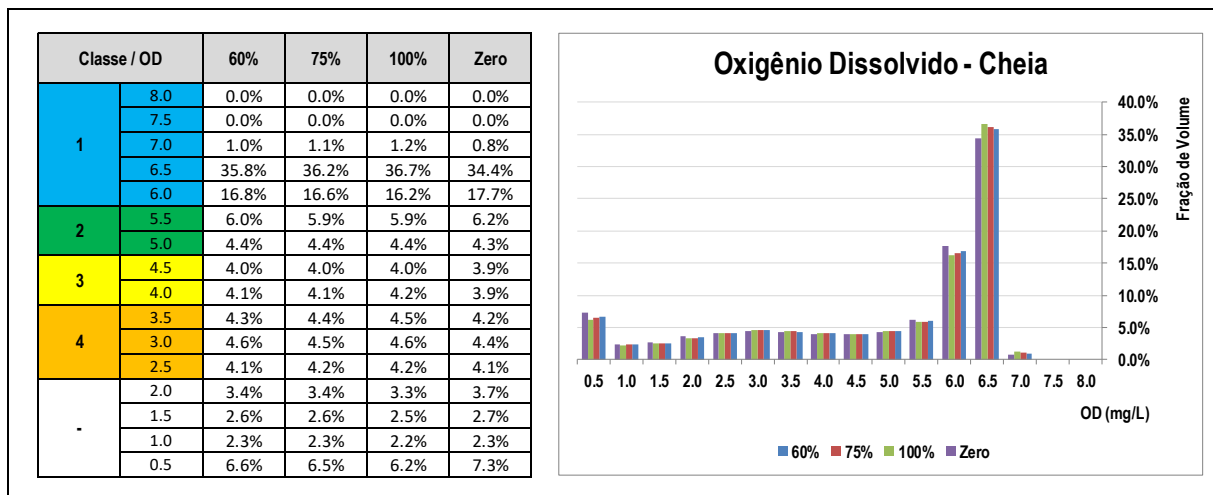
O oxigênio dissolvido destaca-se como um dos parâmetros de qualidade da água que apresenta as maiores variações diárias. Essas variações ocorrem porque este gás está diretamente envolvido com os processos de fotossíntese e respiração e/ou decomposição que, por sua vez, estão diretamente relacionados com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura. Do ponto de vista ecológico, o oxigênio dissolvido é um parâmetro extremamente importante, pois é necessário para a respiração da maioria dos organismos que habitam o meio aquático.

Para os organismos aquáticos, são particularmente prejudiciais as variações de oxigênio dissolvido, sendo a quantidade mínima do gás que permita a manutenção dos processos metabólicos, variável, dependendo da espécie e dentro da espécie, para cada indivíduo. Em quantidades mínimas de oxigênio dissolvido, podem manifestar-se condições de anaerobiose (inexistência de oxigênio nas águas).

Na sequência são apresentados os principais resultados relativos aos teores de oxigênio dissolvido projetados pelo modelo nos diferentes cenários de desmatamento considerados neste estudo. Destaca-se que a variável Oxigênio Dissolvido constitui-se em uma das principais variáveis de investigação do estudo uma vez que reflete a qualidade das águas afluentes ao sistema (alóctone), assim como as consequências da degradação da biomassa vegetal submersa remanescente (autóctone).

O Quadro 7-2 apresenta os teores de oxigênio dissolvido por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Cheia.

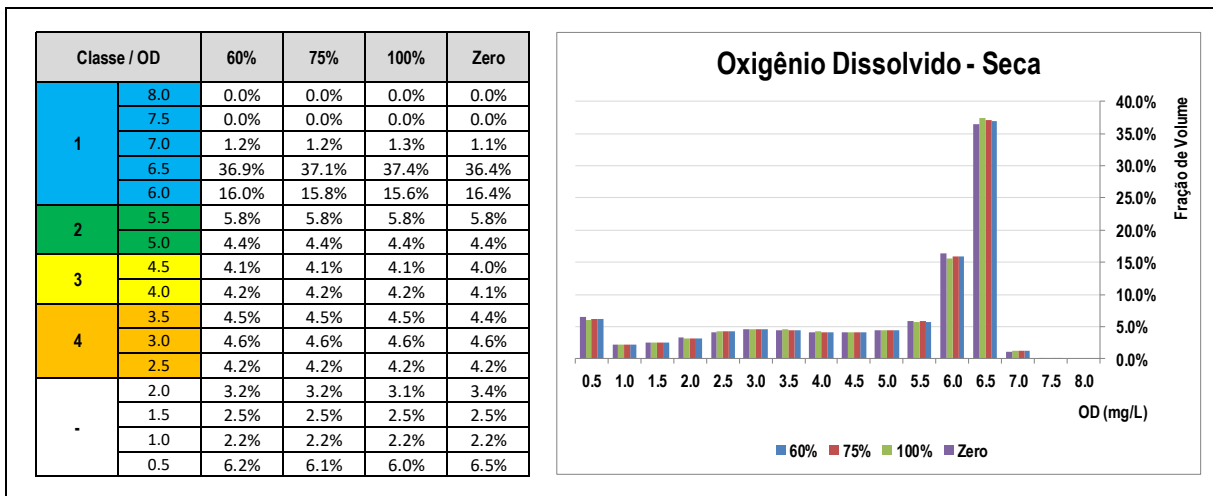
Quadro 7-2 - Classe de enquadramento dos Teores de OD por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.



A partir do Quadro 7-2 observa-se que o modelo projeta, independentemente do cenário de desmatamento, um percentual da ordem de 52.9% do volume do reservatório apresentando águas de classe 1 quanto aos teores de OD, e um percentual da ordem de 10% de águas da classe 2 a partir do enchimento no período de Cheia.

O Quadro 7-2 apresenta os teores de oxigênio dissolvido por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Seca.

Quadro 7-3 - Classe de enquadramento dos Teores de OD por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.



A partir do Quadro 7-3 observa-se que o modelo projeta, independentemente do cenário de desmatamento, um percentual da ordem de 53.9% do volume do reservatório apresentando águas de classe 1 quanto aos teores de OD, e um percentual da ordem de 10% de águas da classe 2 a partir do enchimento no período de Seca.

Da Ilustração 7-120 a Ilustração 7-135 são espacializadas as variações dos teores de OD ao longo de seções de controle de modo a demonstrar o comportamento típico da variável ao longo do período de simulação. Dada a pouca variação entre os cenários de interesse ao estudo, quais sejam 60% e 75%, optou-se por espacializa-los somente em detrimento dos demais, para elucidação do comportamento da variável em análise dentro do sistema.

A partir das ilustrações é possível verificar grande semelhança entre os dois períodos considerados (Cheia e Seca) conforme demonstram os dados do Quadro 7-2 e Quadro 7-3. O modelo projeta camadas estratificadas anualmente para o OD, notadamente nas camadas mais profundas próximas ao barramento (abaixo da cota 263m). Nota-se que o reservatório, nos meses mais chuvosos, tende a apresentar teores de OD na camada de fundo mais elevadas, refletindo uma melhor mistura da massa líquida nestes períodos ainda que pouco significativa. Em termos de cenários de desmatamento verificam-se pouca diferença principalmente entre as camadas superficiais e médias.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - CHEIA

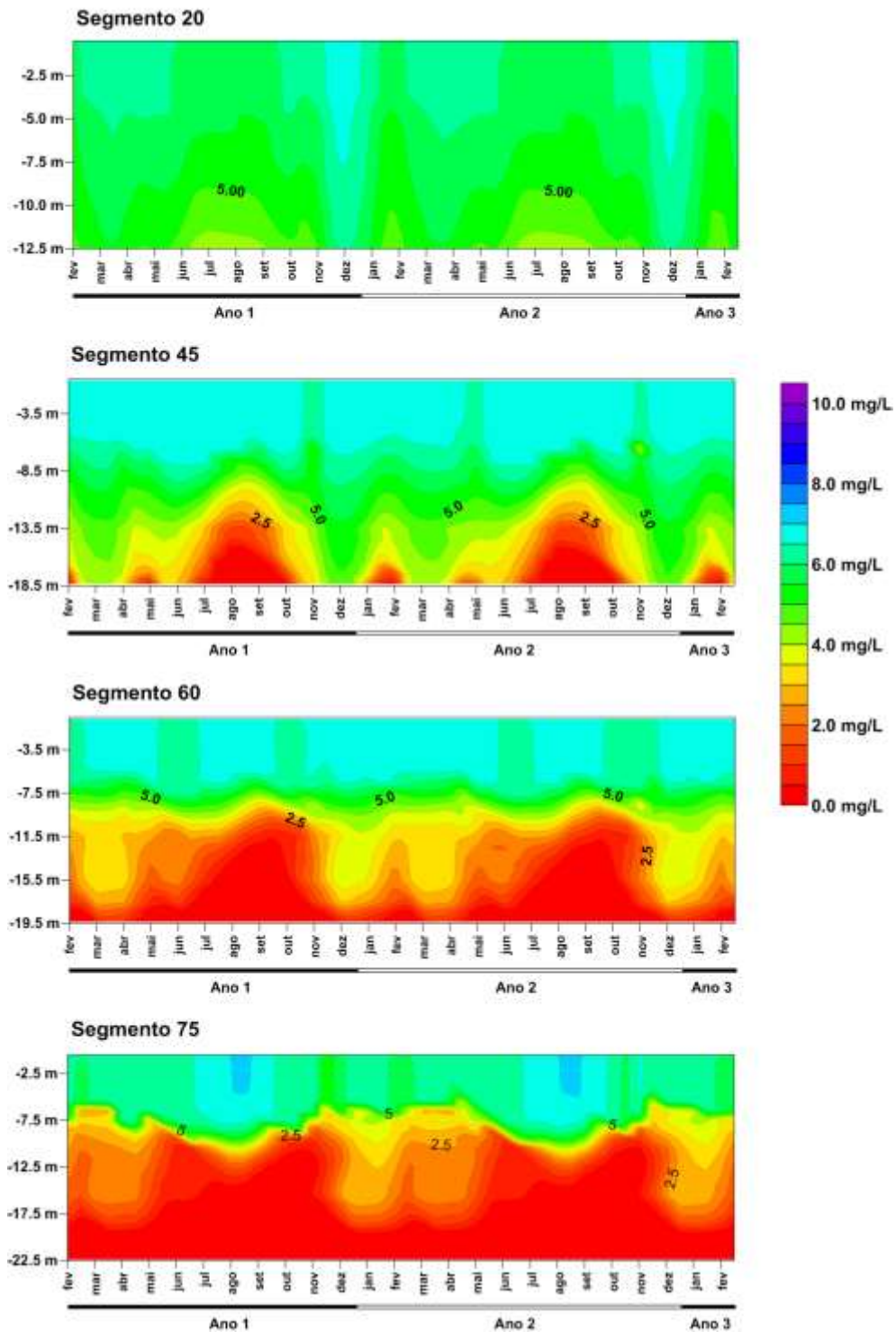


Ilustração 7-120 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - CHEIA

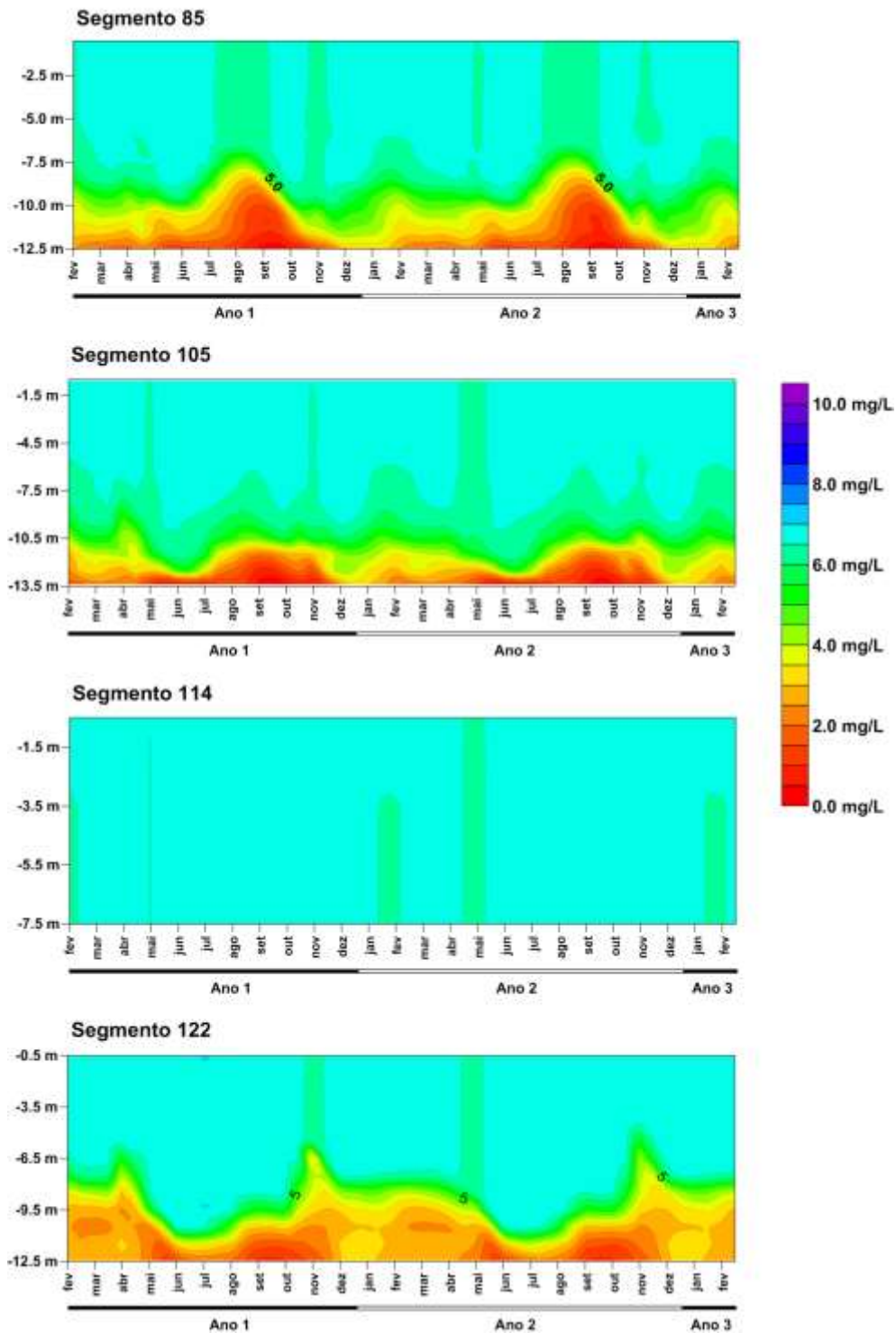


Ilustração 7-121 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - CHEIA

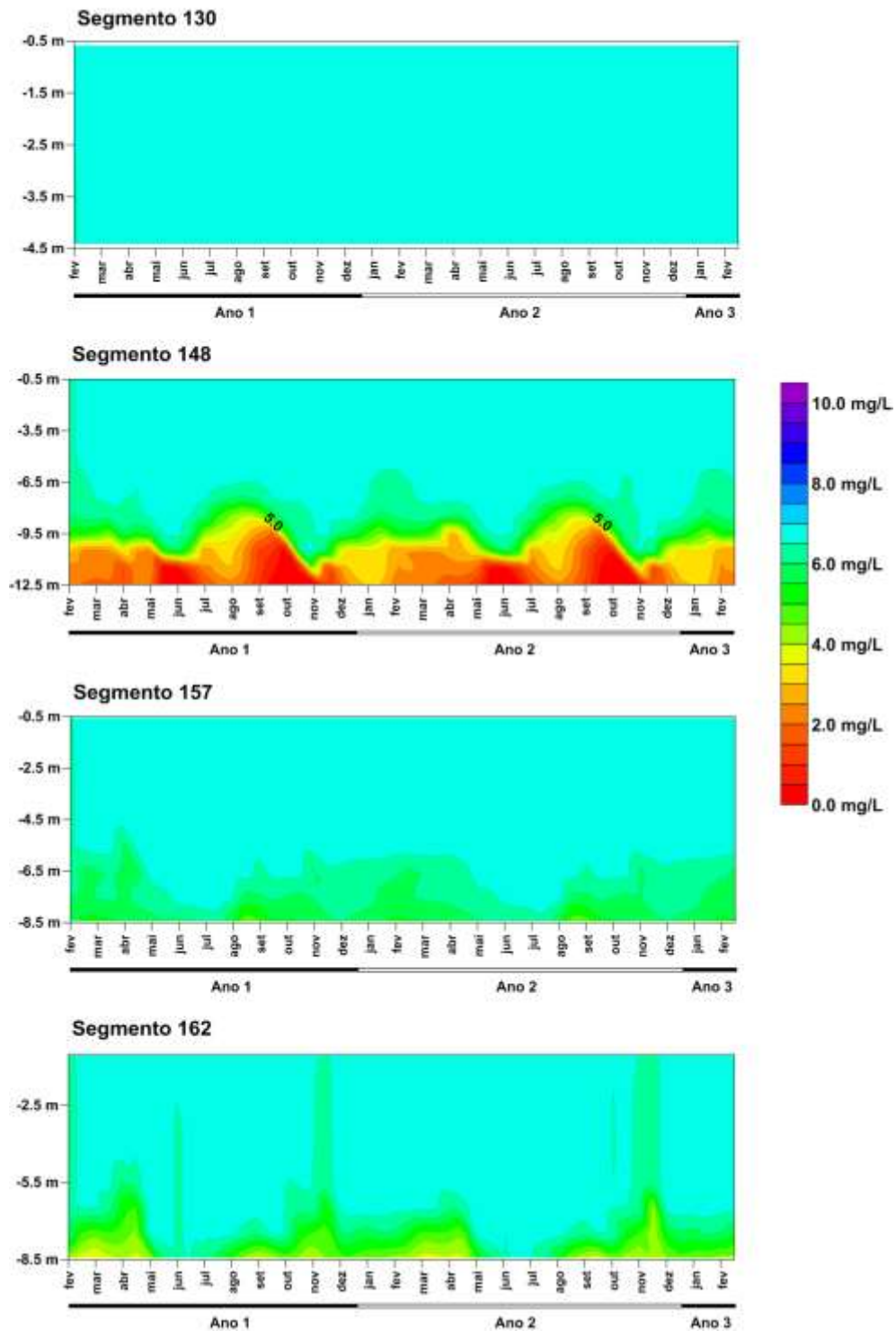


Ilustração 7-122 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - CHEIA

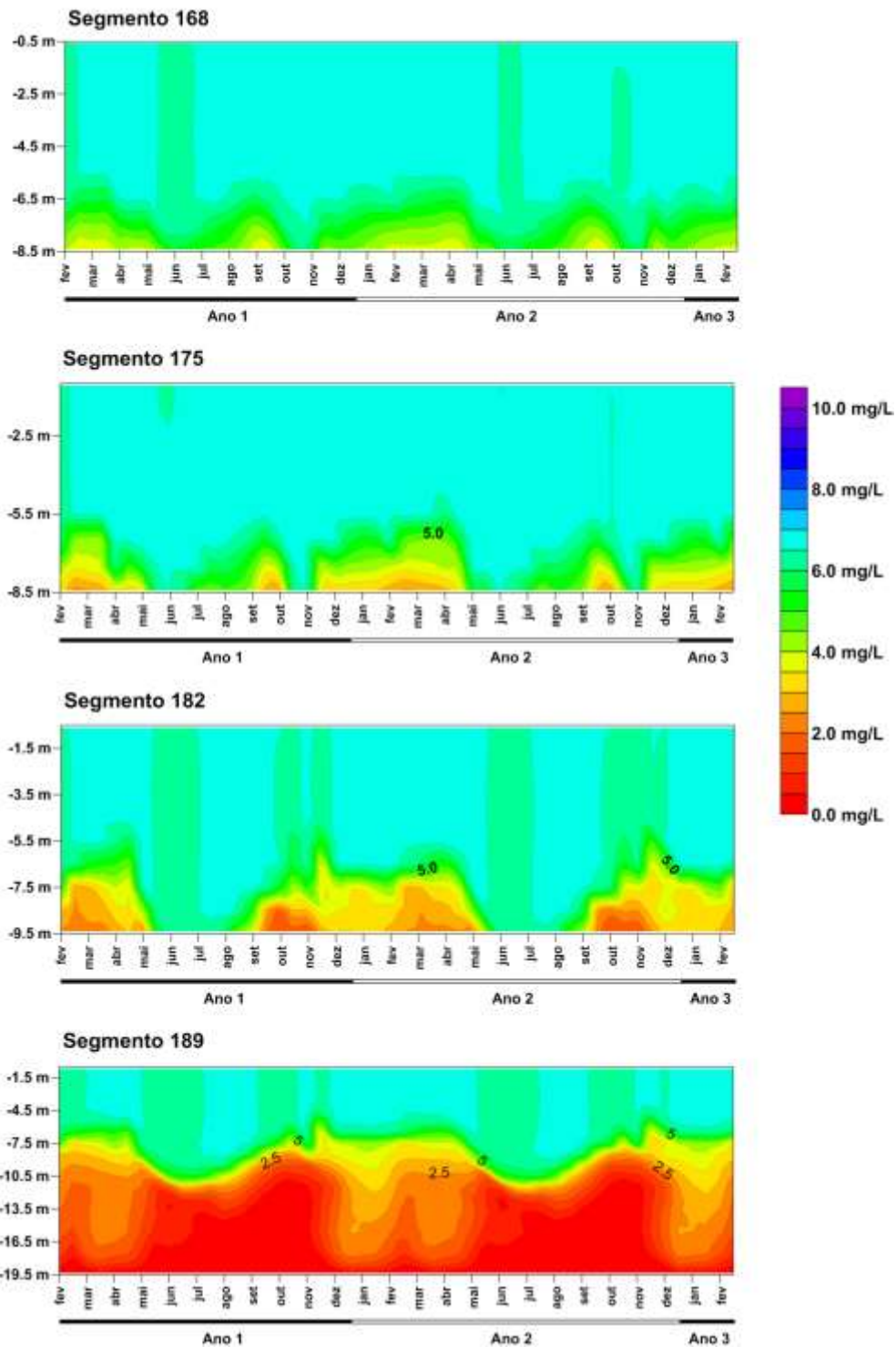


Ilustração 7-123 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - CHEIA

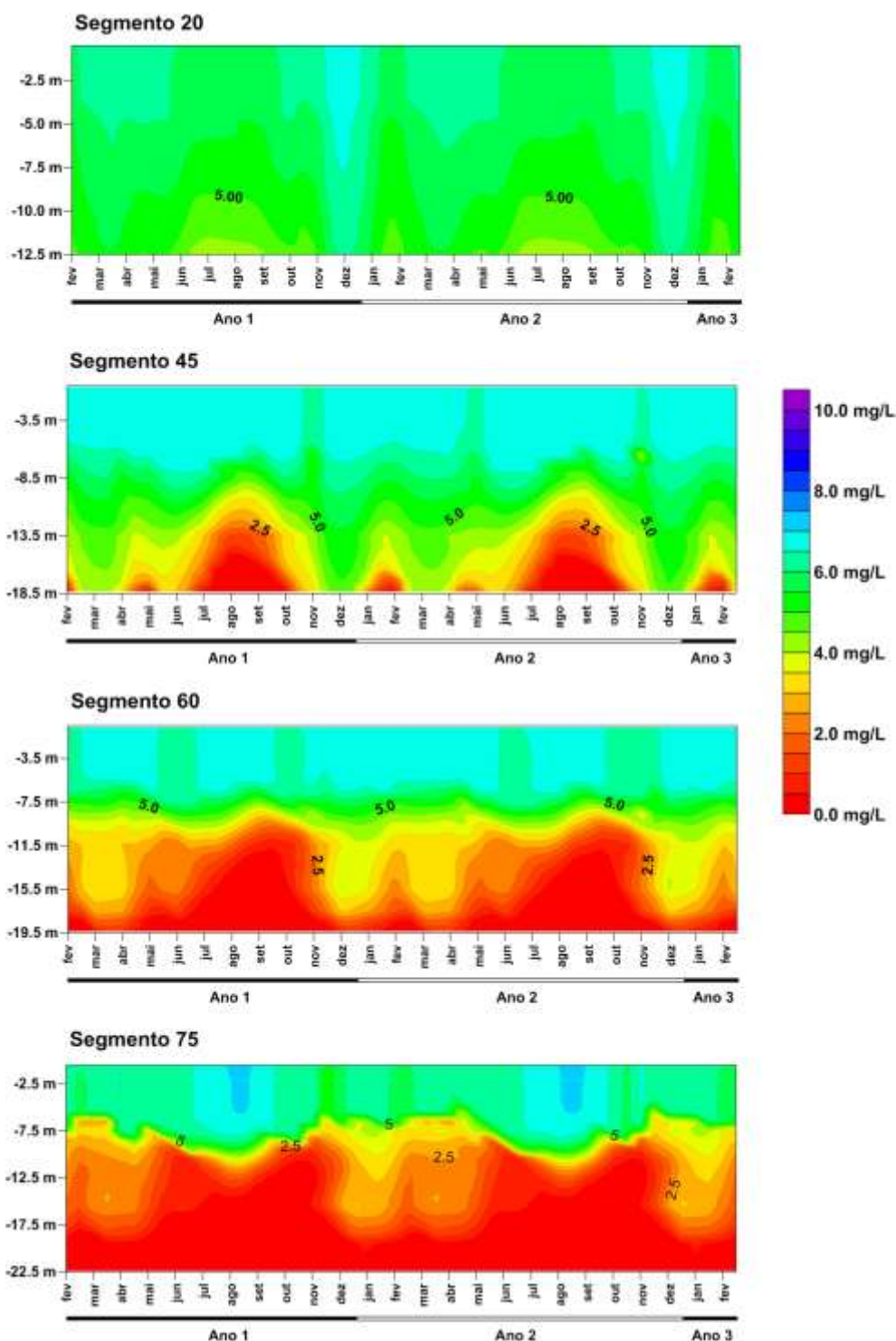


Ilustração 7-124 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - CHEIA

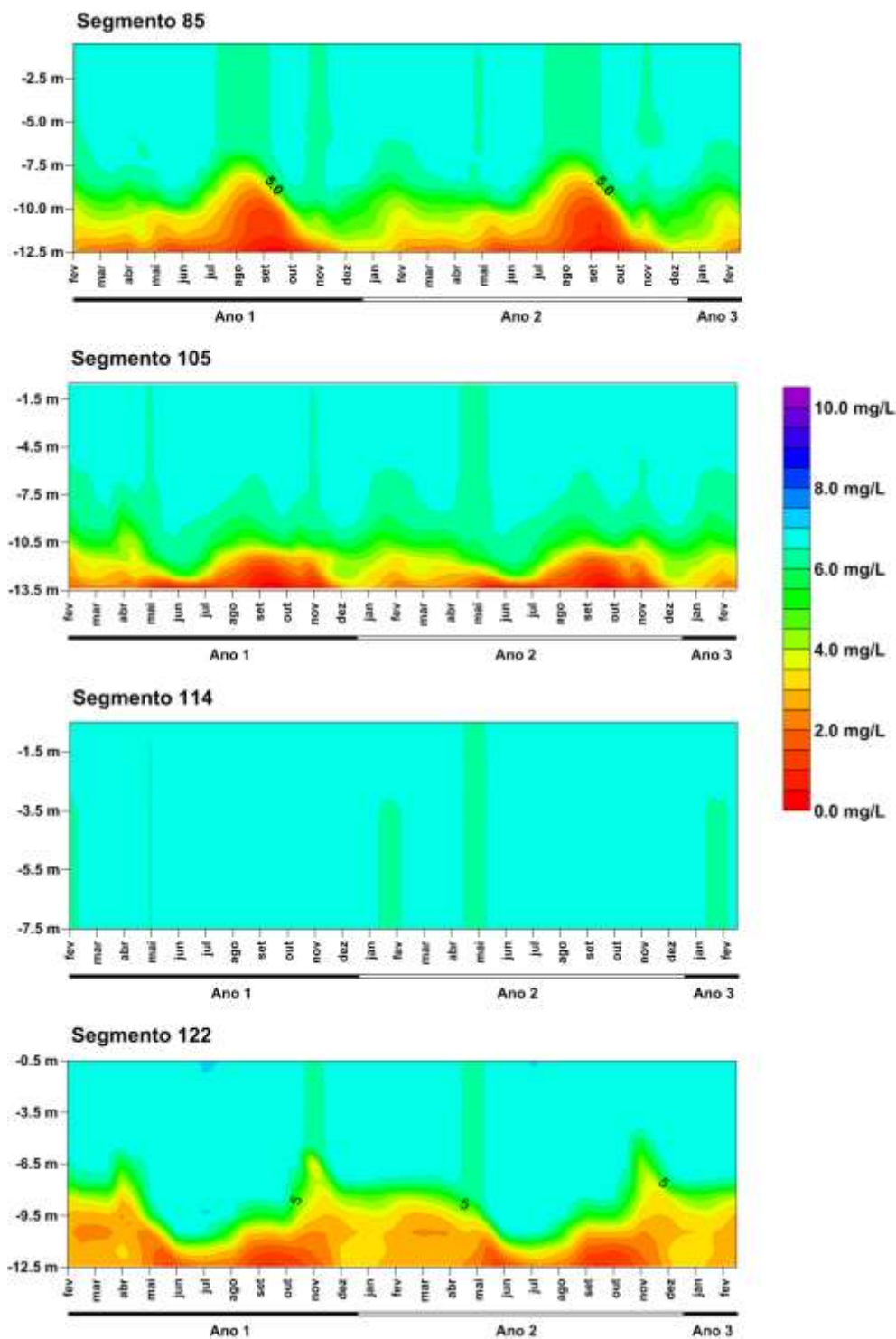


Ilustração 7-125 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - CHEIA

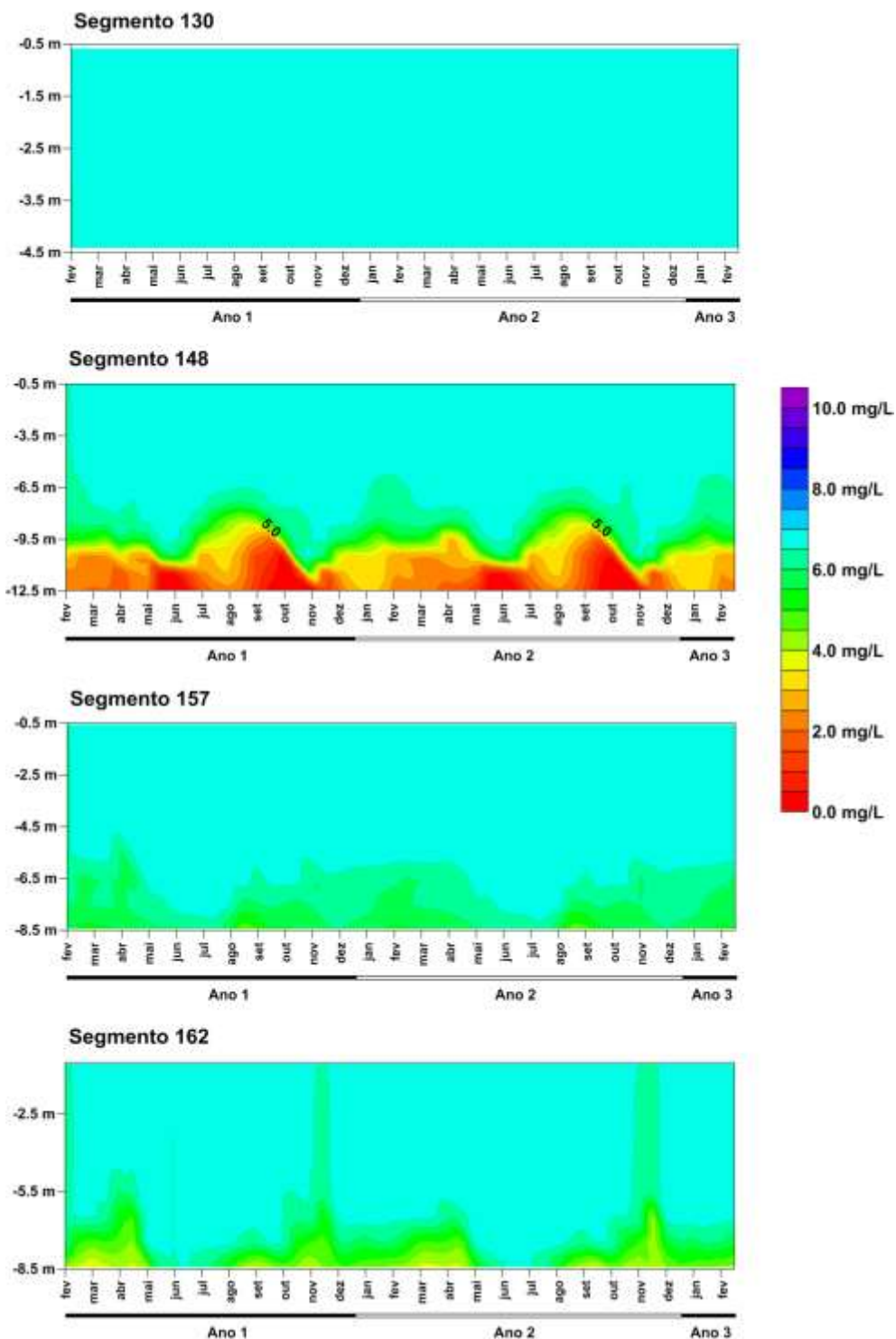


Ilustração 7-126 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - CHEIA

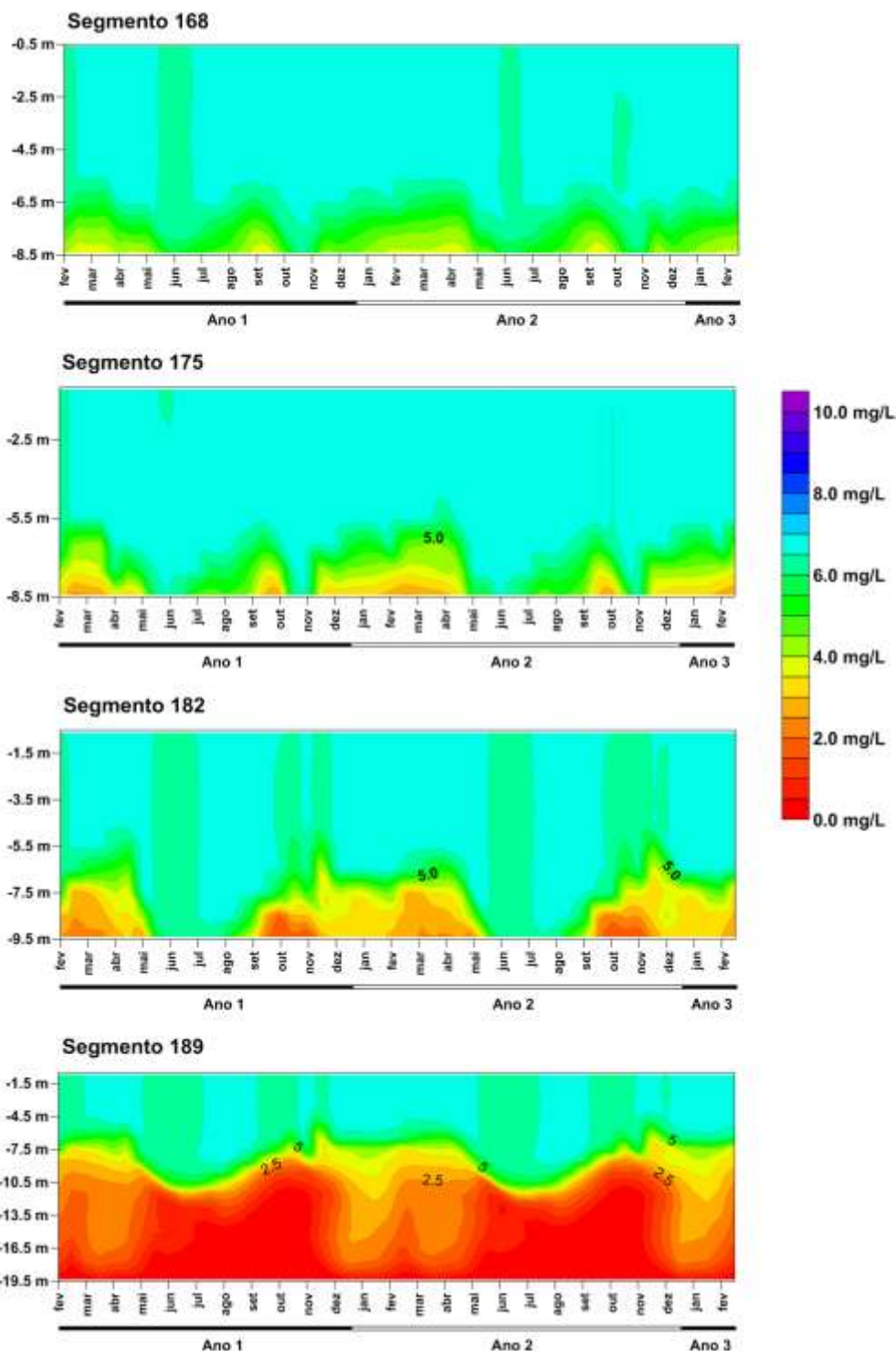


Ilustração 7-127 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - SECA

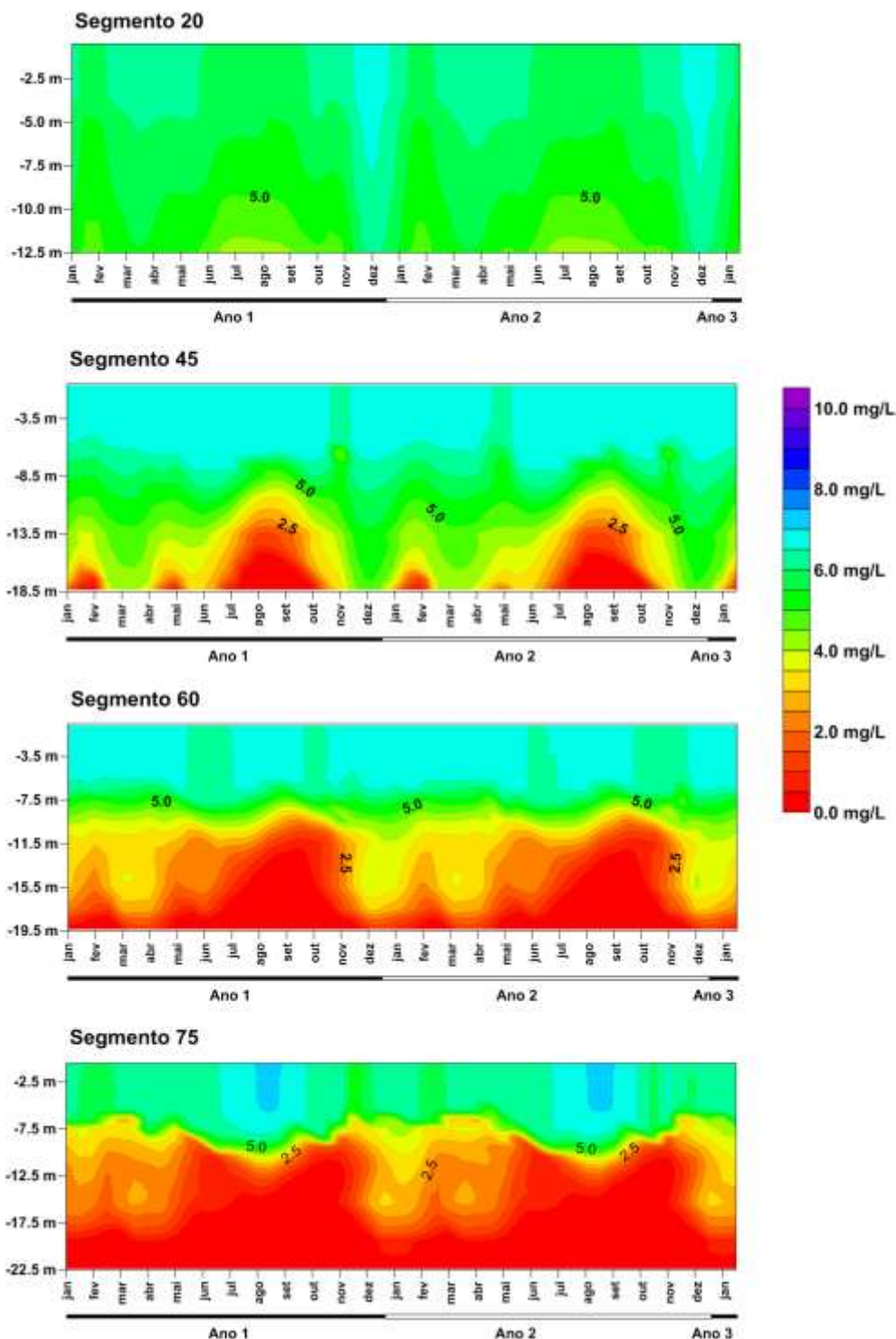


Ilustração 7-128 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - SECA

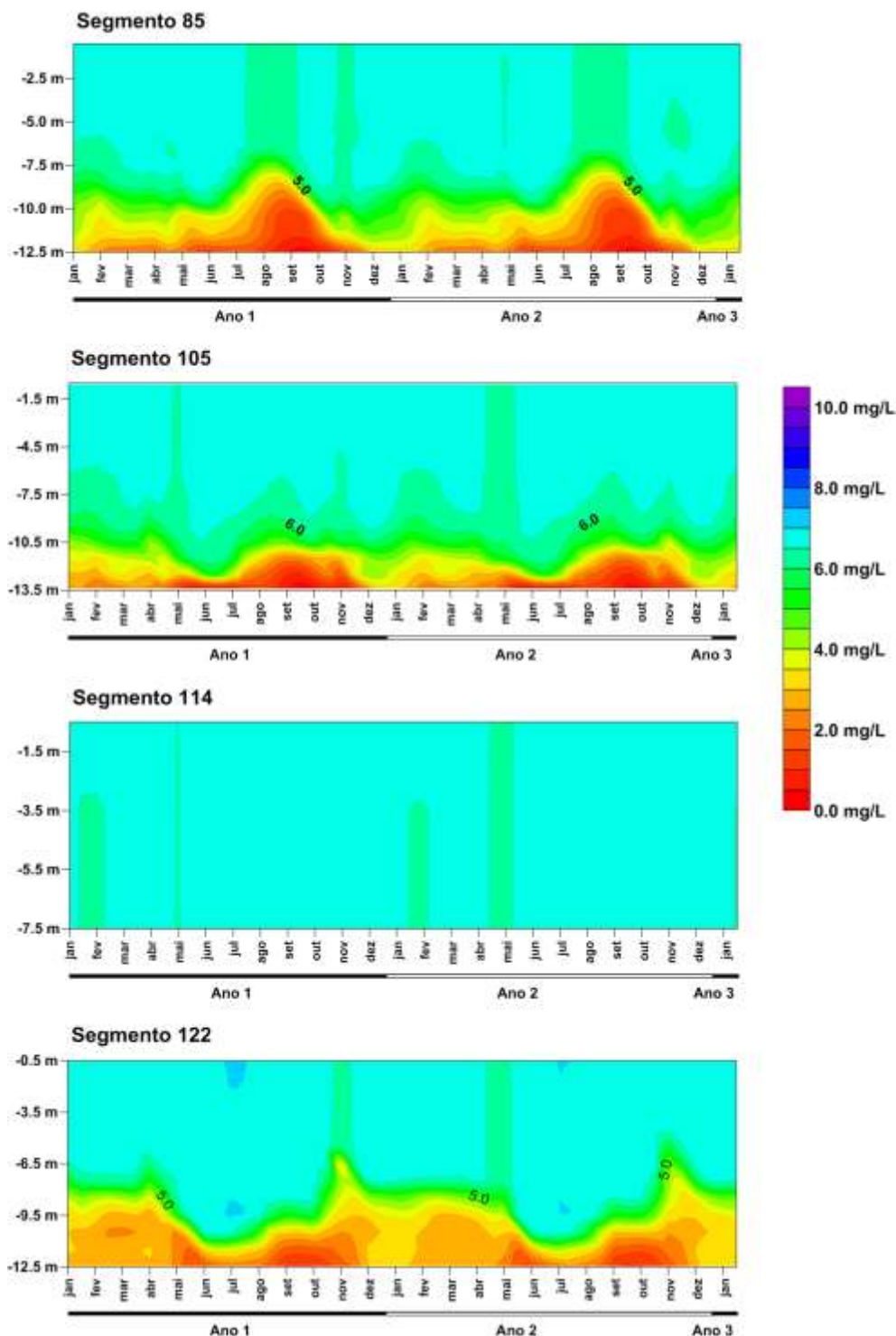


Ilustração 7-129 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - SECA

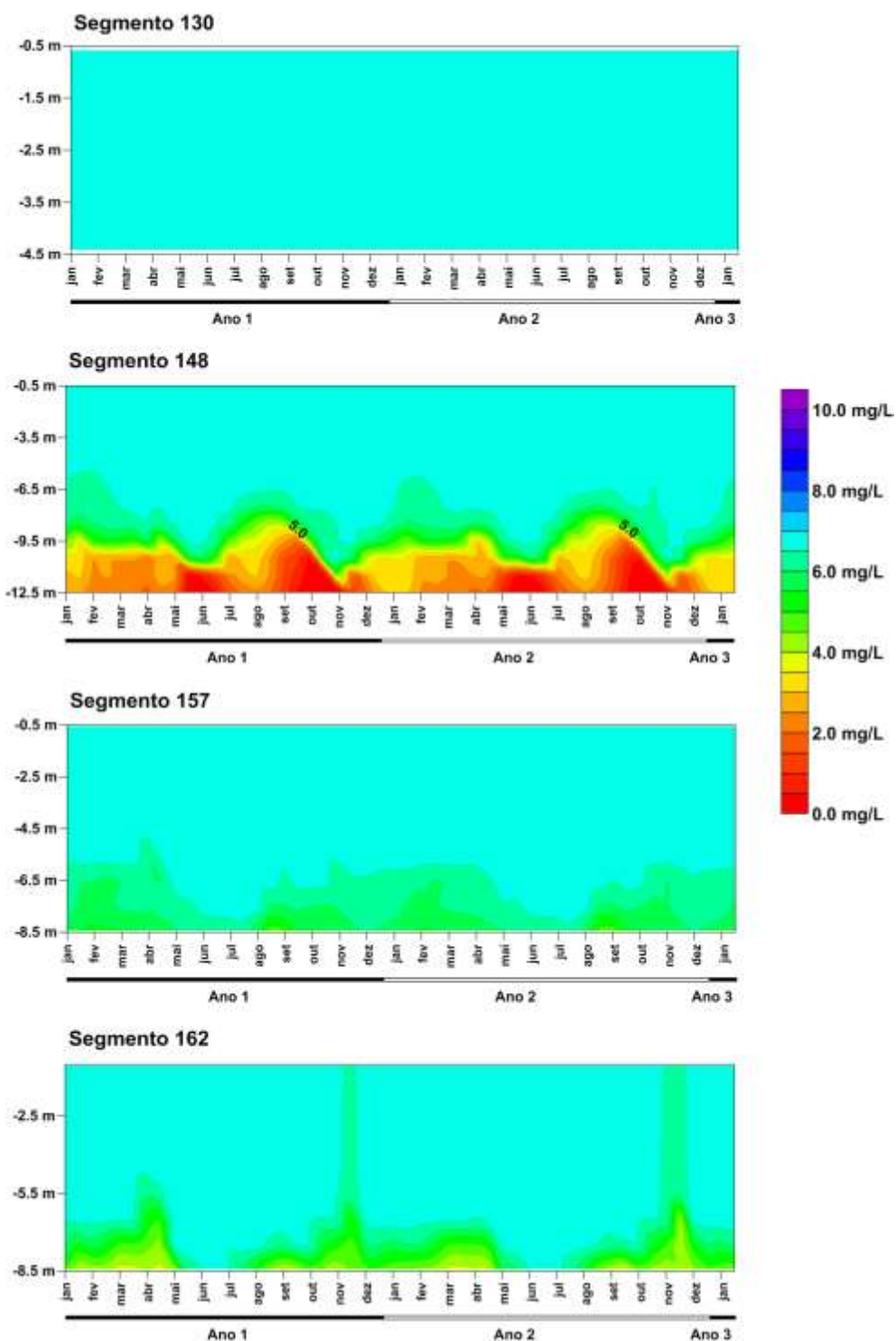


Ilustração 7-130 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 60% - SECA

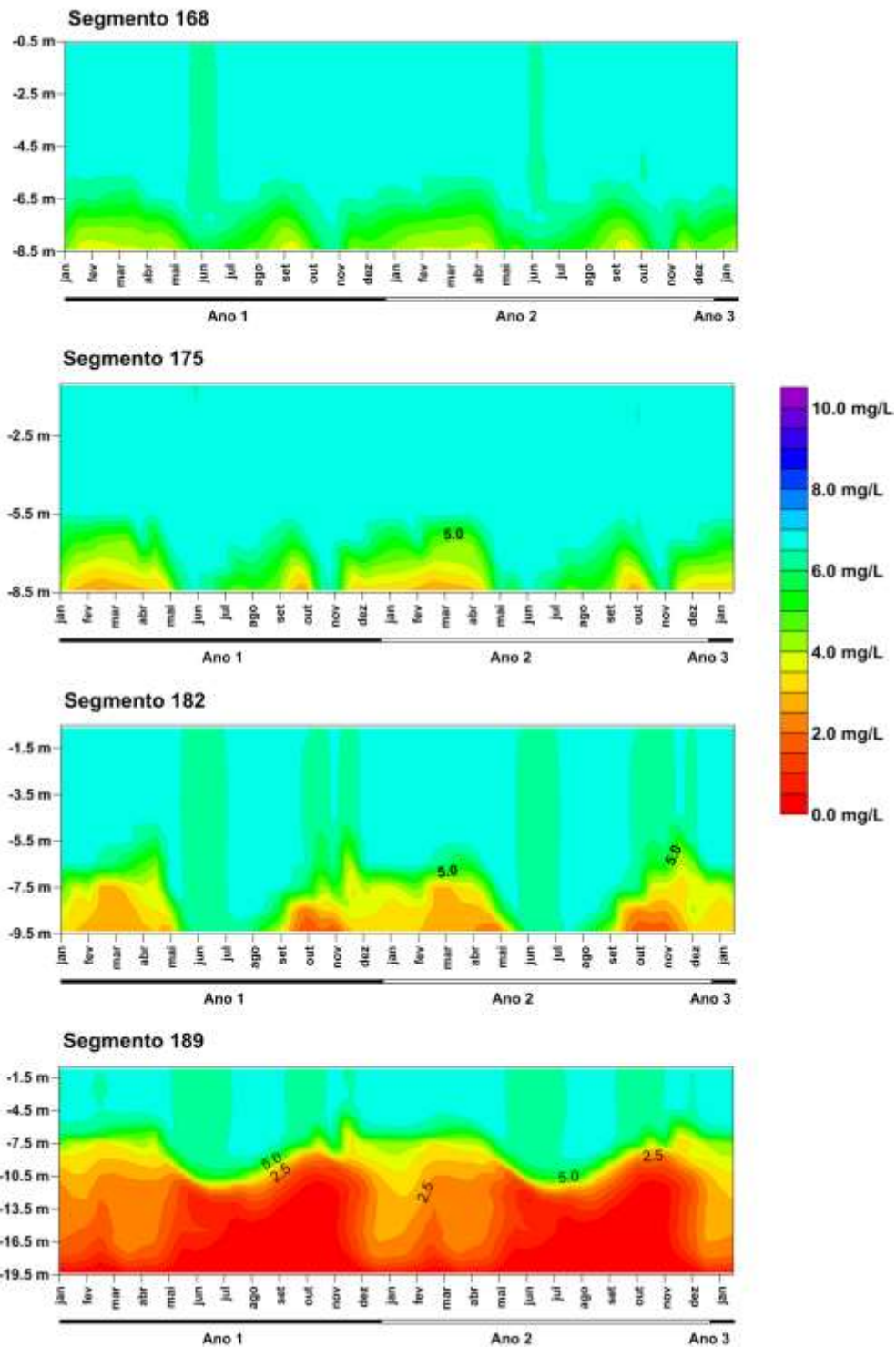


Ilustração 7-131 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - SECA

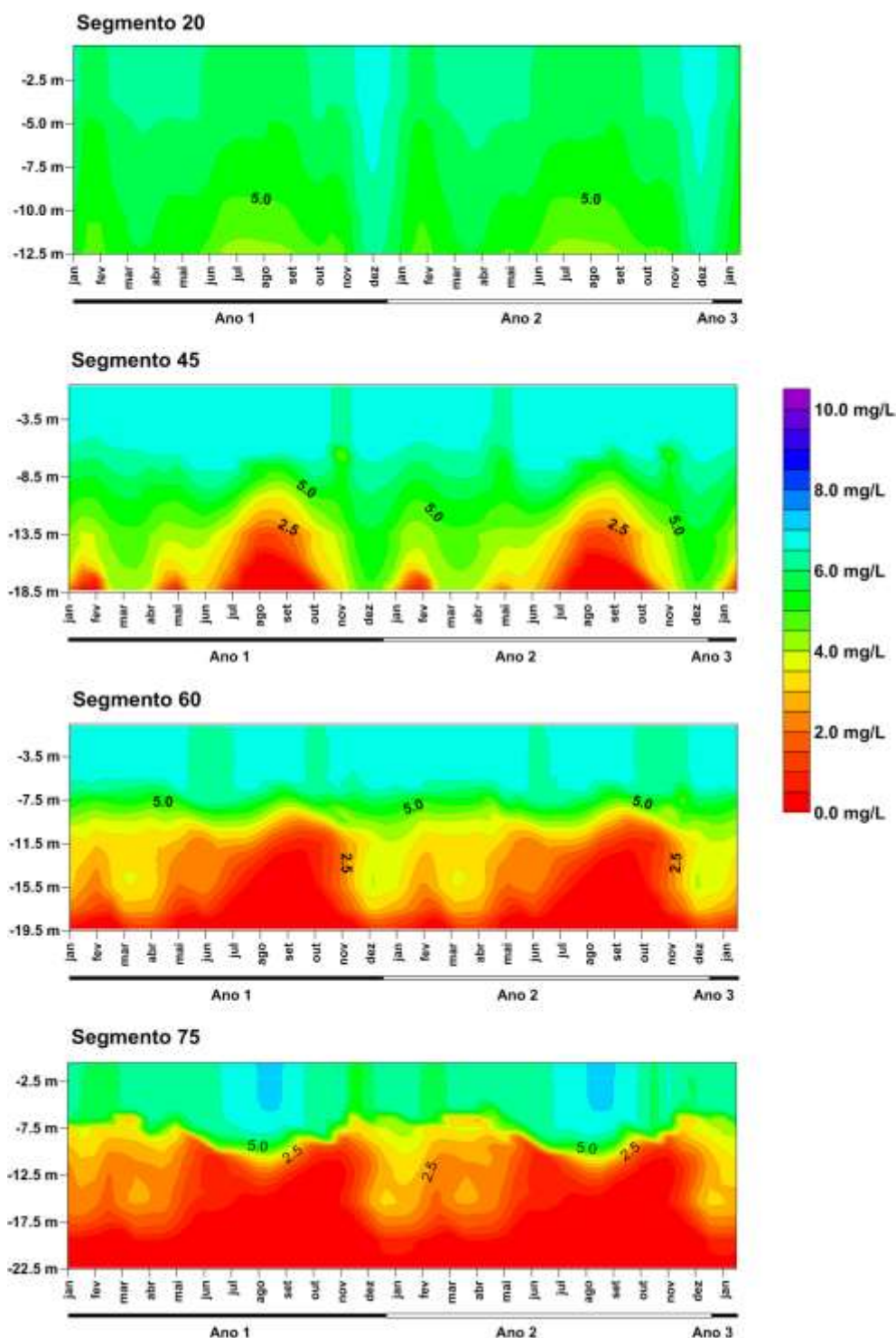


Ilustração 7-132 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - SECA

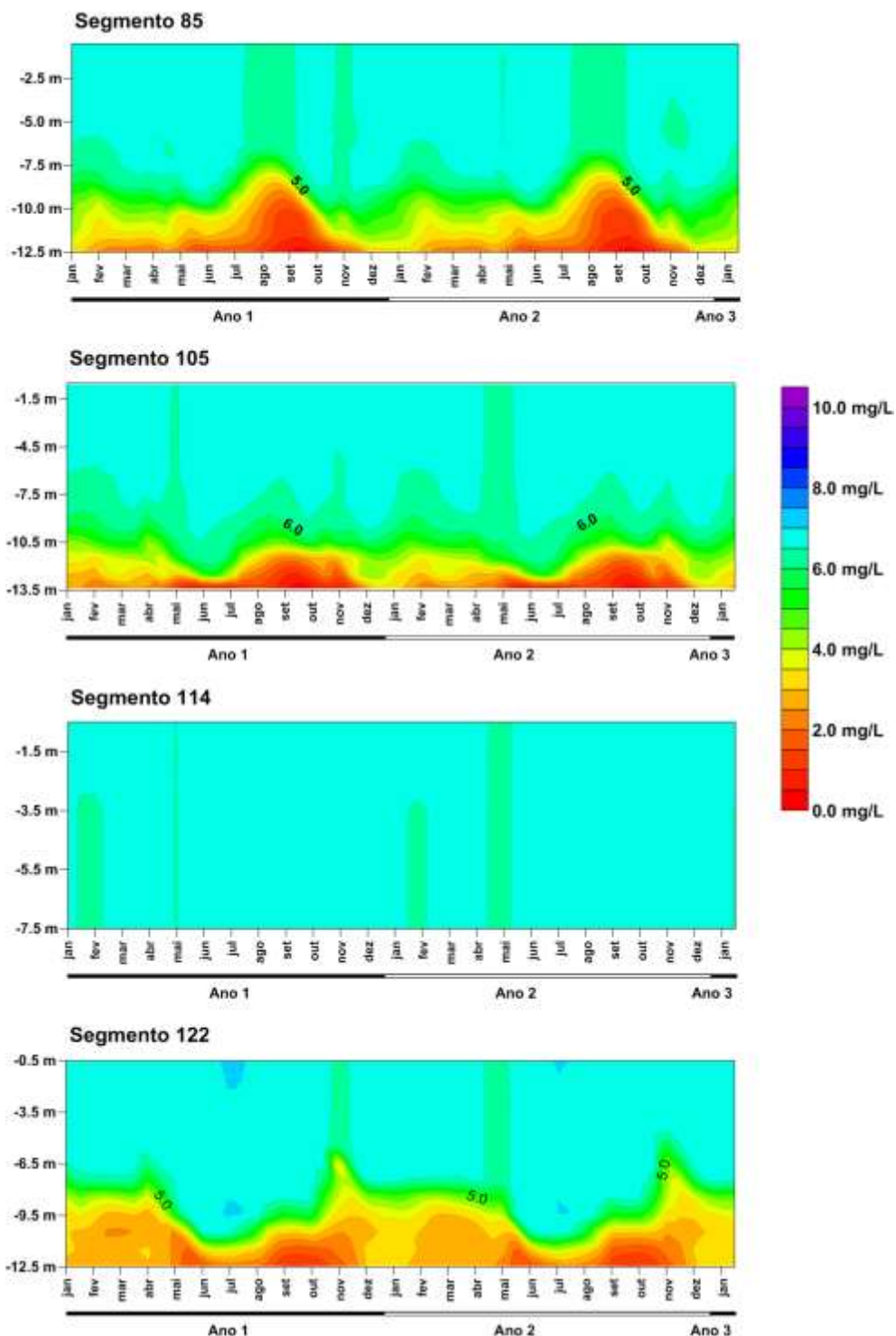


Ilustração 7-133 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - SECA

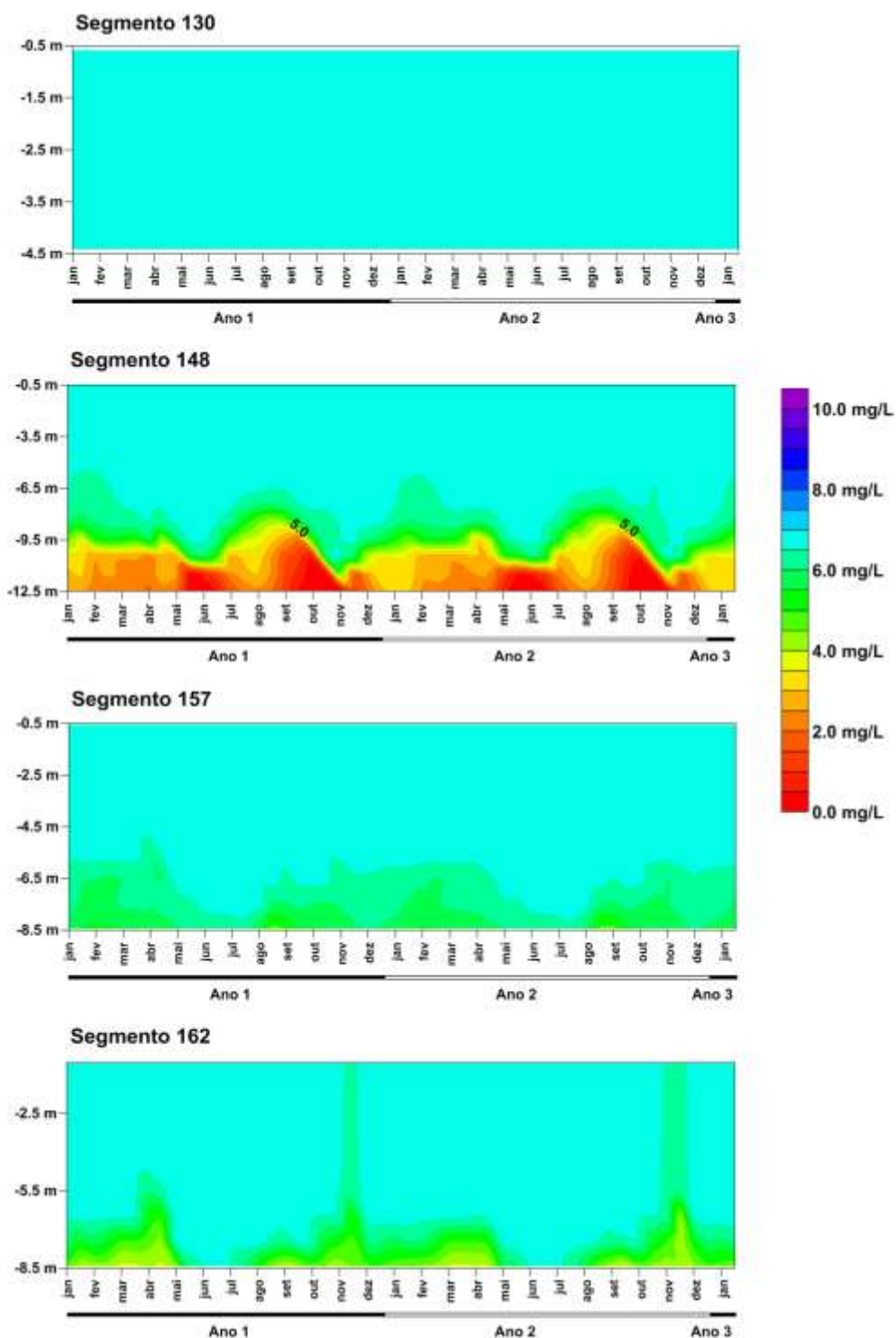


Ilustração 7-134 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

OXIGÊNIO DISSOLVIDO - 75% - SECA

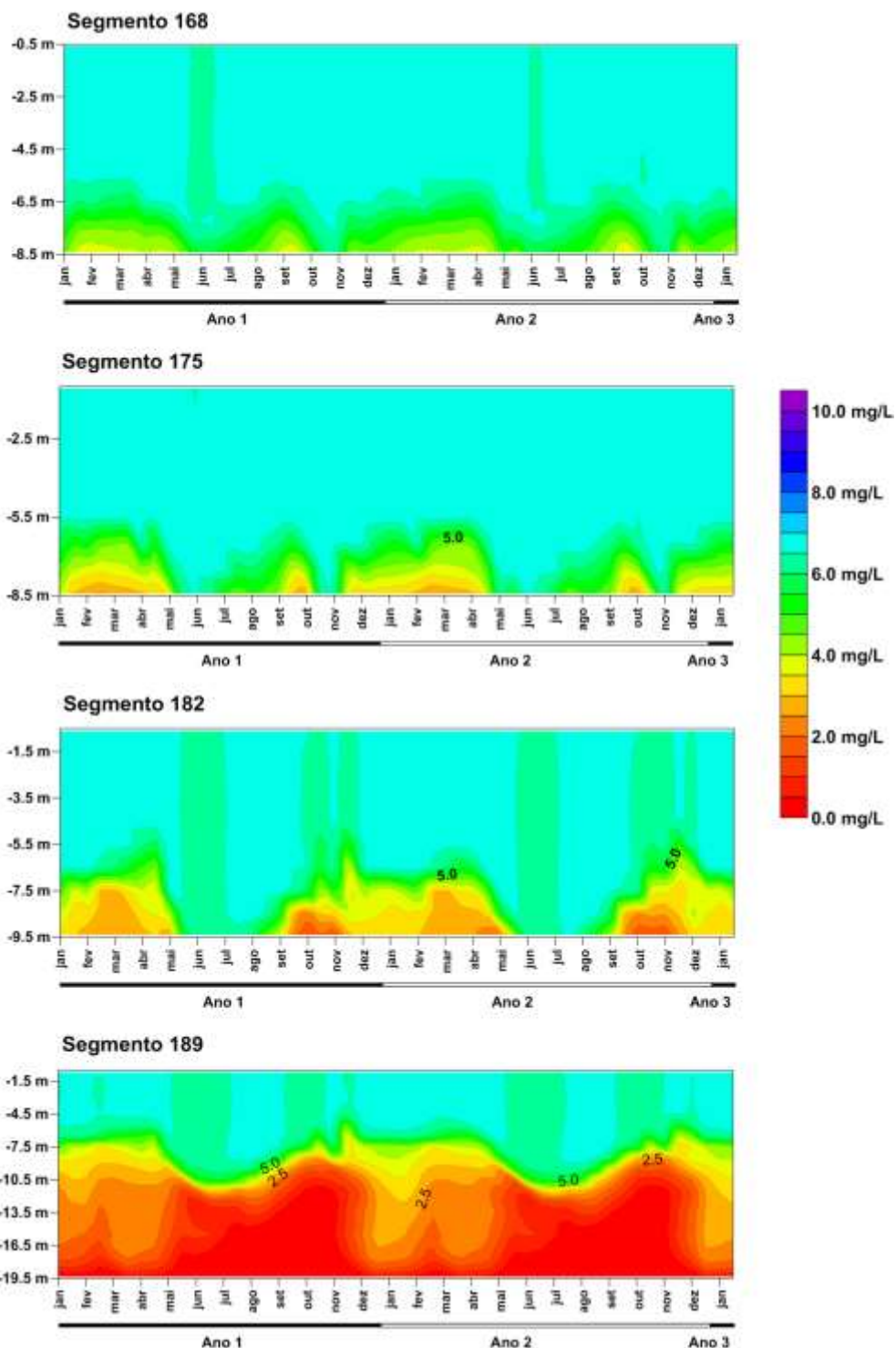


Ilustração 7-135 – Variação do OD na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

7.2.4 Grupo Nitrogenado

No meio aquático, as diversas formas de nitrogênio podem ser de origem natural (proteínas, clorofila e outros compostos biológicos) e/ou de origem das atividades humanas e animais (despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes). O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob as formas: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2^-), amônia (NH_3), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido, entre outros (ESTEVES, 1988).

O nitrogênio nas águas naturais tem origem em diversas fontes. Os esgotos sanitários, assim como as práticas agropecuárias constituem uma fonte importante de nitrogênio. Alguns efluentes industriais também concorrem para as descargas de nitrogênio orgânico e amoniacal nas águas, como algumas indústrias químicas, petroquímicas, siderúrgicas, farmacêuticas, de conservas alimentícias, matadouros, frigoríficos e curtumes.

O termo nitrogênio amoniacal (N-Amoniacal) abrange as concentrações das formas do nitrogênio como amônia. A amônia é bastante restritiva à ictiofauna, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5,0 mg/L. A soma do nitrogênio orgânico e amoniacal resulta no Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK).

O nitrogênio na forma de nitrito é encontrado em águas superficiais em pequena quantidade, devido a sua instabilidade na presença de oxigênio, sua presença indica processo biológico ativo influenciado por poluição orgânica recente.

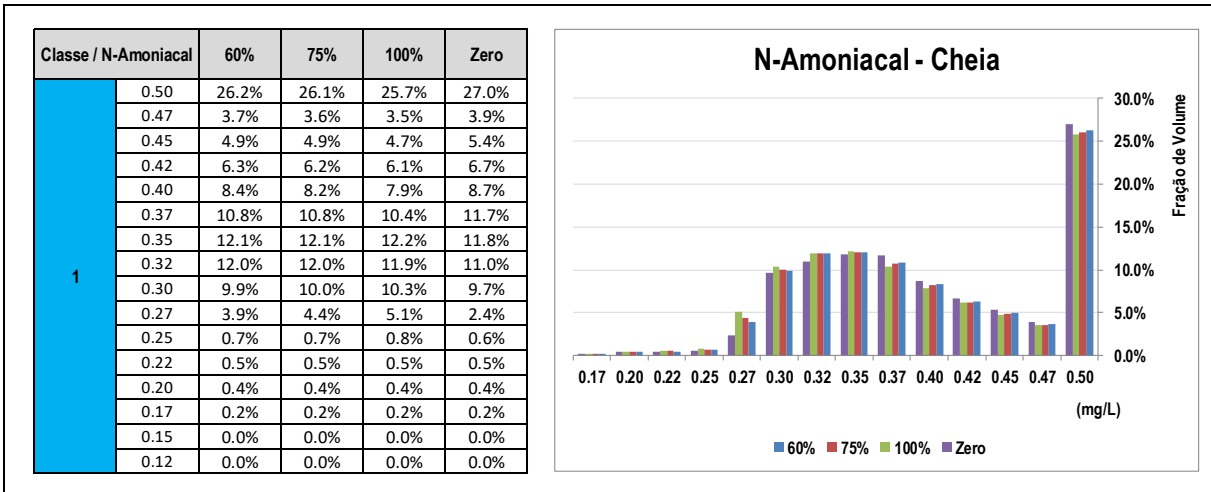
O nitrato representa uma das principais fontes de nitrogênio para os produtores primários. No ciclo biogeoquímico os compostos de nitrogênio são de suma importância para quase todos os grupos bacterianos tais como os autotróficos, heterotróficos, aeróbios, anaeróbios e outros, que fazem parte de processos básicos de nitrificação, desnitrificação e amonificação do nitrato. Assim, uma maior disponibilização de nitrogênio no meio implica na dinamização de todos os processos, provocando uma desorganização na cadeia trófica, inclusive com a floração de populações como as cianofíceas, que são os principais organismos fixadores de nitrogênio, tais como os gêneros *Nostoc*, *Anabaena*, *Aphanizomenon* e *Gloeotrichia*, que tomam o lugar de espécies mais adaptadas a meios menos eutrofizados.

As diferentes formas de nitrogênio podem ser indicadoras da idade e localização da poluição. A presença predominante de formas reduzidas de nitrogênio num corpo d'água indica que a fonte de poluição se encontra próxima ao local amostrado. Se prevalecer nitrito e nitrato, ao contrário, significa que as descargas de esgotos se encontram mais afastadas. Nas zonas de autodepuração natural em rios, distinguem-se as presenças de nitrogênio orgânico na zona de degradação, amoniacal na zona de decomposição ativa, nitrito na zona de recuperação e nitrato na zona de águas limpas.

7.2.4.1 Nitrogênio Amoniacal

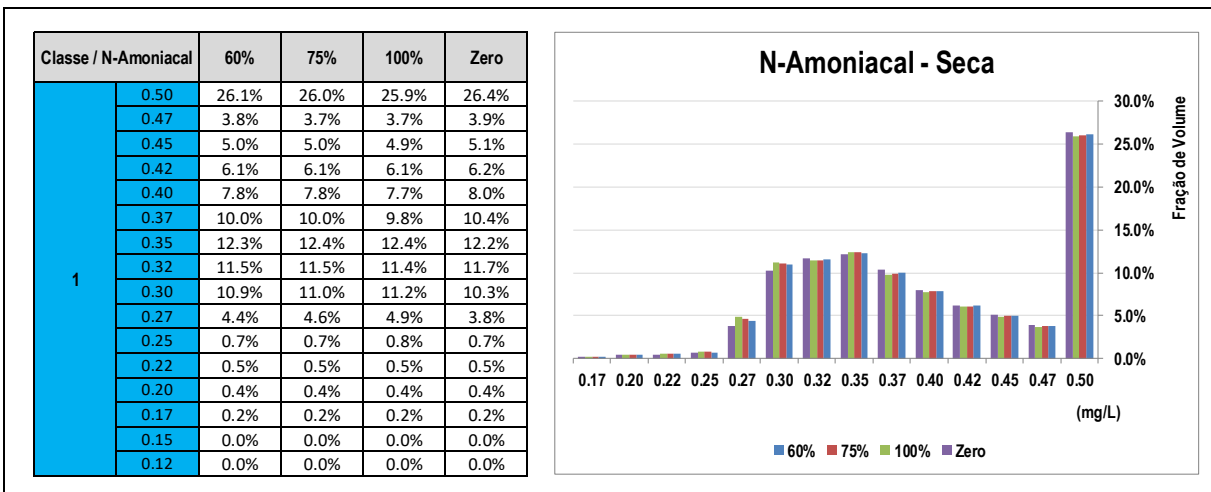
O Quadro 7-4 apresenta os teores de N-Amoniacal por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Cheia.

Quadro 7-4 - Classe de enquadramento dos Teores de N-Amoniacal por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.



O Quadro 7-5 apresenta os teores de N-Amoniacal por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Seca.

Quadro 7-5 - Classe de enquadramento dos Teores de N-amoniacal por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

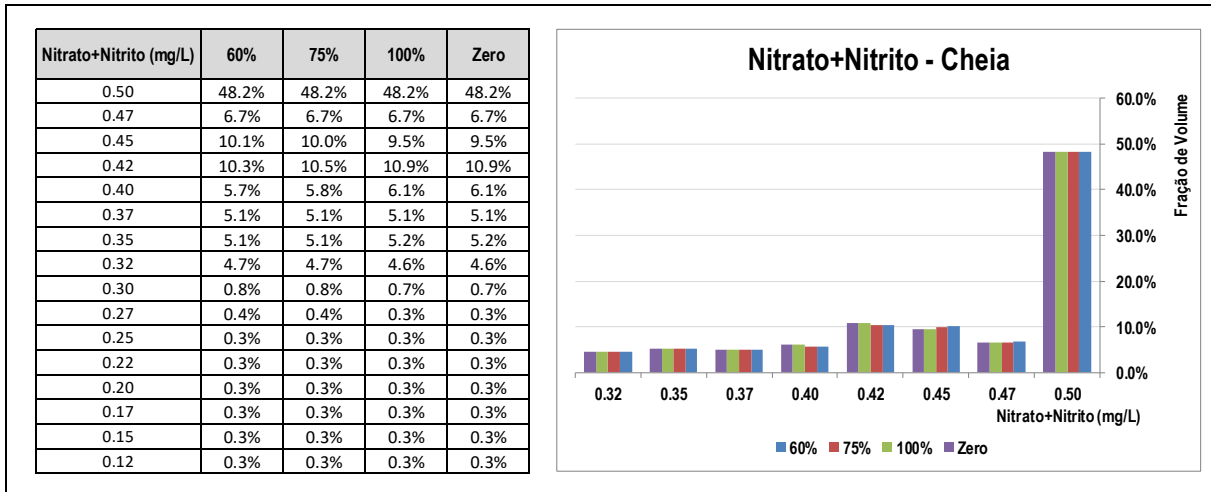


A partir do Quadro 7-4 e Quadro 7-5 observa-se que o modelo projeta, independentemente do cenário de desmatamento, período de enchimento e condições de contorno adotadas, um percentual de 100% do volume do reservatório apresentando águas da classe 1, sendo que 50% deste volume com teores abaixo de 0,37 mg/L. Os teores de N-Amoniacal tendem a serem mais elevados junto as camadas menos oxigenadas do sistema, notadamente aquelas situadas abaixo da cota 264 m.

7.2.4.2 Nitrato + Nitrito

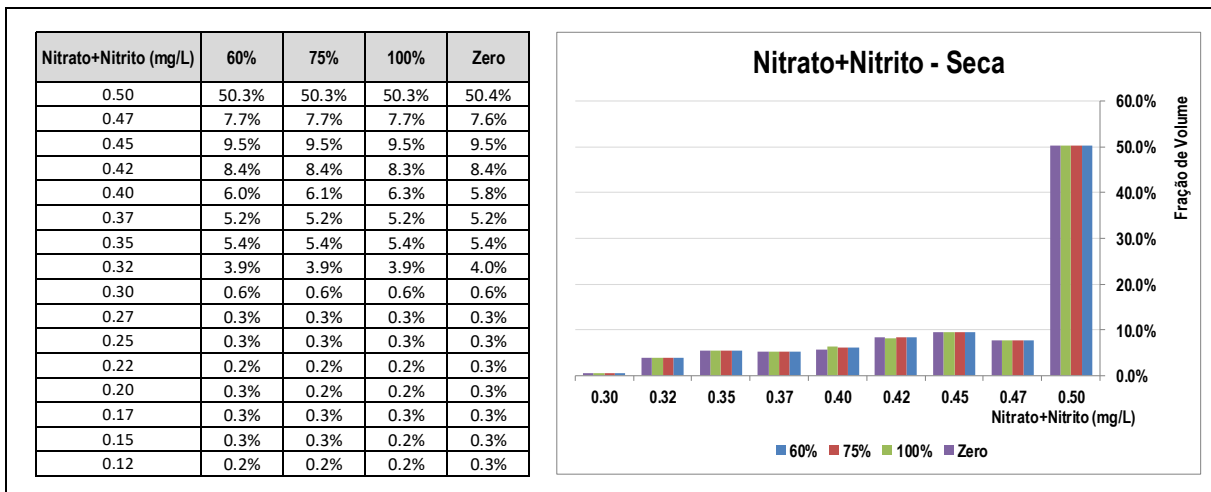
O Quadro 7-6 apresenta a distribuição dos teores de Nitrato+Nitrito por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Cheia.

Quadro 7-6 - Distribuição dos Teores de Nitrato+Nitrito por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.



O Quadro 7-7 apresenta a distribuição dos teores de Nitrato+Nitrito por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Seca.

Quadro 7-7 - Distribuição dos Teores de Nitrato+Nitrito por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.



A partir do Quadro 7-6 e Quadro 7-7 observa-se que o modelo projeta, independentemente do cenário de desmatamento, período de enchimento e condições de contorno adotadas, em 98% do volume do reservatório teores abaixo de 0,50 mg/L. Os teores de Nitrato+Nitrito tendem a serem mais elevados junto as camadas mais superficiais onde os teores de OD são mais elevados, notadamente aquelas situadas acima da cota 264 m.

Da Ilustração 7-136 a Ilustração 7-143 são espacializadas as variações dos teores de Nitrato+Nitrito ao longo de seções de controle de modo a demonstrar o comportamento típico da variável ao longo do período de simulação. Dada a pouca variação entre os cenários de interesse ao estudo, conforme o Quadro 7-6 e Quadro 7-7, optou-se

por espacializar os resultados associados ao cenário de 60% de desmatamento somente em detrimento dos demais, para elucidação do comportamento da variável em análise dentro do sistema.

NITRATO+NITRITO - 60% - CHEIA

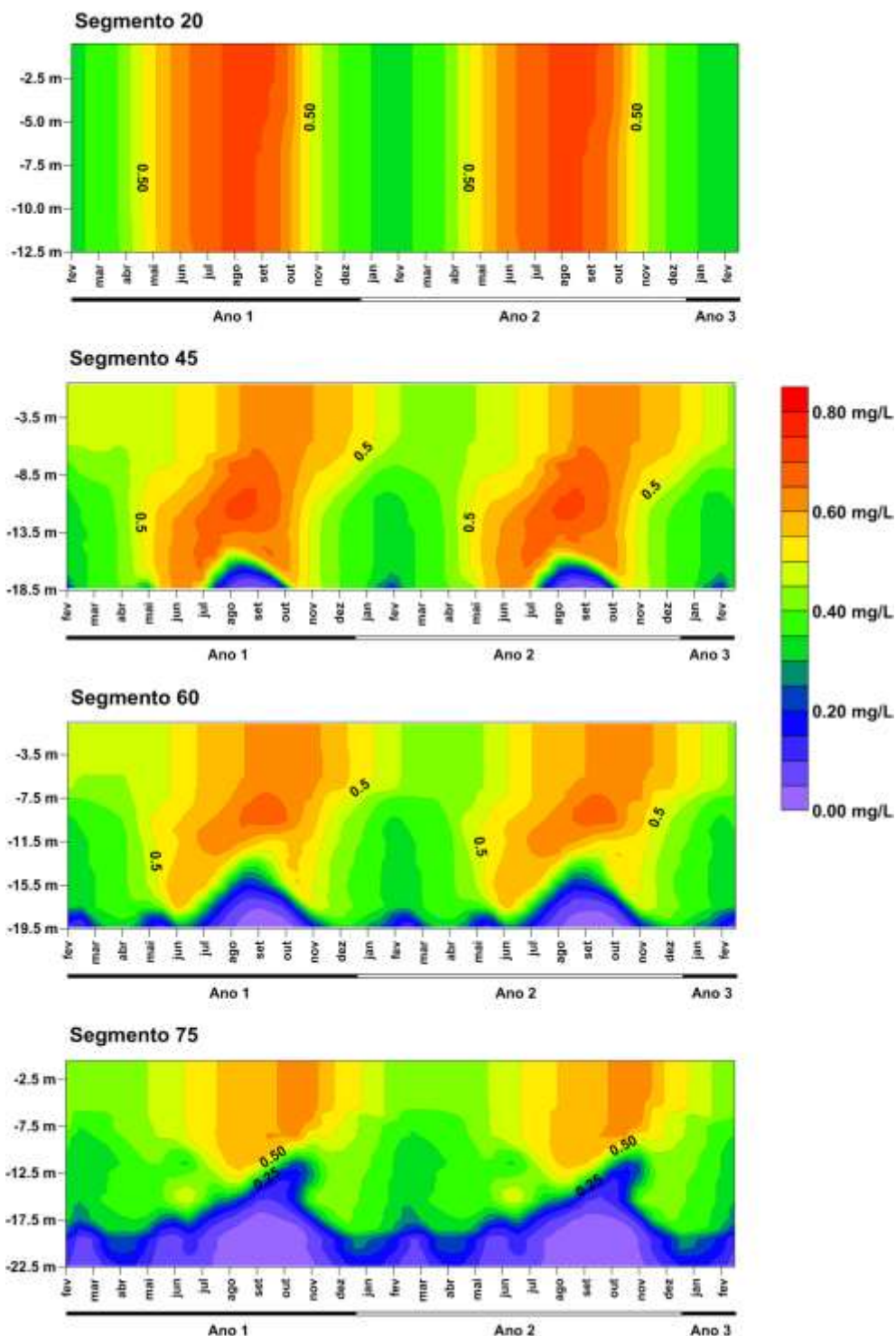


Ilustração 7-136 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

NITRATO+NITRITO - 60% - CHEIA

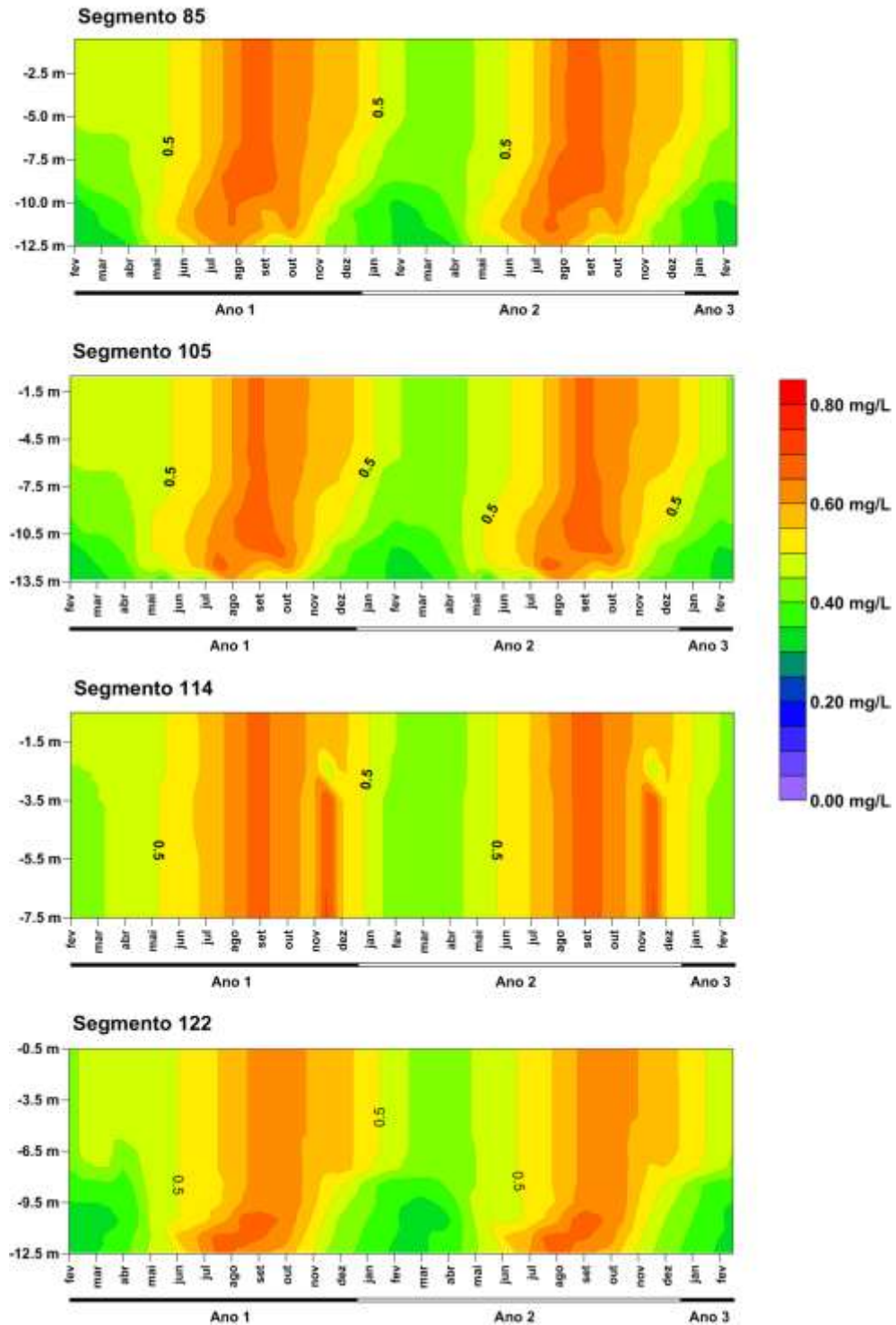


Ilustração 7-137 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITRATO+NITRITO - 60% - CHEIA

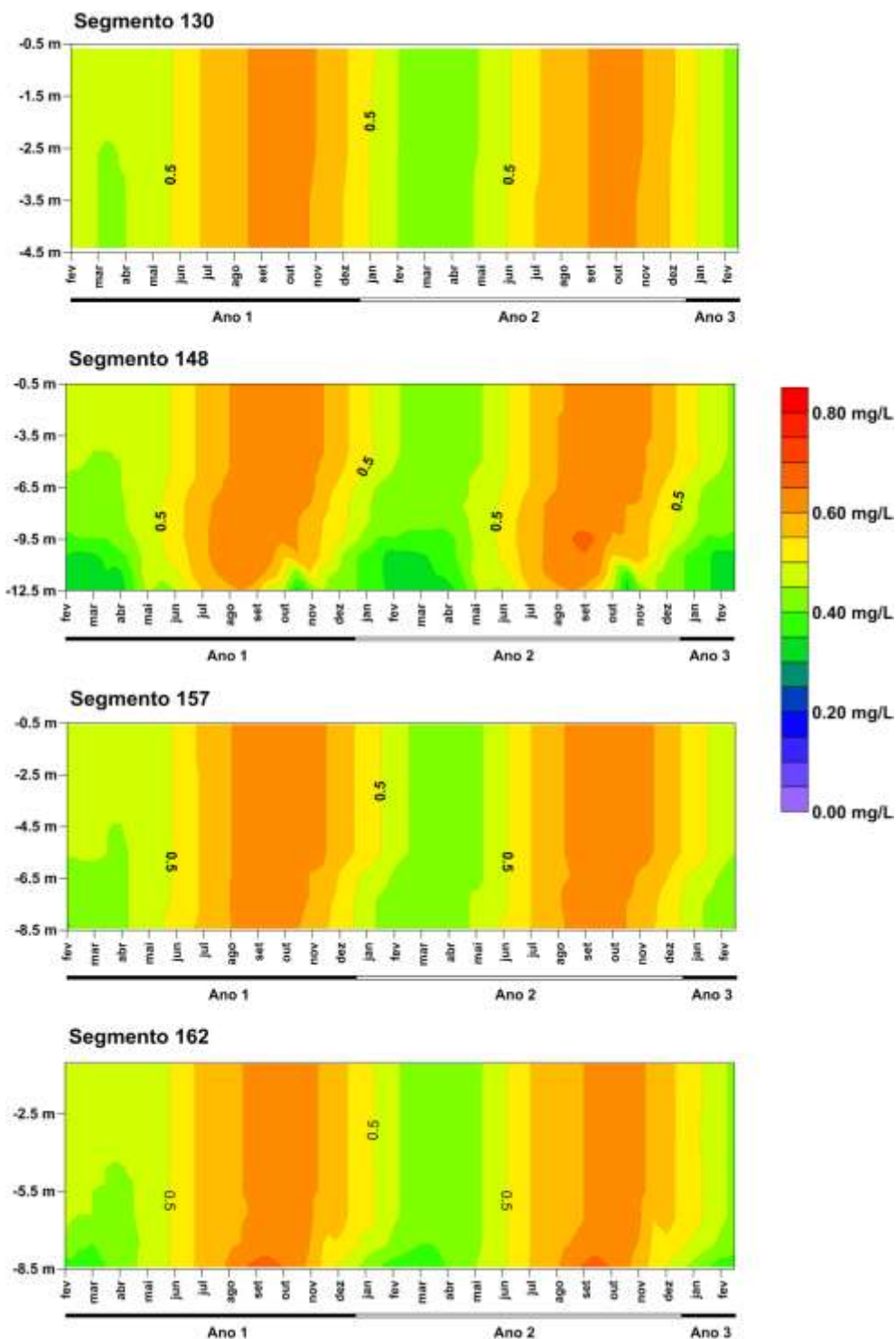


Ilustração 7-138 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITRATO+NITRITO - 60% - CHEIA

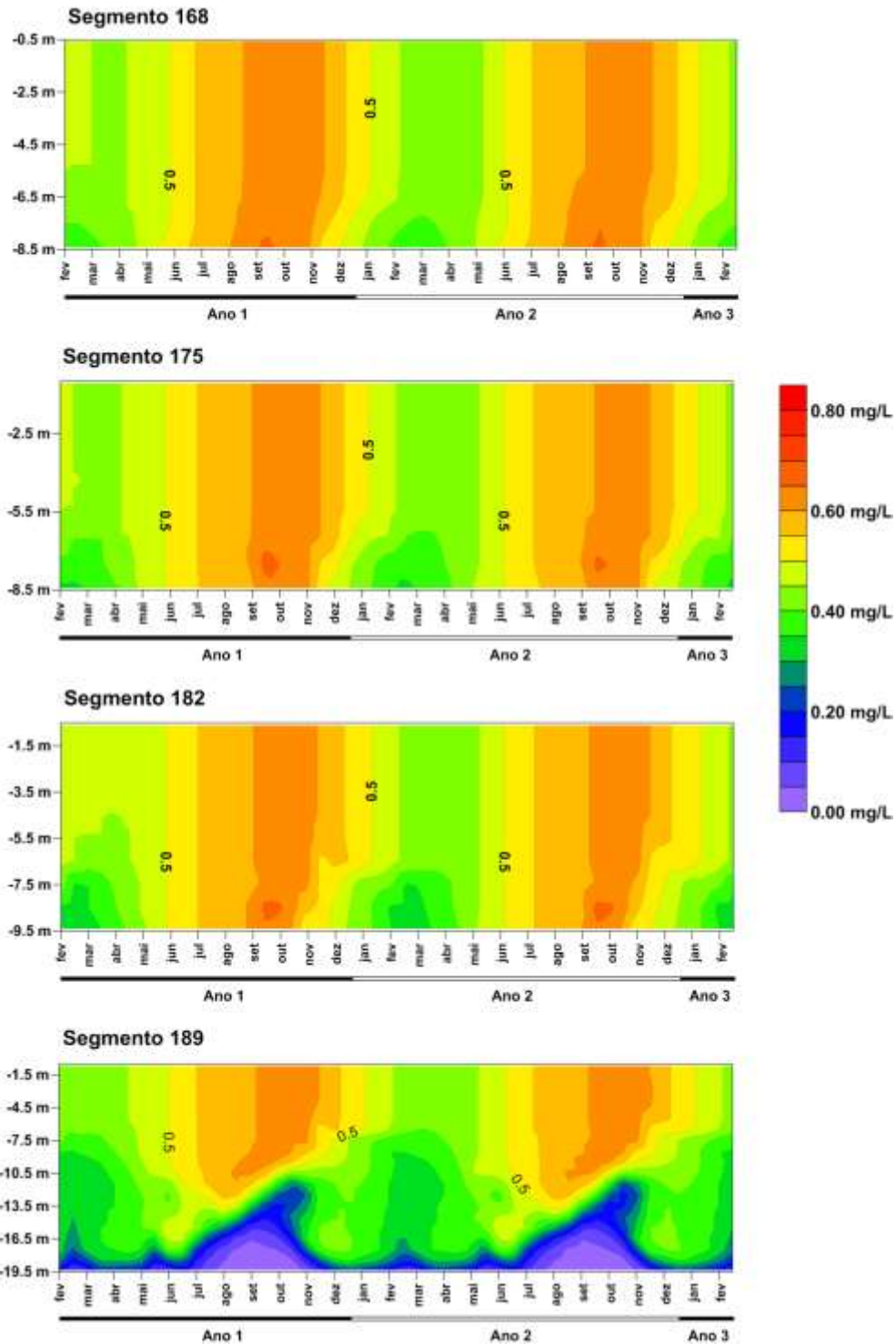


Ilustração 7-139 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITRATO+NITRITO - 60% - SECA

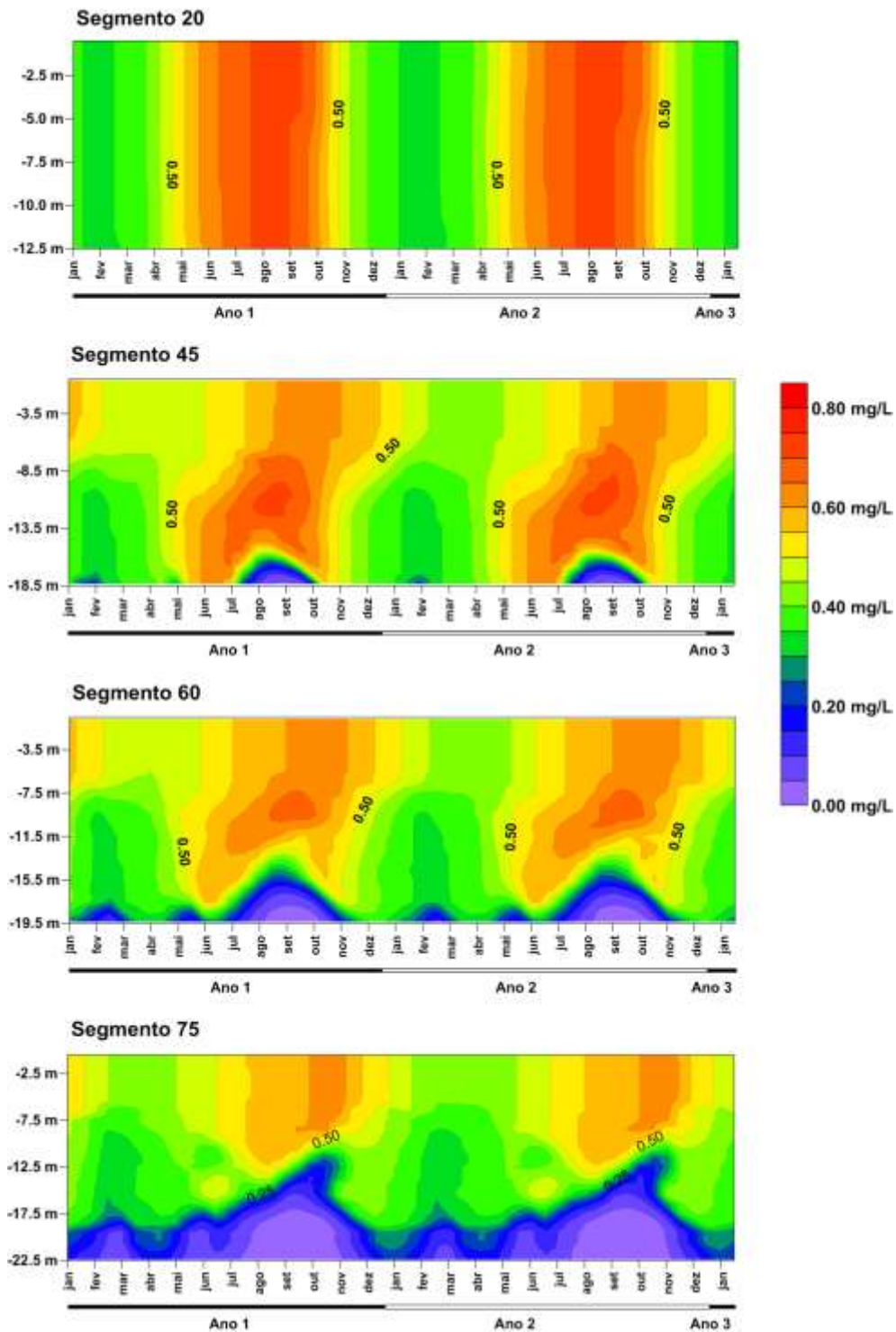


Ilustração 7-140 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

NITRATO+NITRITO - 60% - SECA

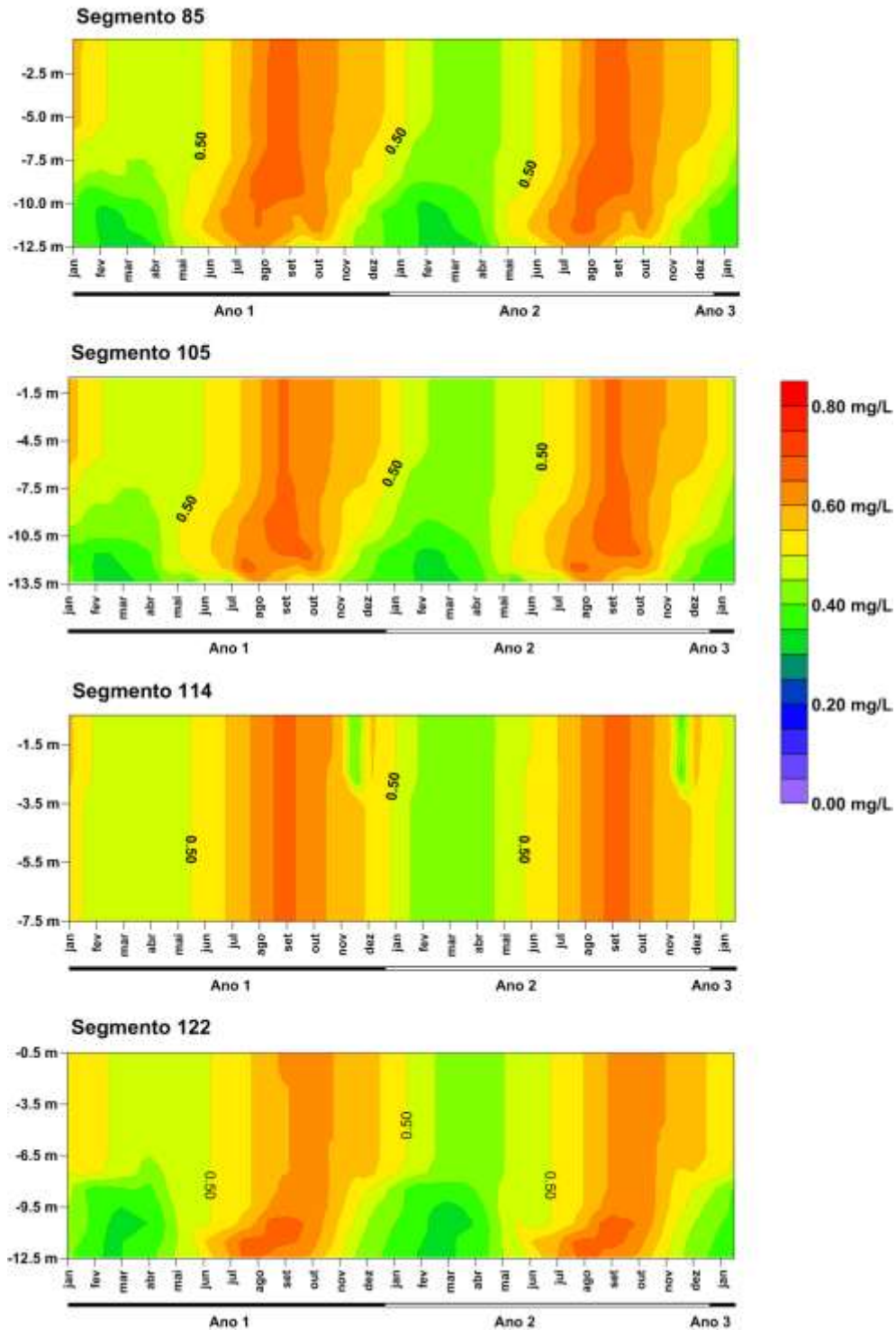


Ilustração 7-141 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITRATO+NITRITO - 60% - SECA

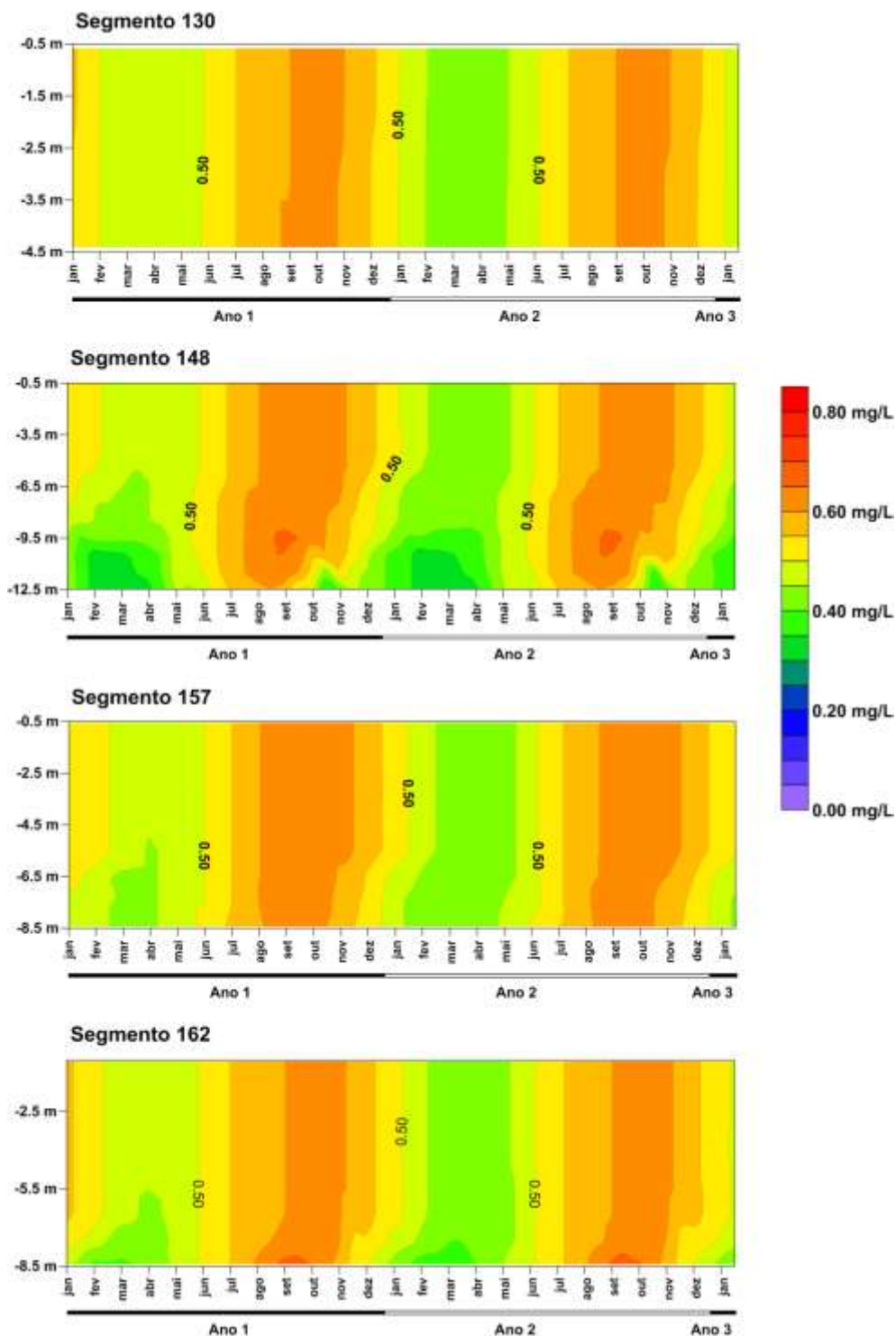


Ilustração 7-142 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITRATO+NITRITO - 60% - SECA

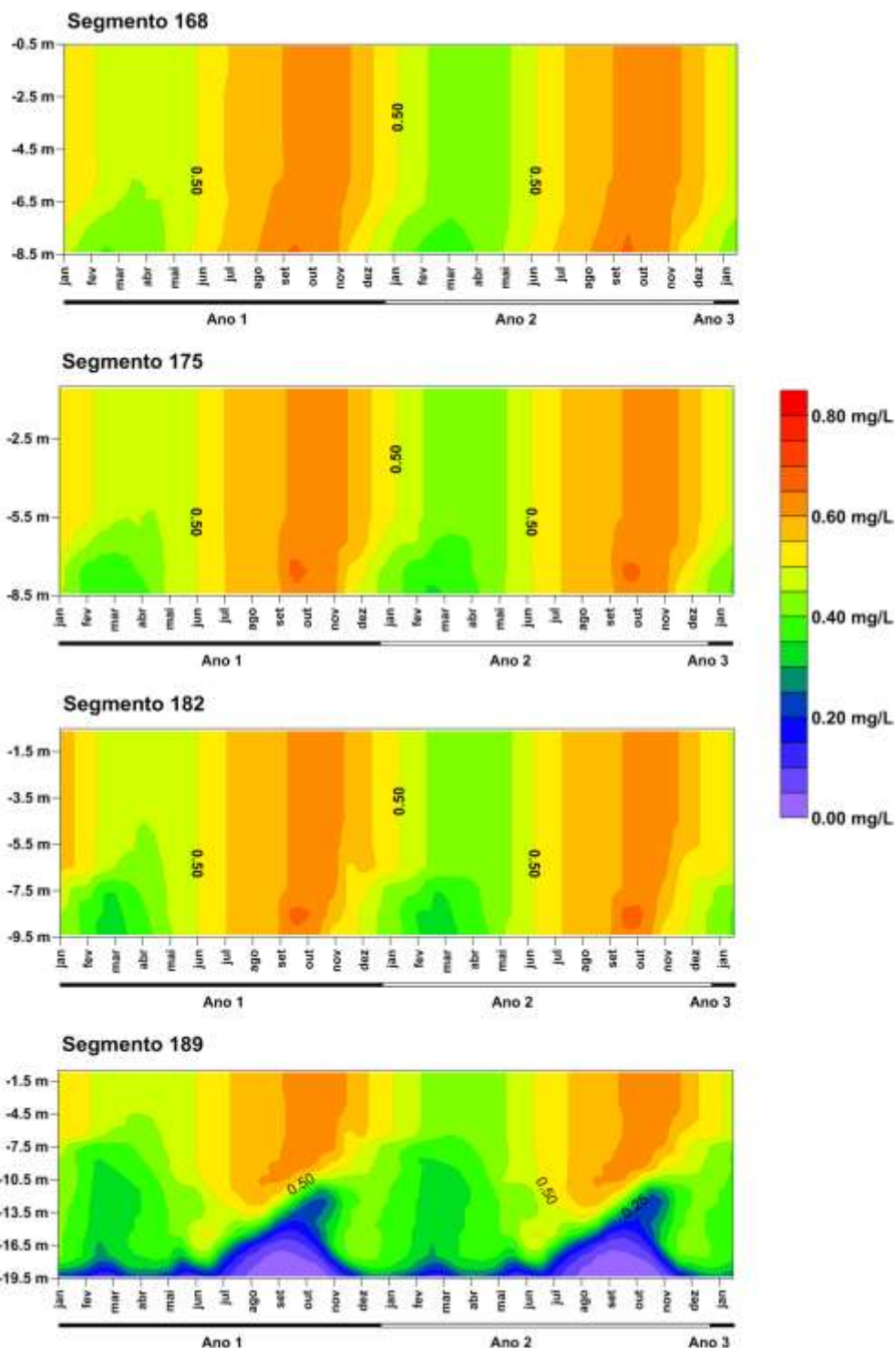
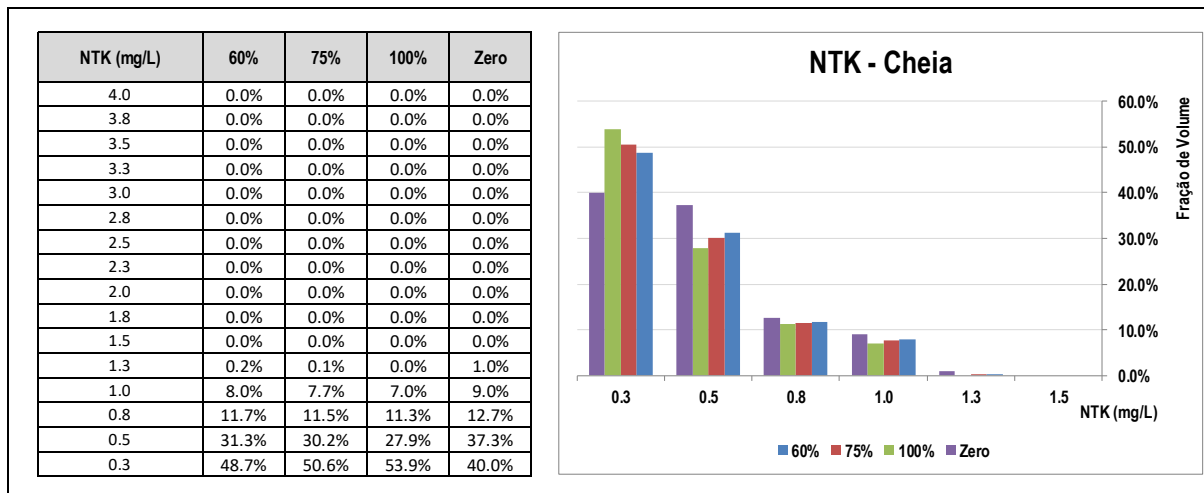


Ilustração 7-143 – Variação do Nitrato+Nitrito na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

7.2.4.3 Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)

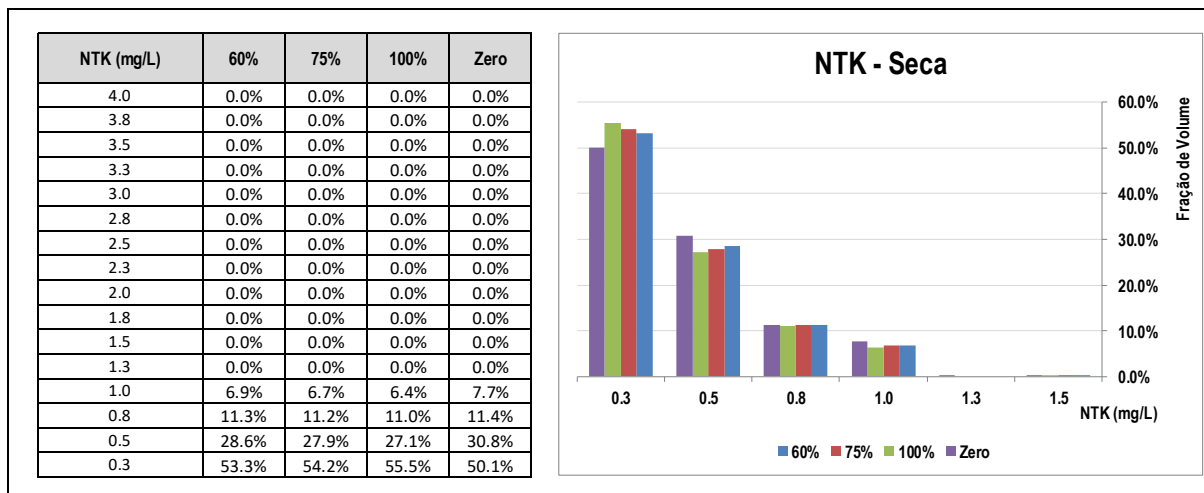
O Quadro 7-8 apresenta a distribuição dos teores de NTK por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Cheia.

Quadro 7-8 - Distribuição dos Teores de NTK por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.



O Quadro 7-9 apresenta a distribuição dos teores de NTK por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Seca.

Quadro 7-9 - Distribuição dos Teores de NTK por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.



A partir do Quadro 7-8 e Quadro 7-9 observa-se que o modelo projeta, independentemente do cenário de desmatamento, período de enchimento e condições de contorno adotadas, em 100% do volume do reservatório teores de até 1,3 mg/L, sendo os cenários de Cheia levemente mais restritivo em relação aos de Seca, ainda que pouco significativo.

Da Ilustração 7-144 a Ilustração 7-159 são espacializadas as variações dos teores de Nitrito+Nitrato ao longo de seções de controle de modo a demonstrar o comportamento típico da variável ao longo do período de simulação.

Dada a pouca variação entre os cenários de interesse ao estudo, conforme o Quadro 7-6 e Quadro 7-7, optou-se por espacializar os resultados associados aos cenários de 60% e 75% de desmatamento somente em detrimento dos demais, para elucidação do comportamento da variável em análise dentro do sistema. A partir desta variável é possível verificar a redução do conteúdo orgânico associado à biomassa vegetal submersa remanescente nos cenários de desmatamento considerados, onde verifica-se que os teores de NTK tendem a reduzir-se ao longo do reservatório devido a estabilização do conteúdo orgânico e pelos processos naturais de nitrificação e estabilização da matéria orgânica ao longo deste percurso. Em termos de cenários de desmatamento, quanto maior o percentual de desmatamento, menores são os teores de NTK (nitrogênio amoniacal + nitrogênio orgânico), devido quase que exclusivamente a fração nitrogenada contida no conteúdo orgânico associado à biomassa submersa remanescente.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - CHEIA

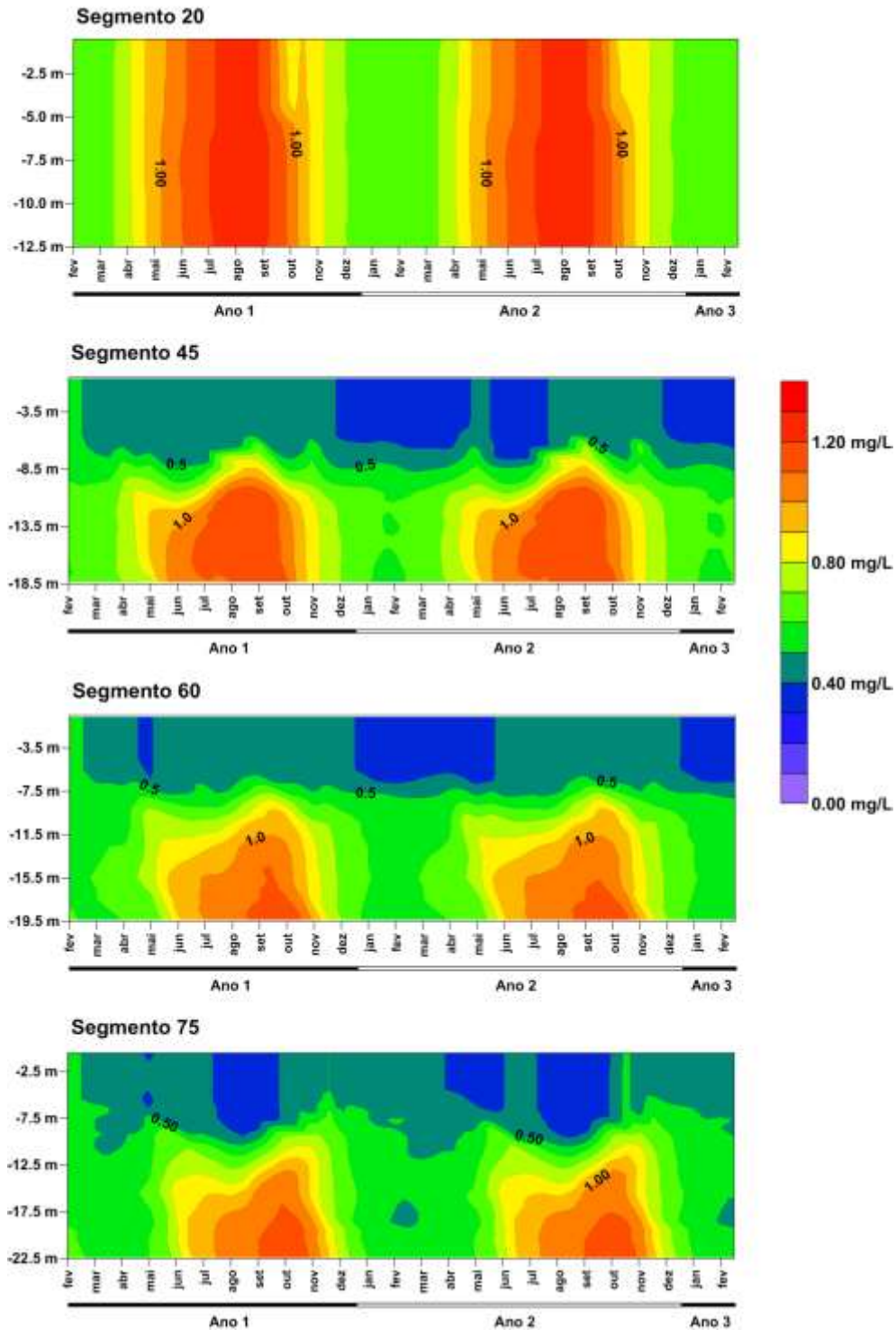


Ilustração 7-144 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - CHEIA

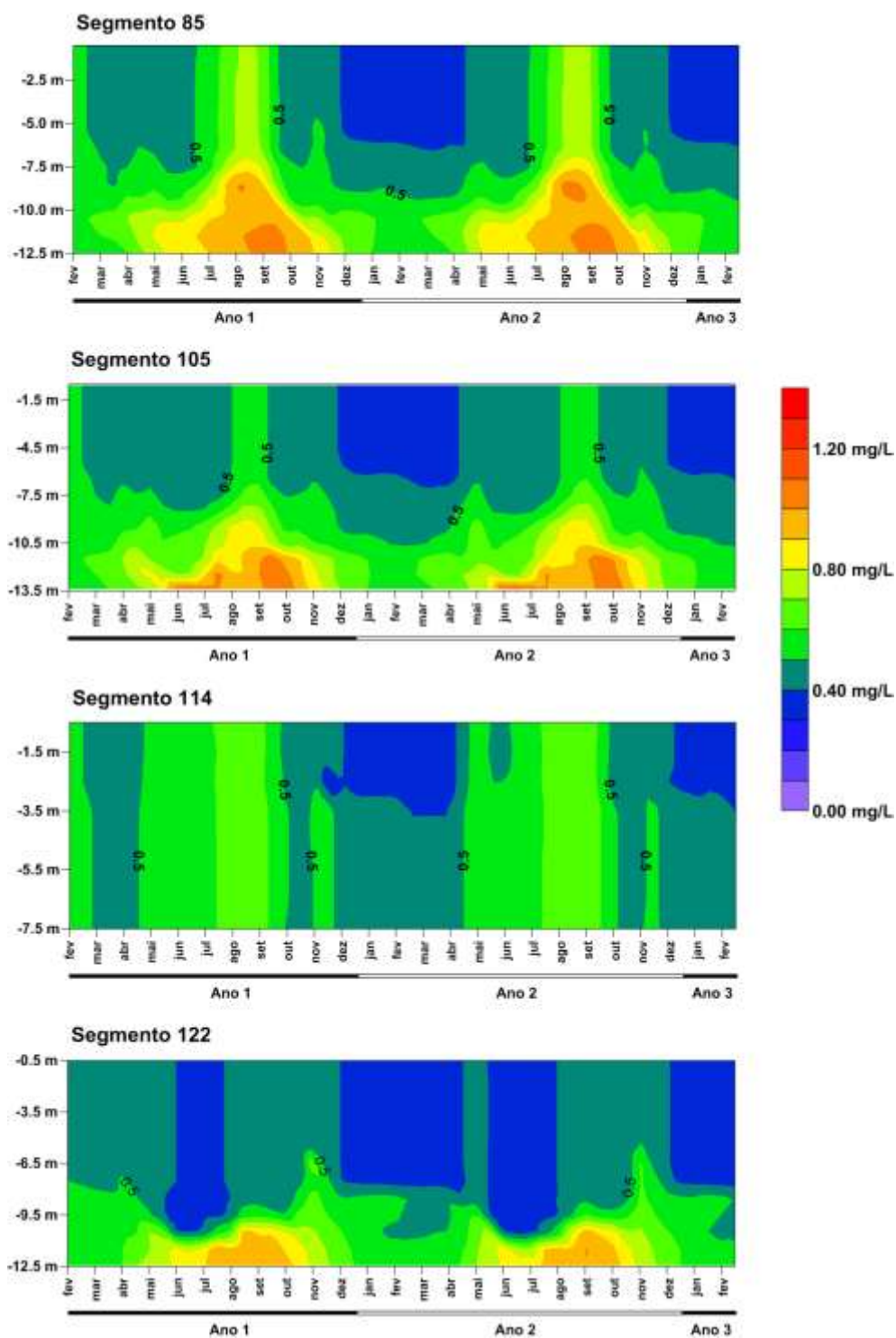


Ilustração 7-145 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - CHEIA

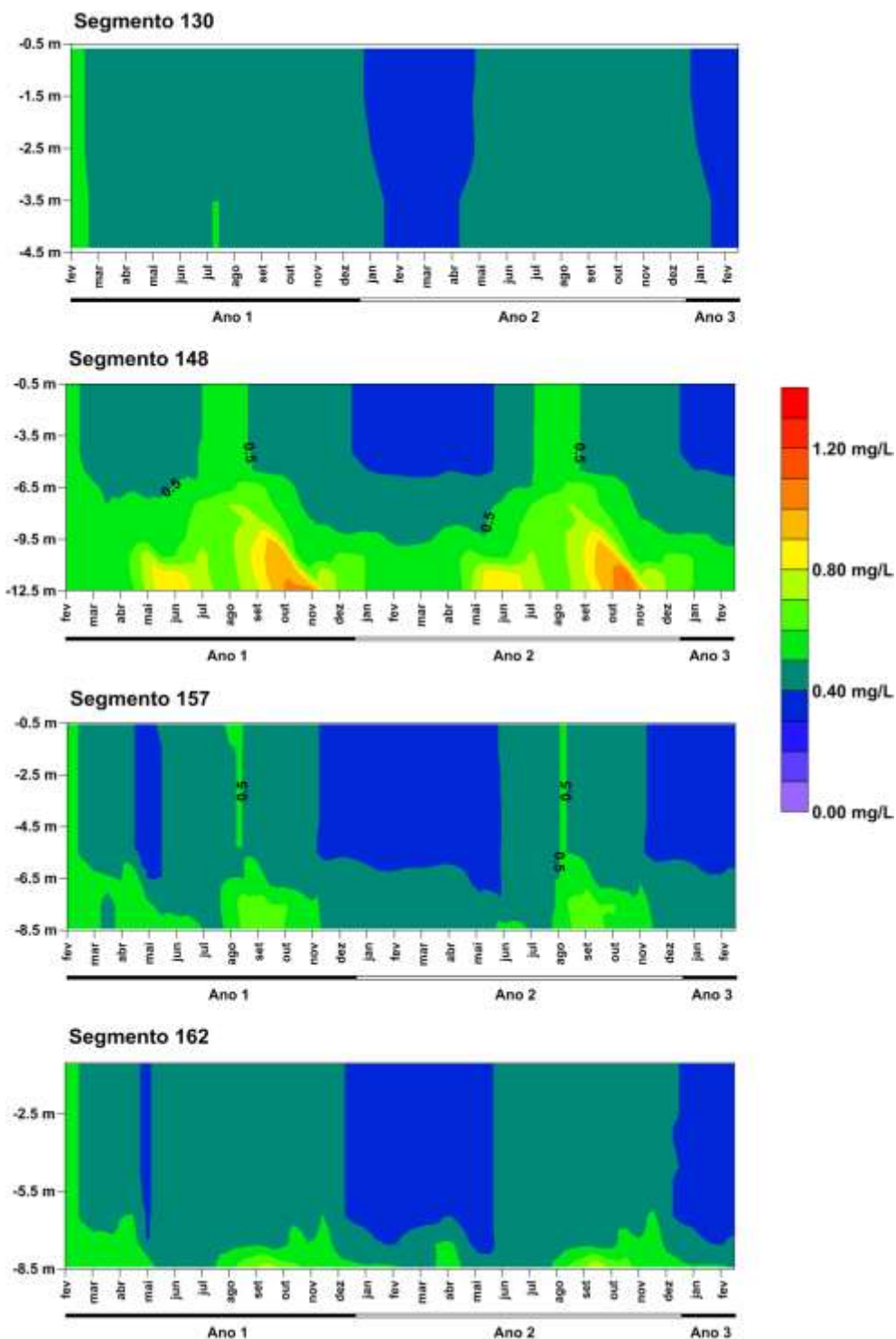


Ilustração 7-146 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - CHEIA

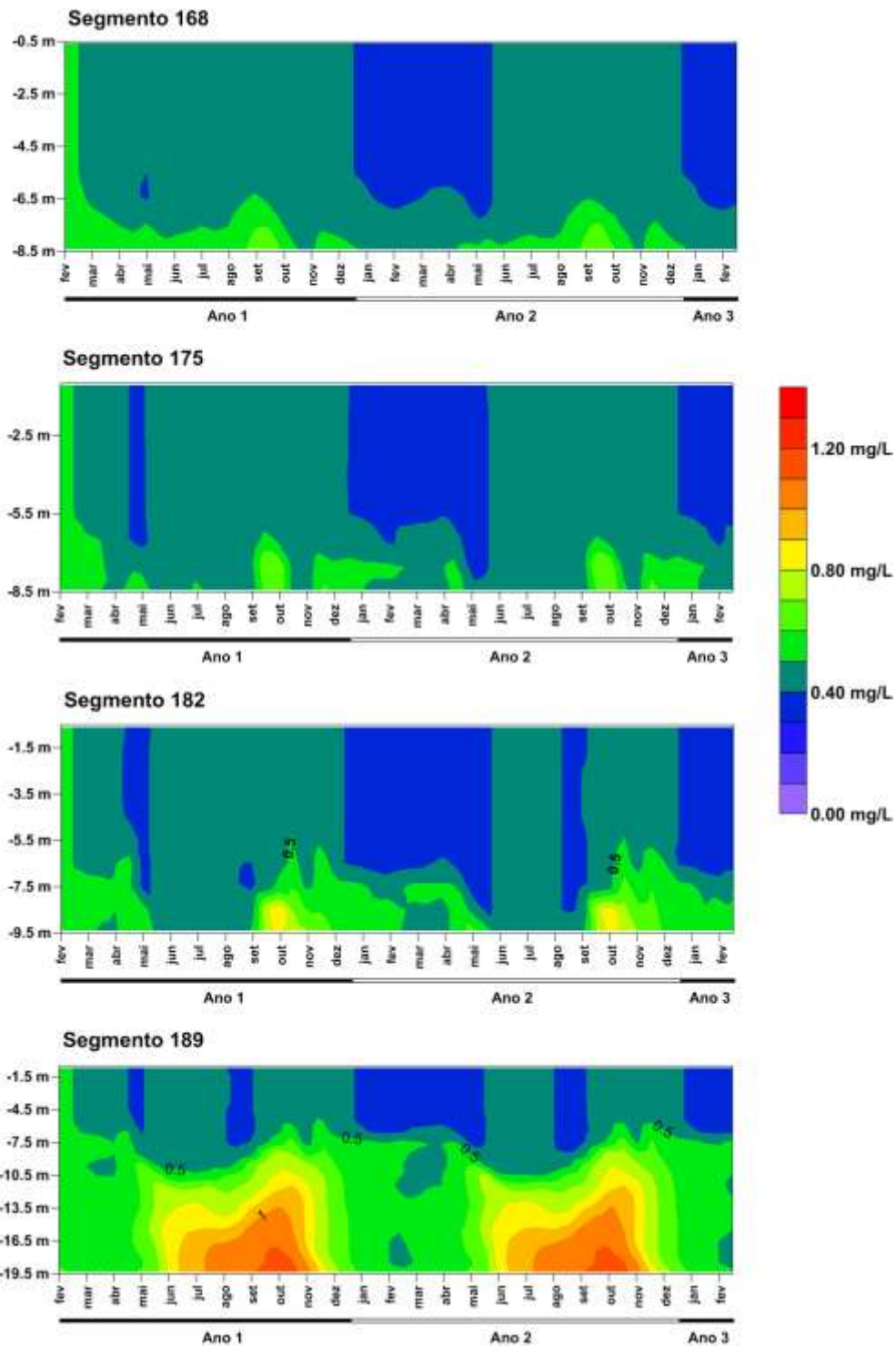


Ilustração 7-147 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - CHEIA

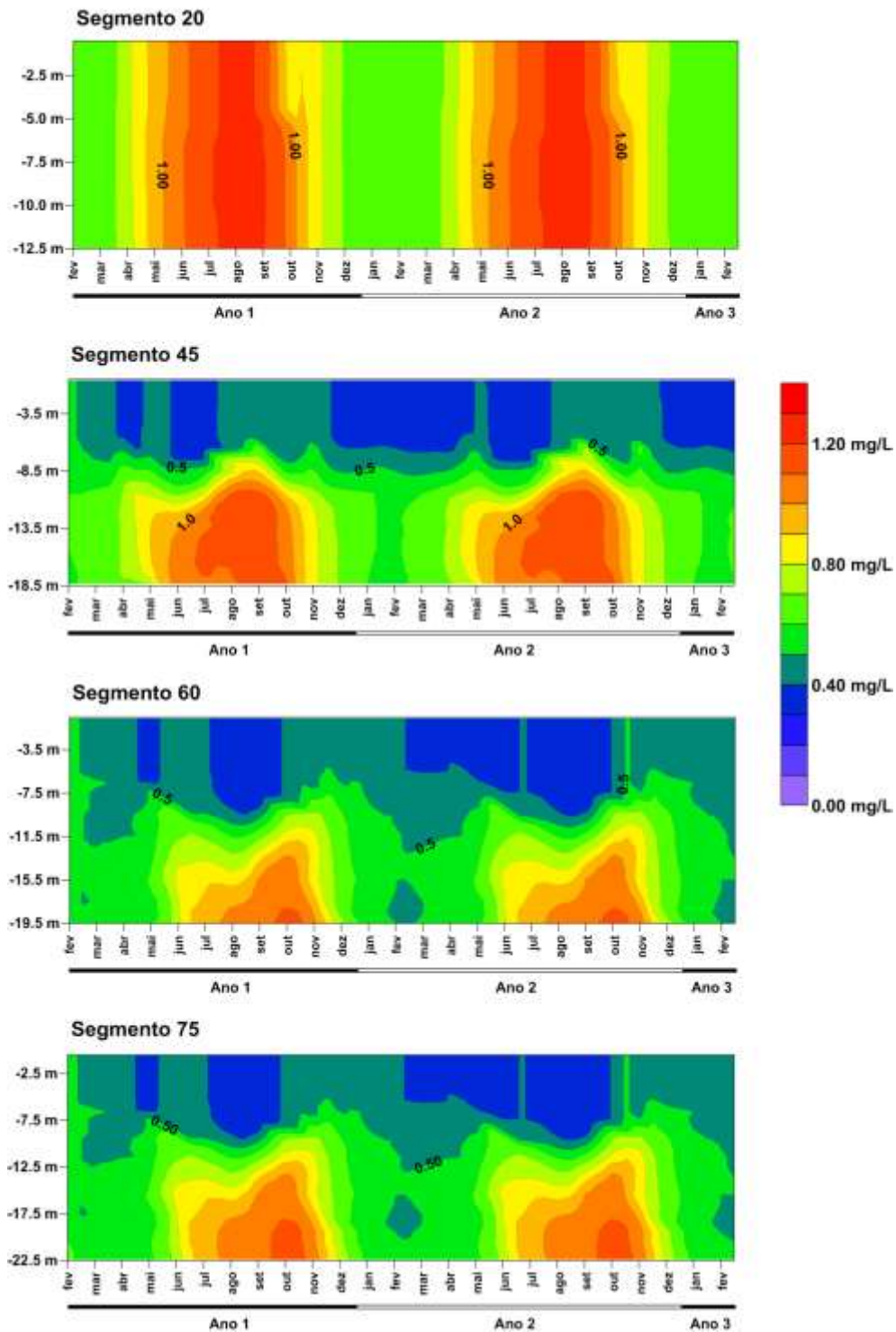


Ilustração 7-148 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - CHEIA

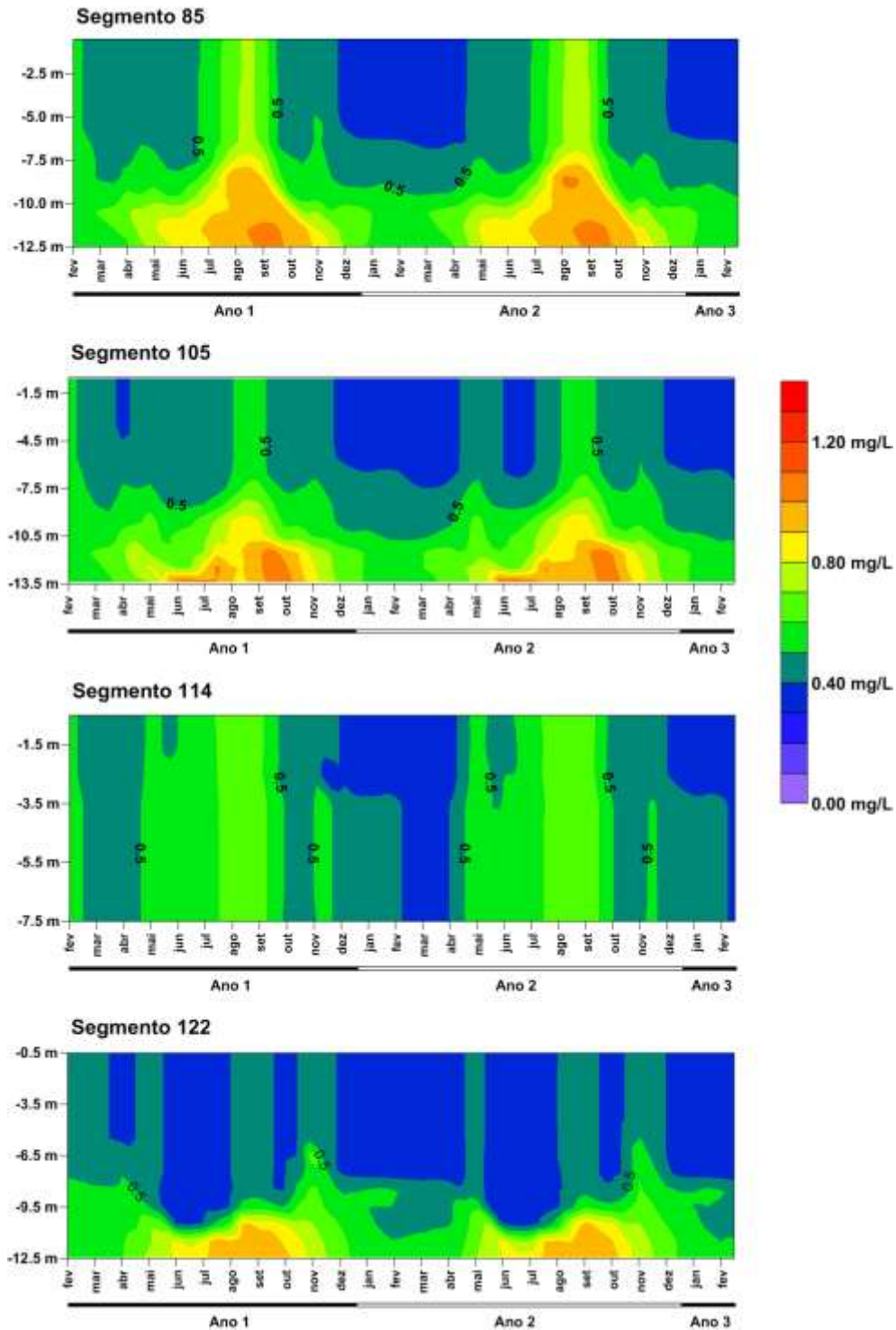


Ilustração 7-149 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - CHEIA

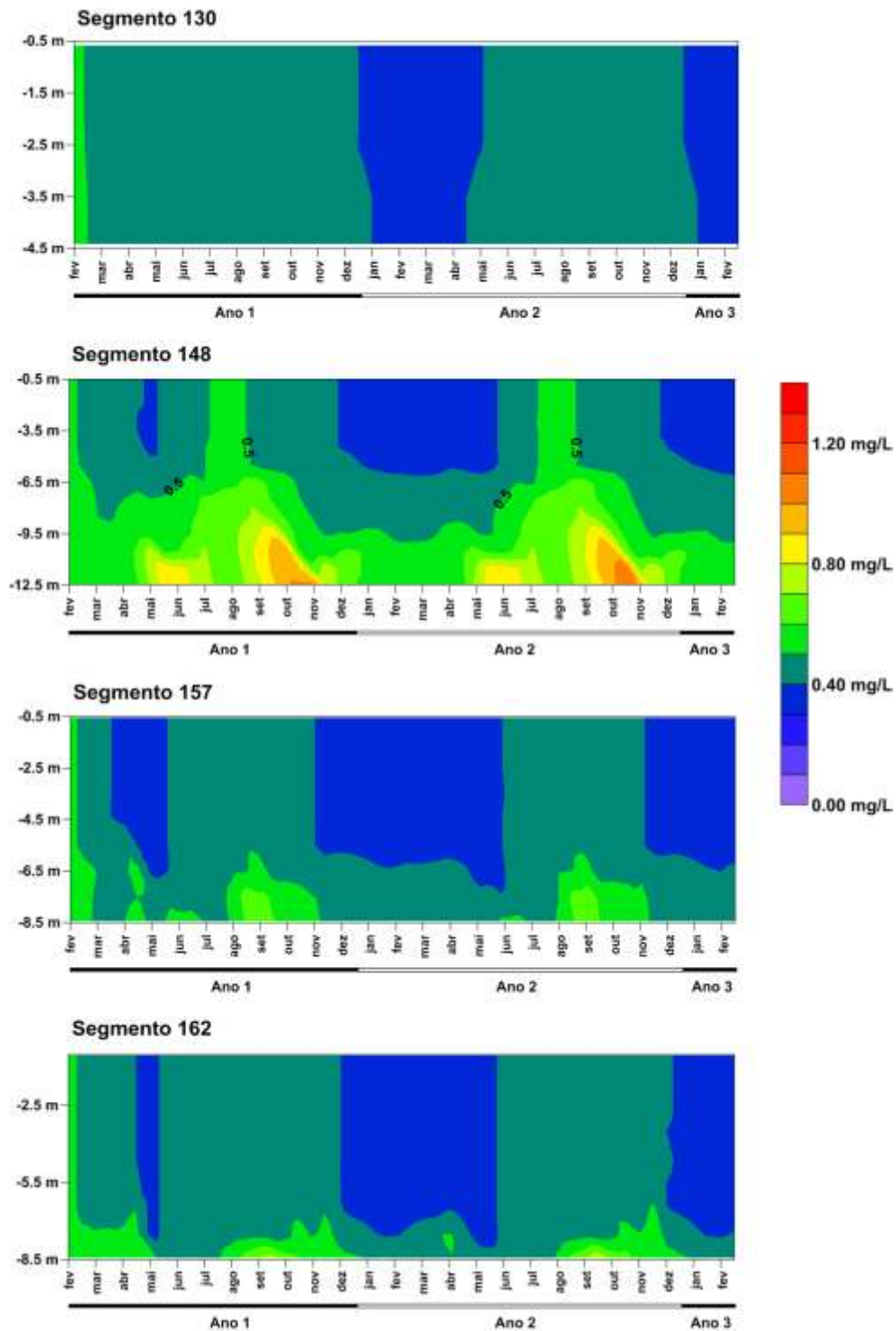


Ilustração 7-150 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - CHEIA

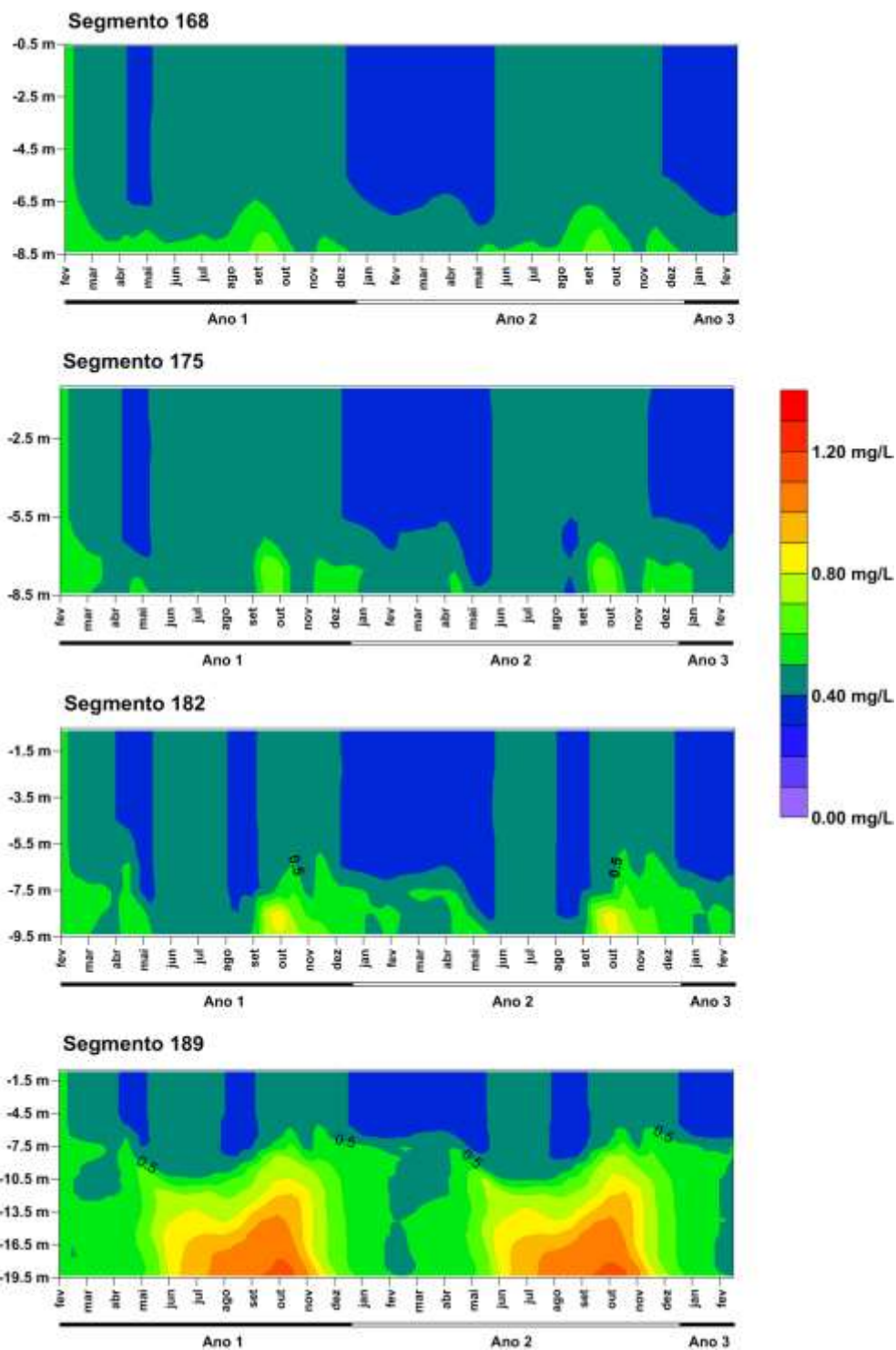


Ilustração 7-151 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - SECA

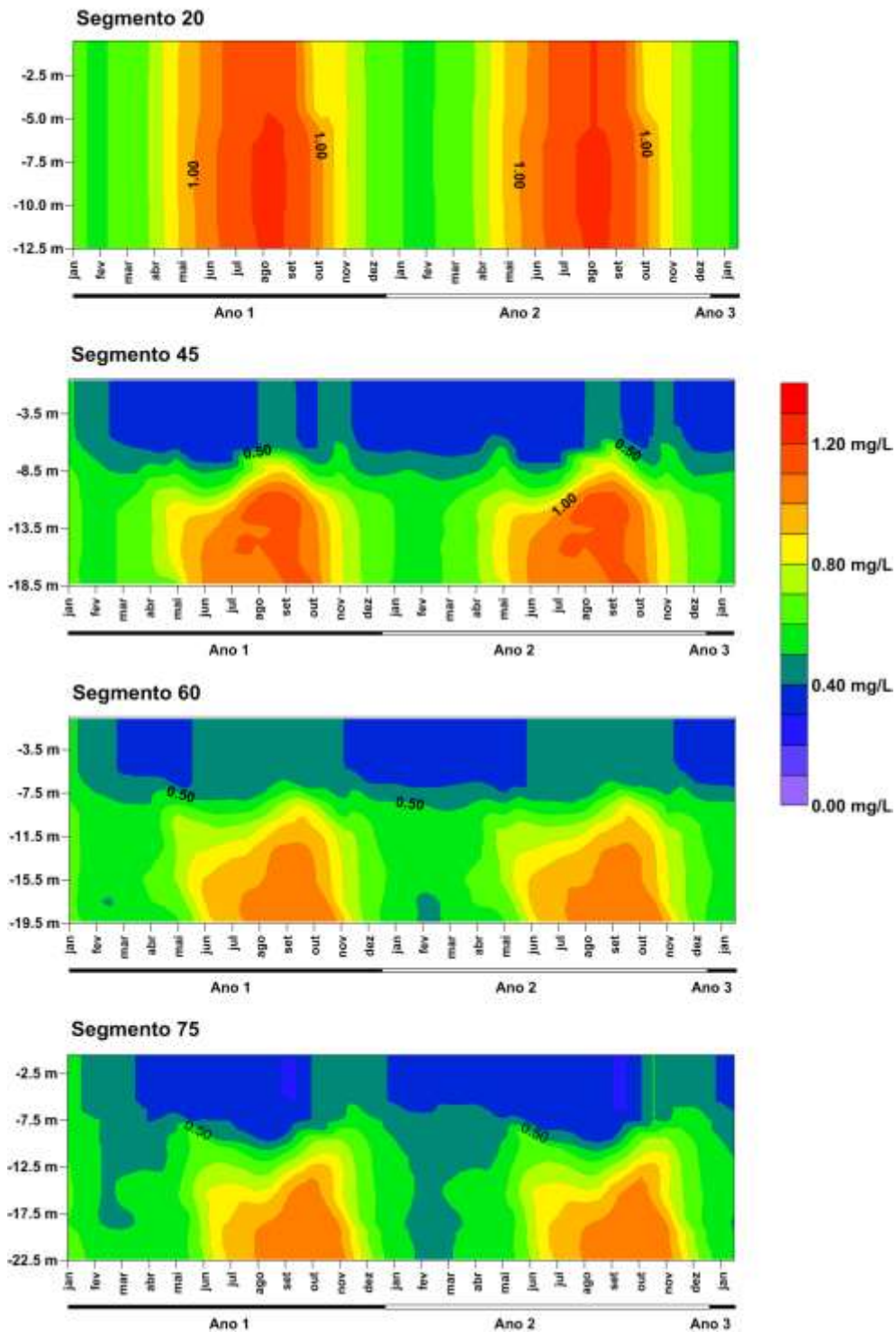


Ilustração 7-152 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - SECA

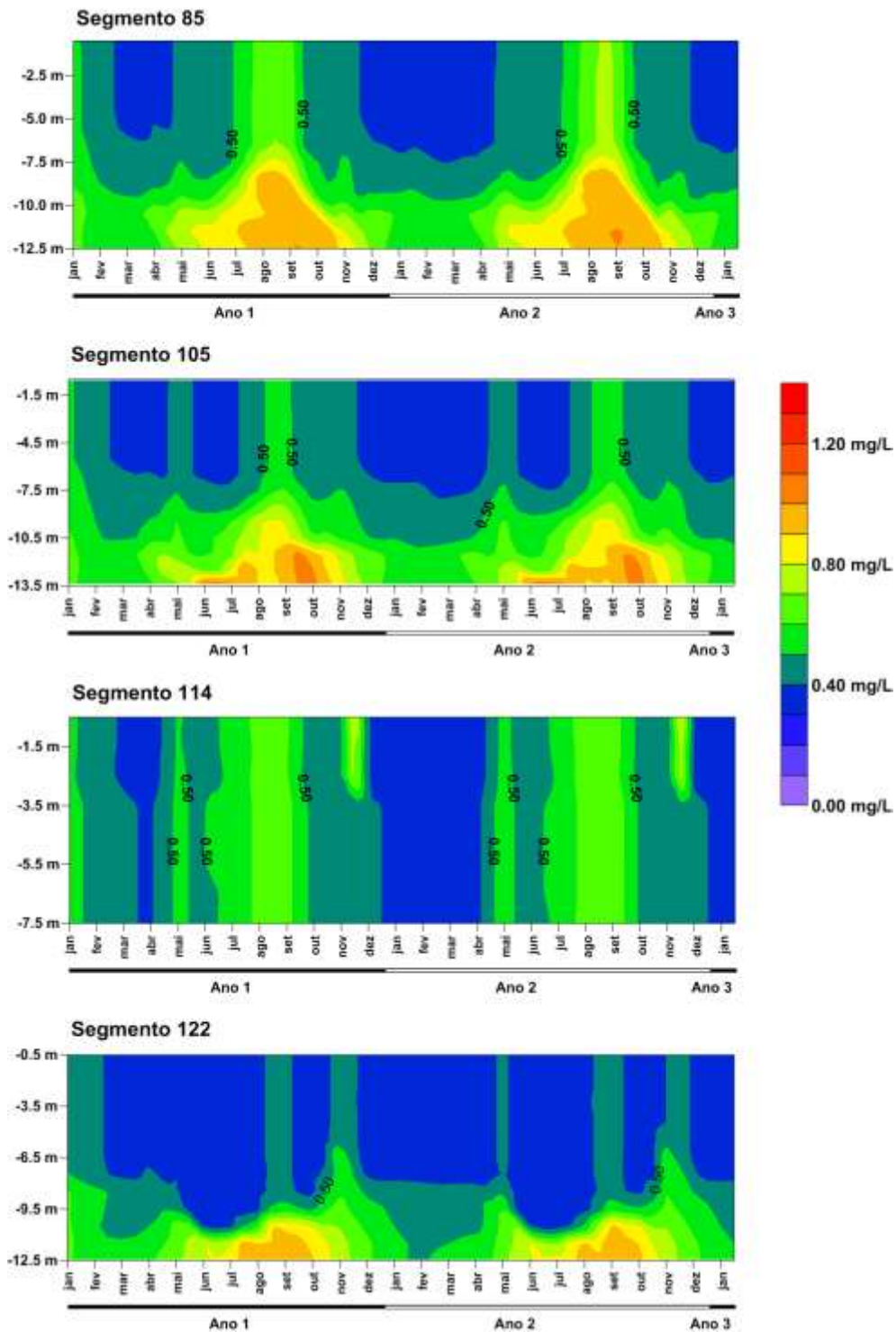


Ilustração 7-153 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - SECA

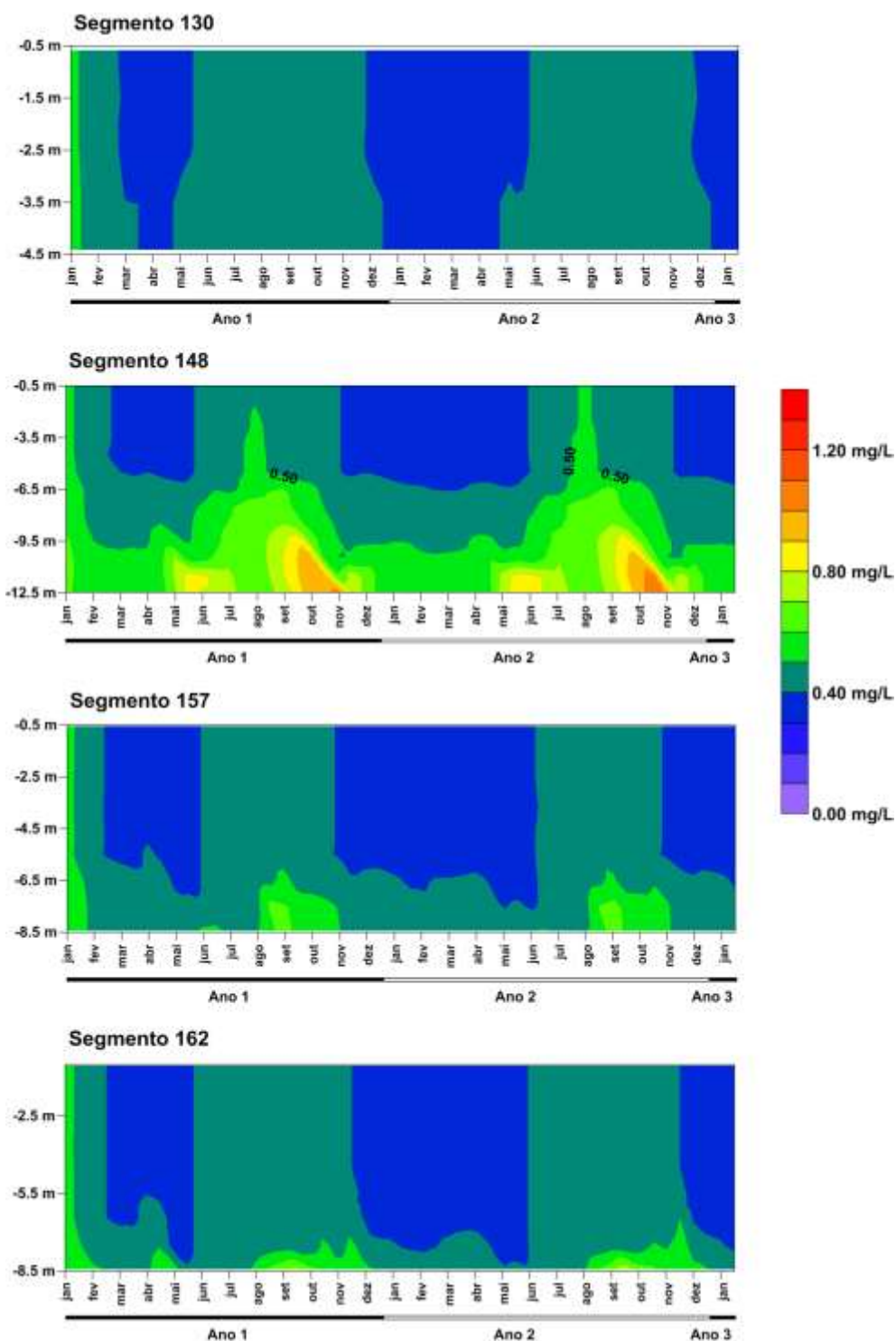


Ilustração 7-154 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 60% - SECA

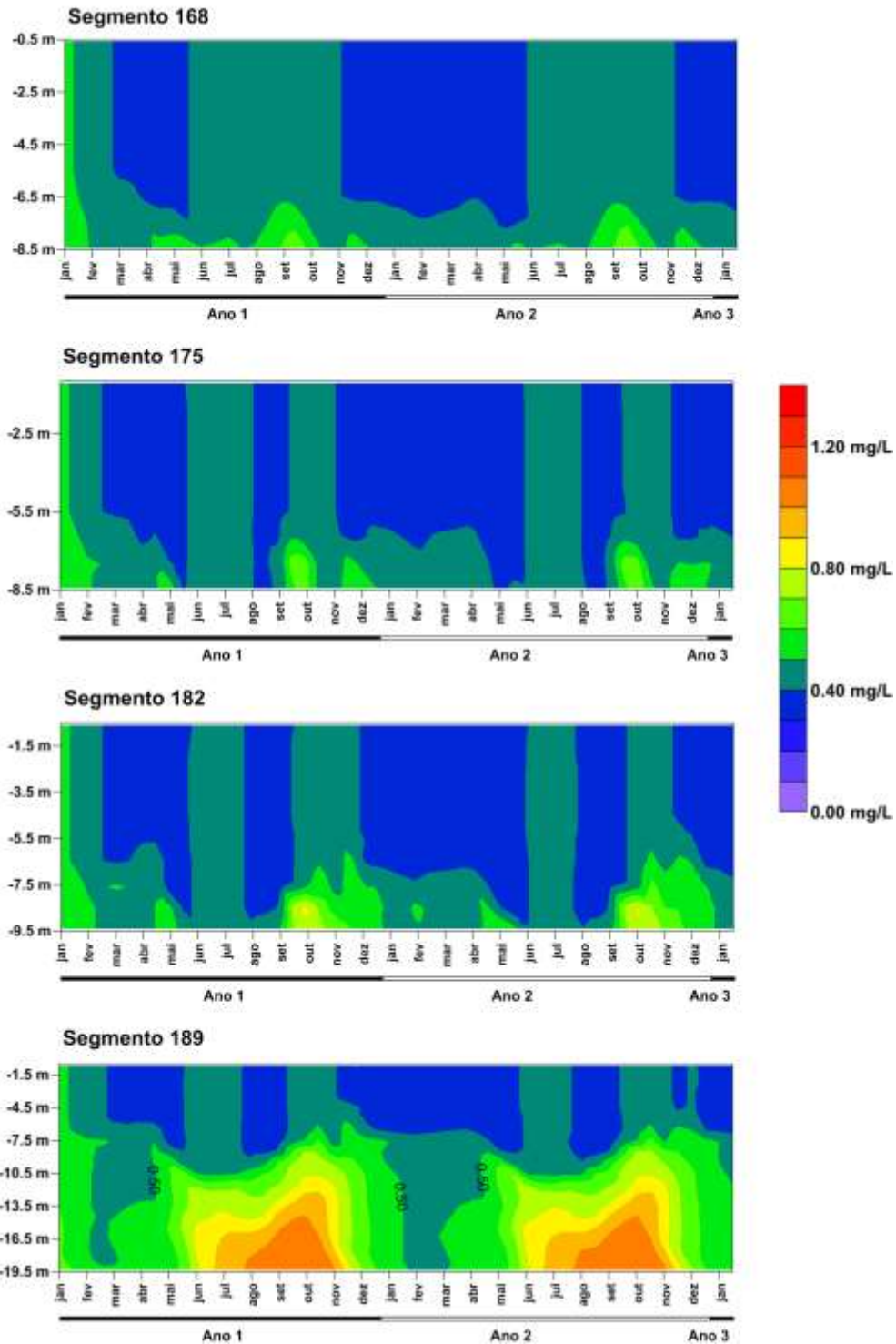


Ilustração 7-155 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - SECA

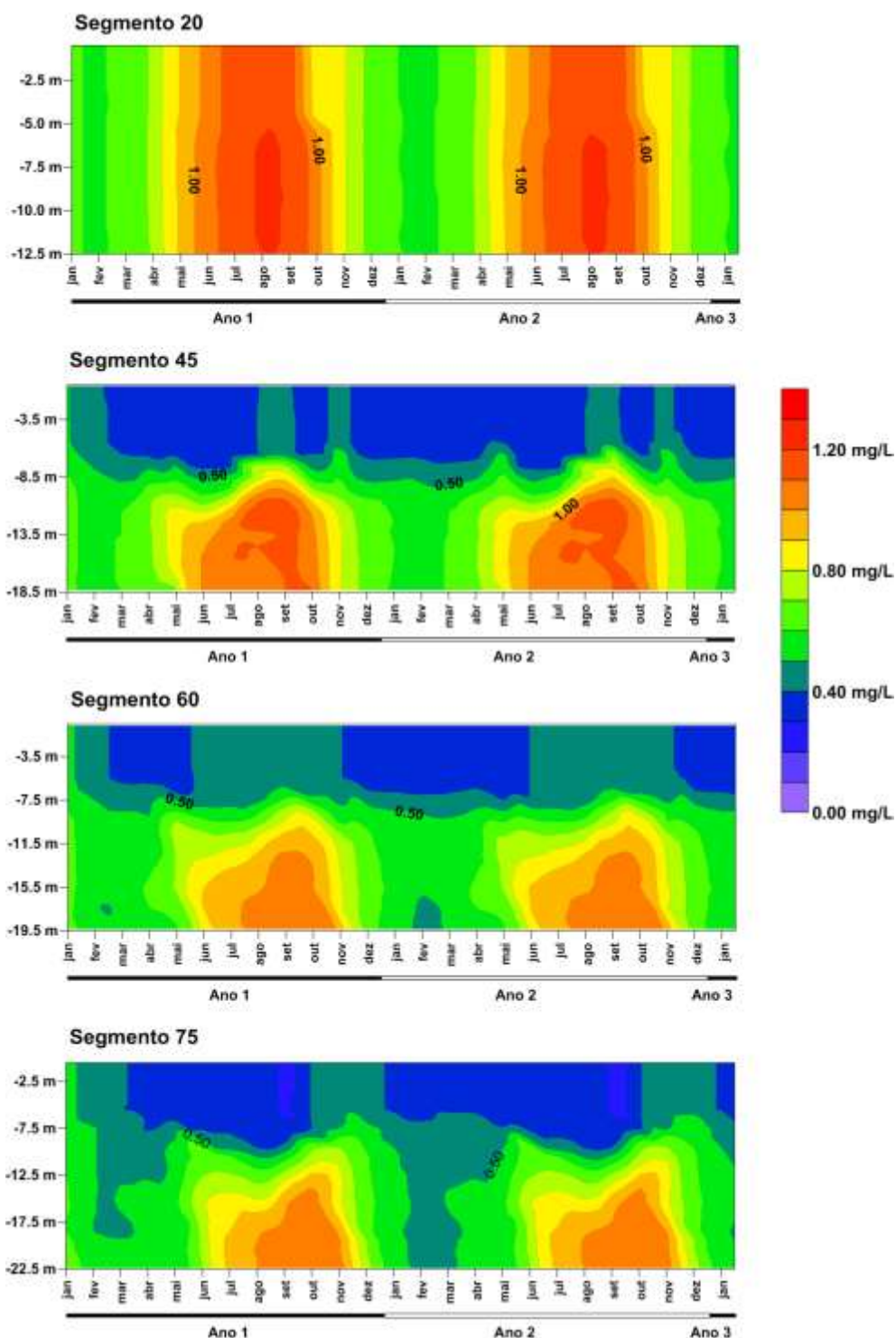


Ilustração 7-156 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - SECA

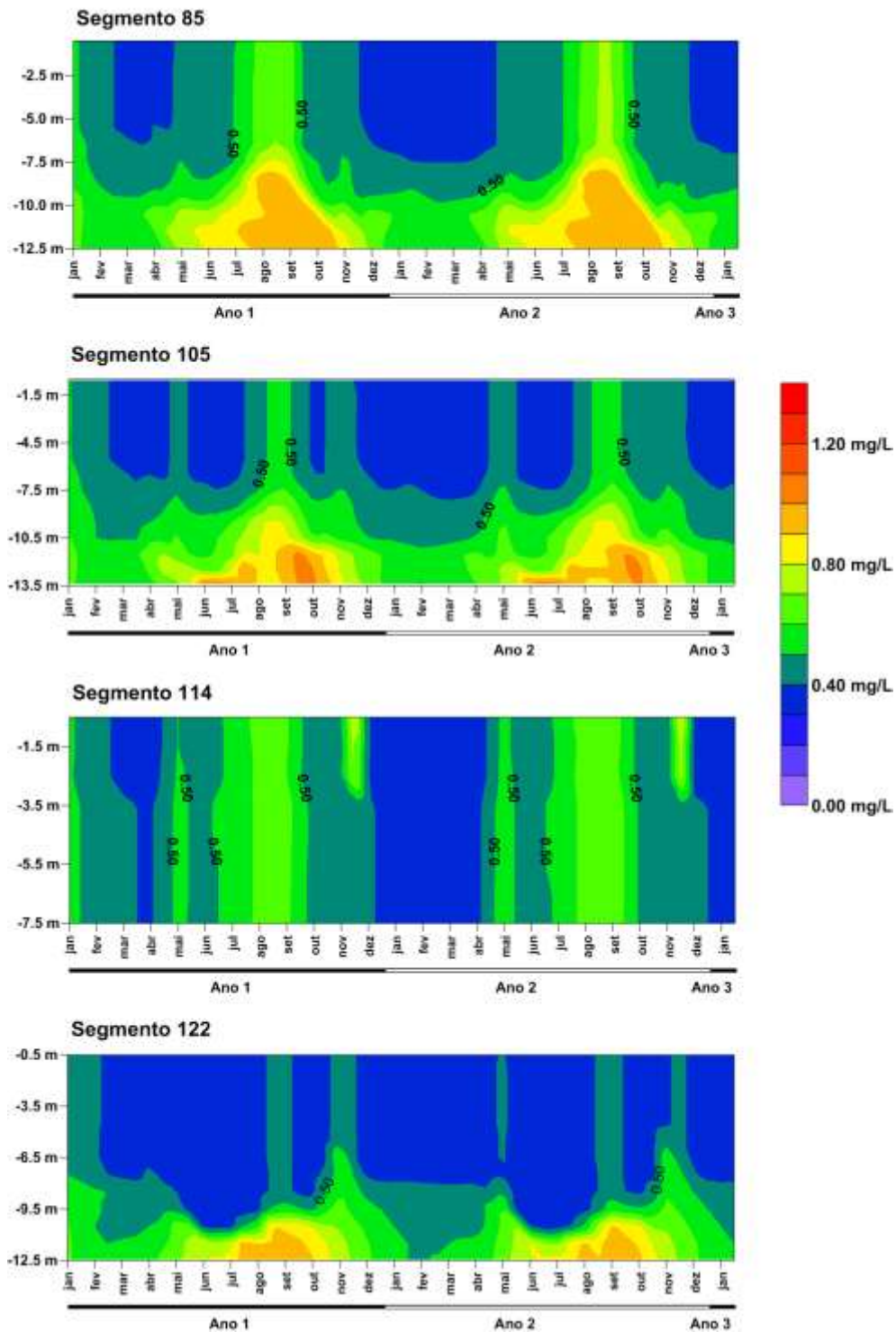


Ilustração 7-157 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - SECA

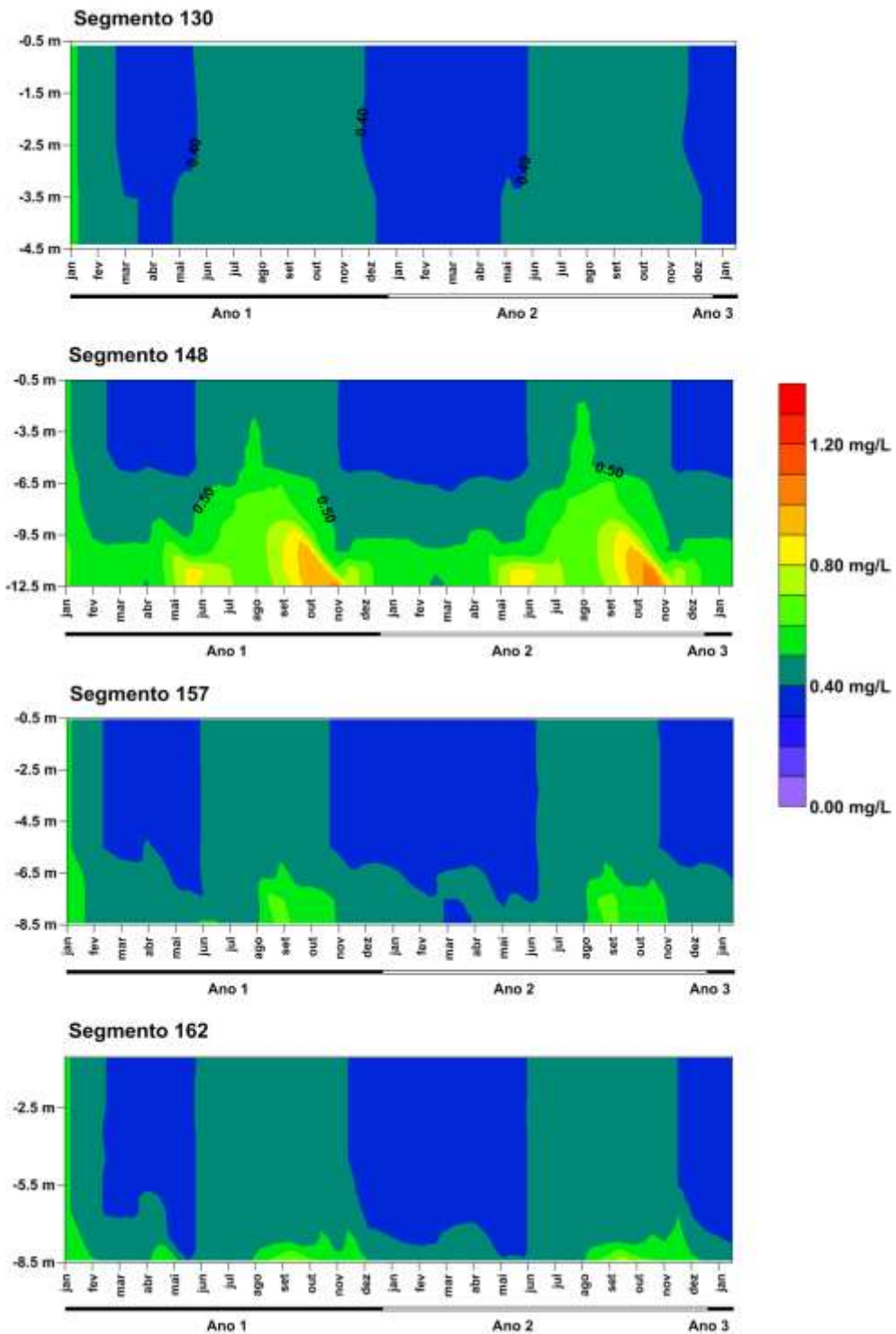


Ilustração 7-158 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

NITROGÊNIO TOTAL KJELDAHL - 75% - SECA

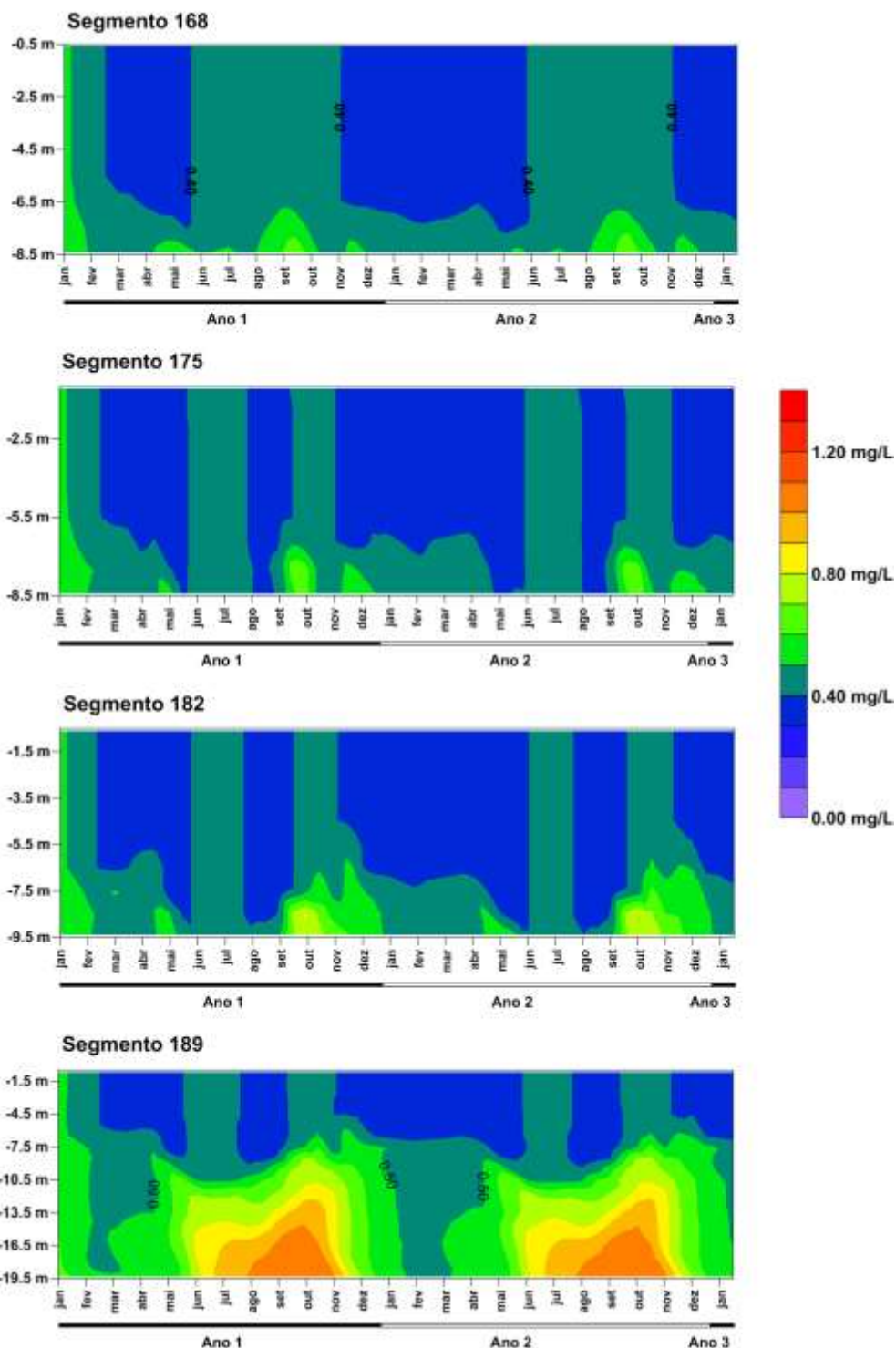


Ilustração 7-159 – Variação do NTK na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

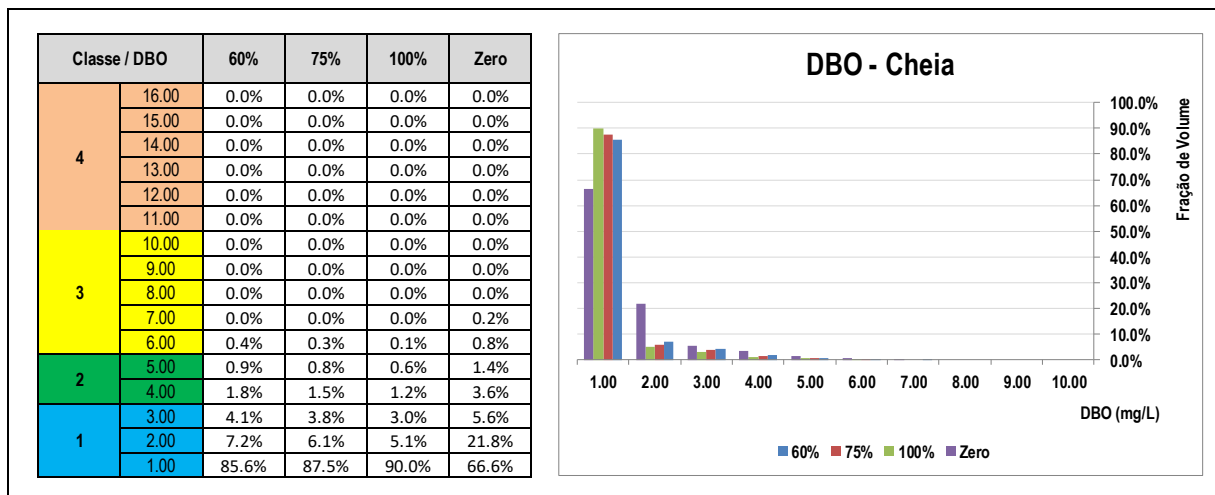
7.2.5 Demanda Bioquímica de Oxigênio

A DBO é usada como uma medida da quantidade de oxigênio requerida para oxidação da matéria orgânica biodegradável presente na água por ação bioquímica aeróbica.

A determinação da DBO não revela a concentração de uma substância específica, mas sim o efeito da combinação de substâncias e condições. A DBO, por si só, não é um poluente, exercendo um efeito indireto, ou seja, causando a depleção de Oxigênio Dissolvido até níveis que podem inibir a vida aquática e prejudicar outros usos benéficos. Nos locais onde a aeração e ação fotossintética minimizam esta depleção, a DBO não interfere com os usos benéficos da água.

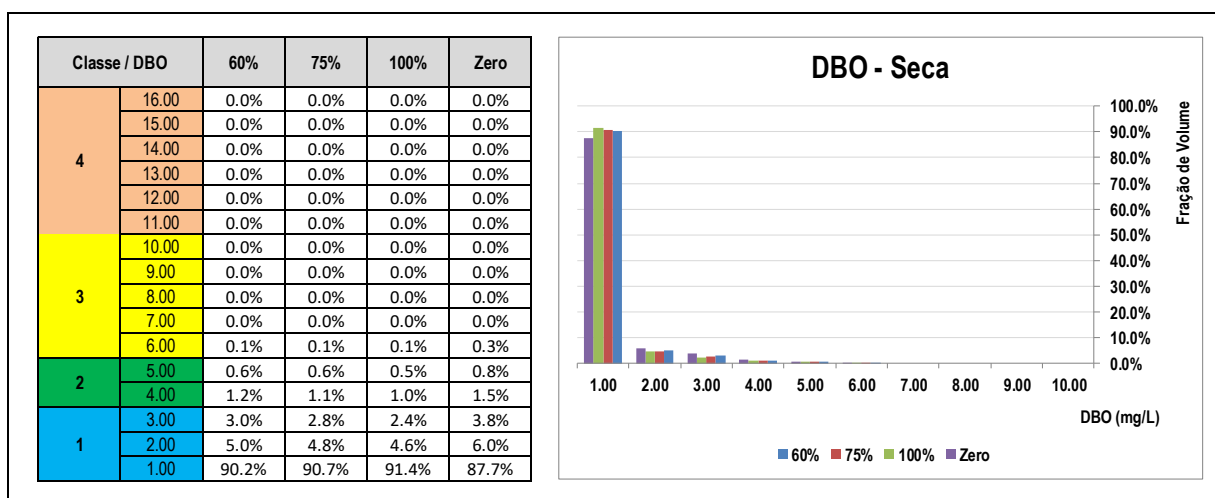
O Quadro 7-10 apresenta os teores de DBO por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Cheia.

Quadro 7-10 - Classe de enquadramento dos Teores de DBO por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.



O Quadro 7-11 apresenta os teores de DBO por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Seca.

Quadro 7-11 - Classe de enquadramento dos Teores de DBO por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.



A partir do Quadro 7-10 e Quadro 7-11 observa-se que o modelo projeta, independentemente do cenário de desmatamento, período de enchimento e condições de contorno adotadas, um percentual de 100% do volume do reservatório apresentando águas da classe 1, onde os cenários com início do enchimento no período de Cheia apresentam-se levemente mais restritivos quando comparados com o início no período de Seca, refletindo a metodologia adotada para representar os efeitos da biomassa inundada, que considera uma maior incorporação de DBO na massa líquida quanto menor o tempo de enchimento.

Da Ilustração 7-104 a Ilustração 7-111 são espacializadas as variações dos teores de DBO ao longo de seções de controle de modo a demonstrar o comportamento típico da variável ao longo do período de simulação. Dada a pouca variação entre os cenários de interesse ao estudo, quais sejam 60% e 75%, optou-se por espacializa-los somente em detrimento dos demais, para elucidação do comportamento da variável em análise dentro do sistema.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - CHEIA

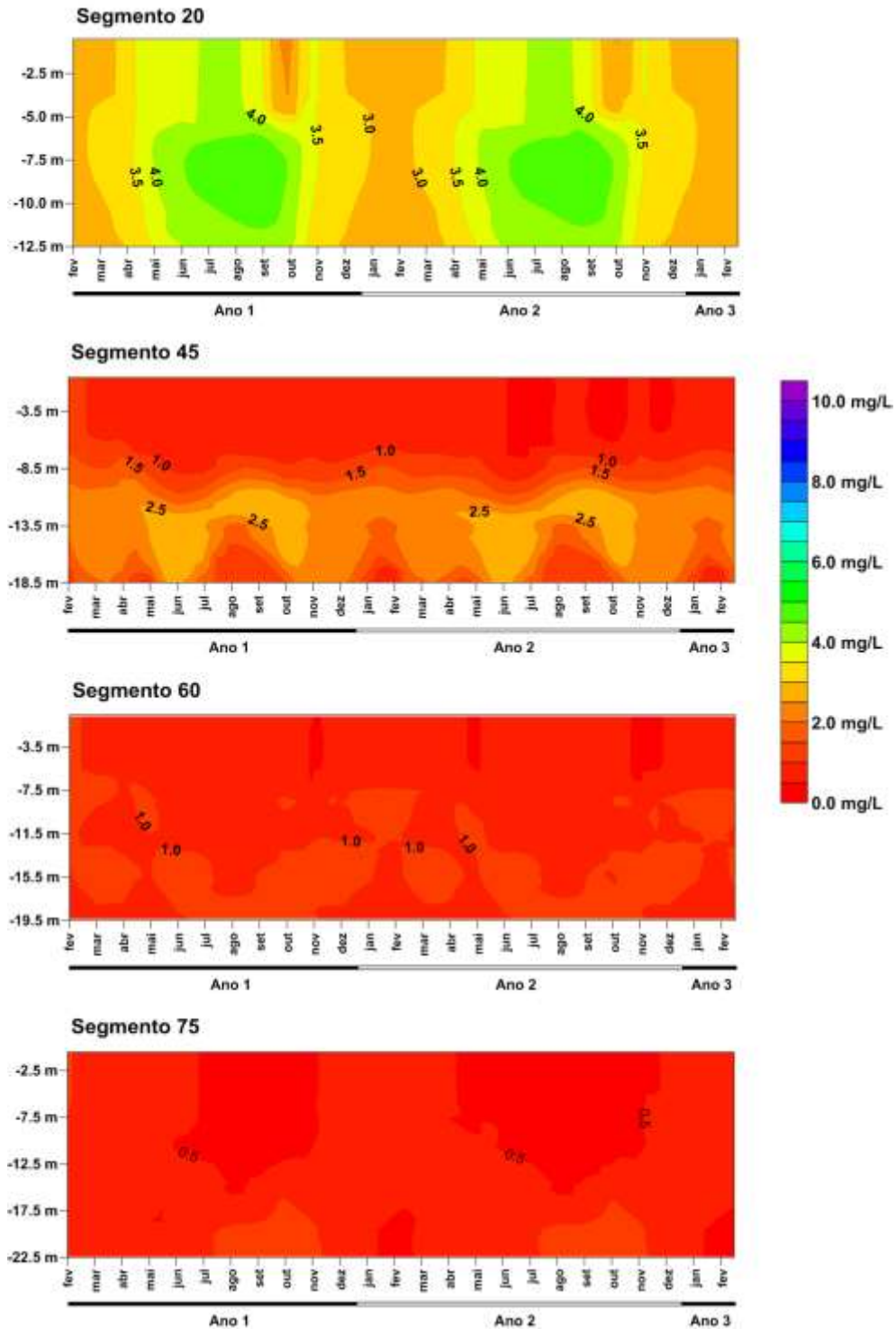


Ilustração 7-160 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - CHEIA

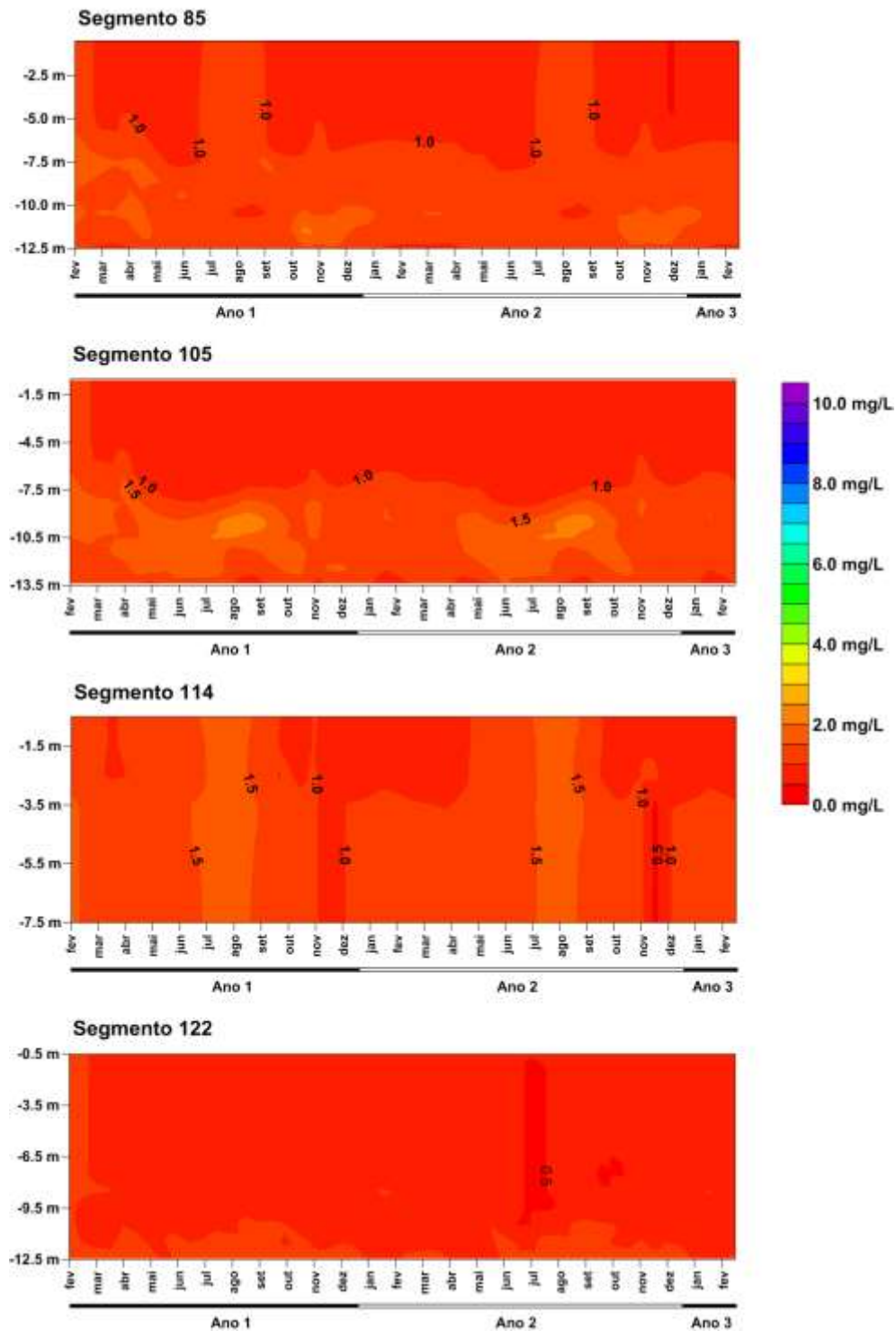


Ilustração 7-161 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - CHEIA

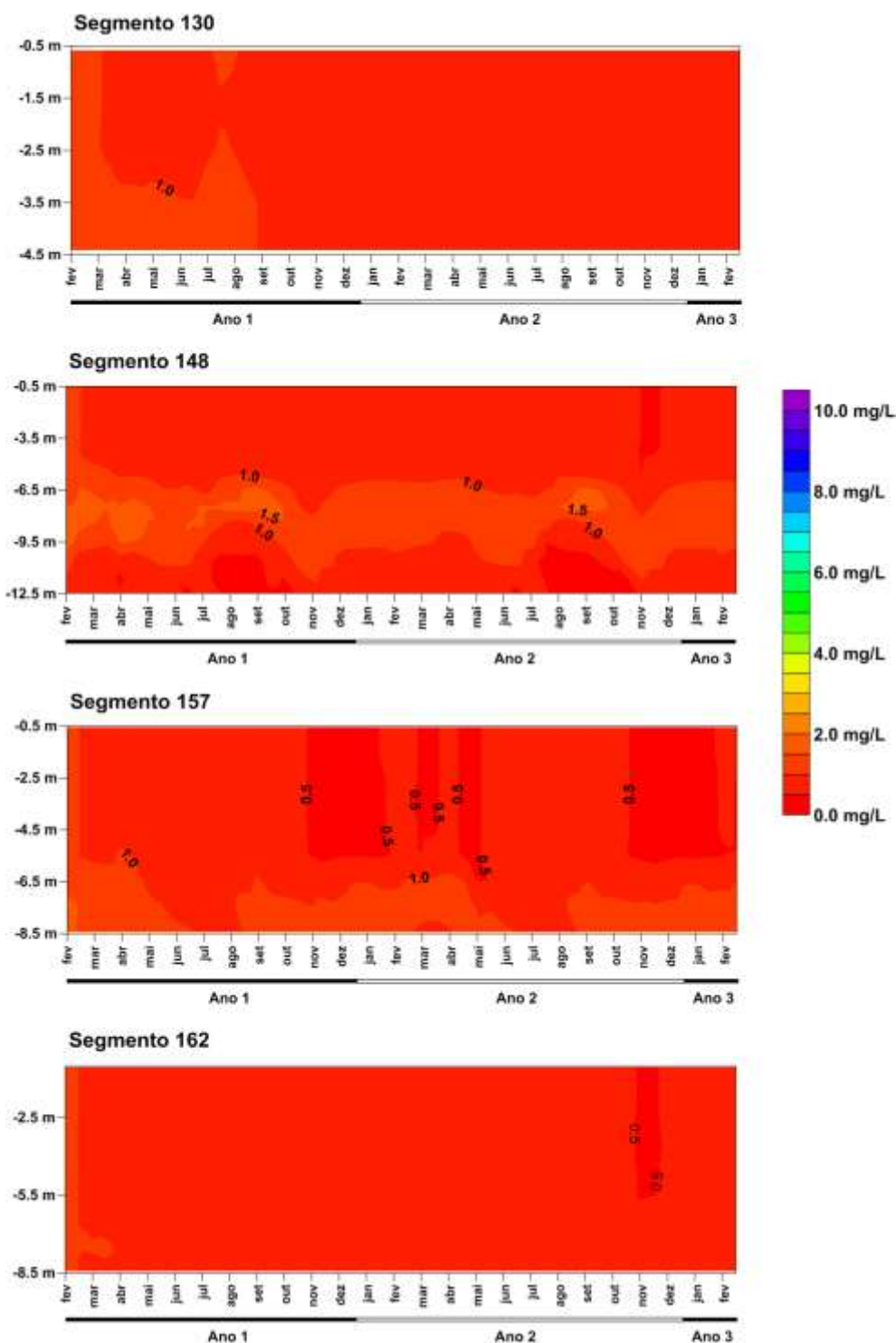


Ilustração 7-162 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - CHEIA

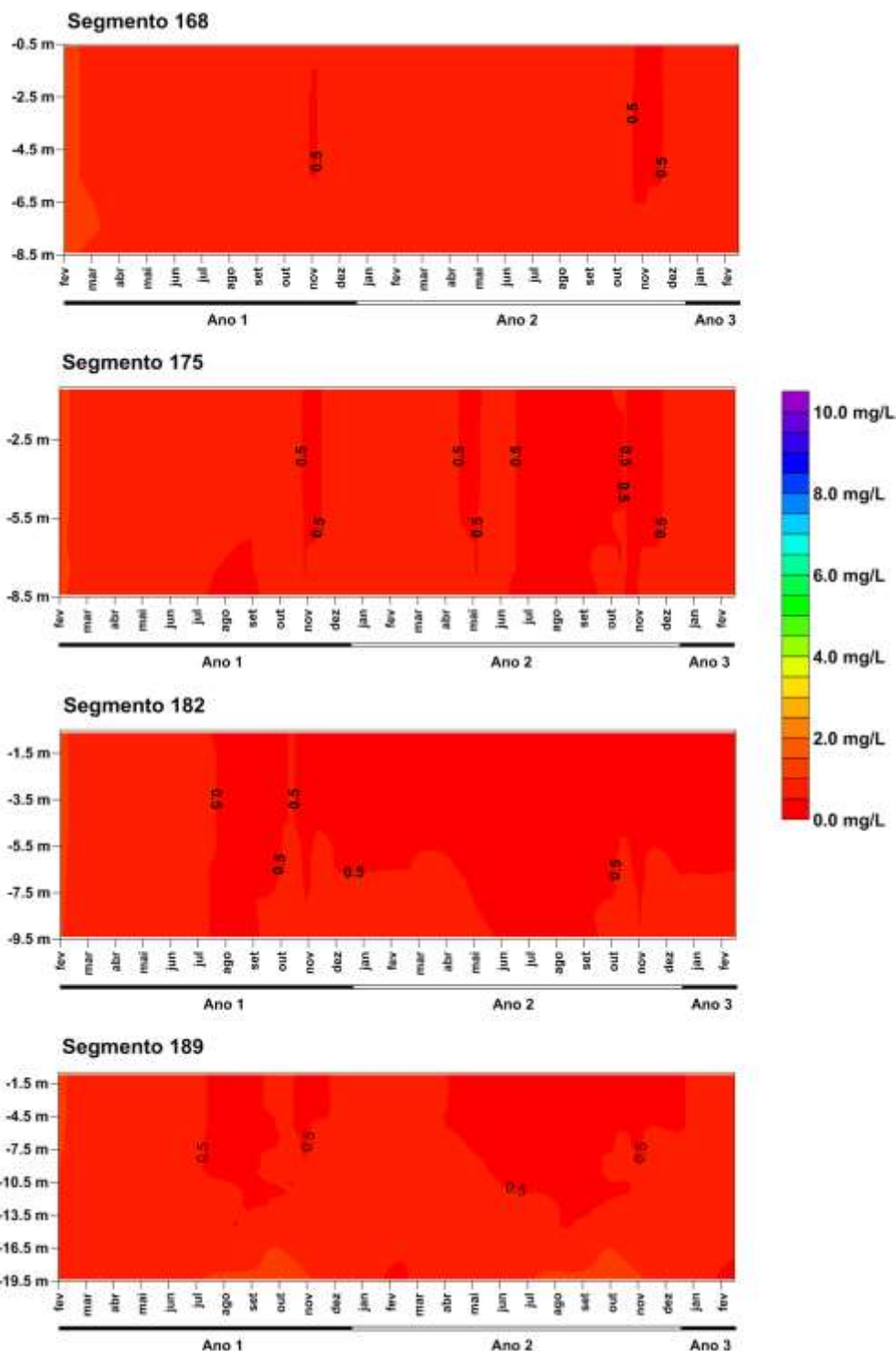


Ilustração 7-163 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - CHEIA

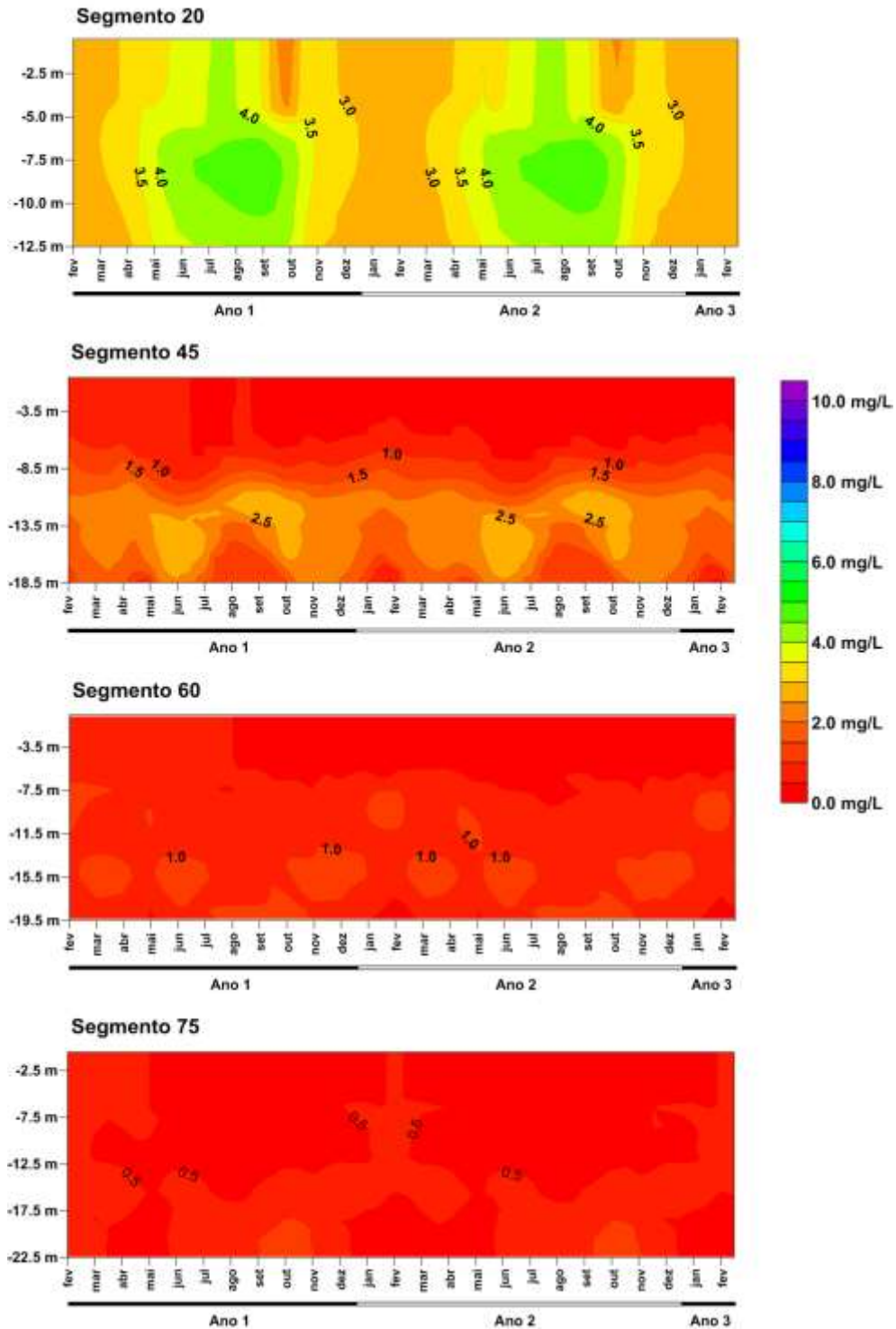


Ilustração 7-164 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - CHEIA

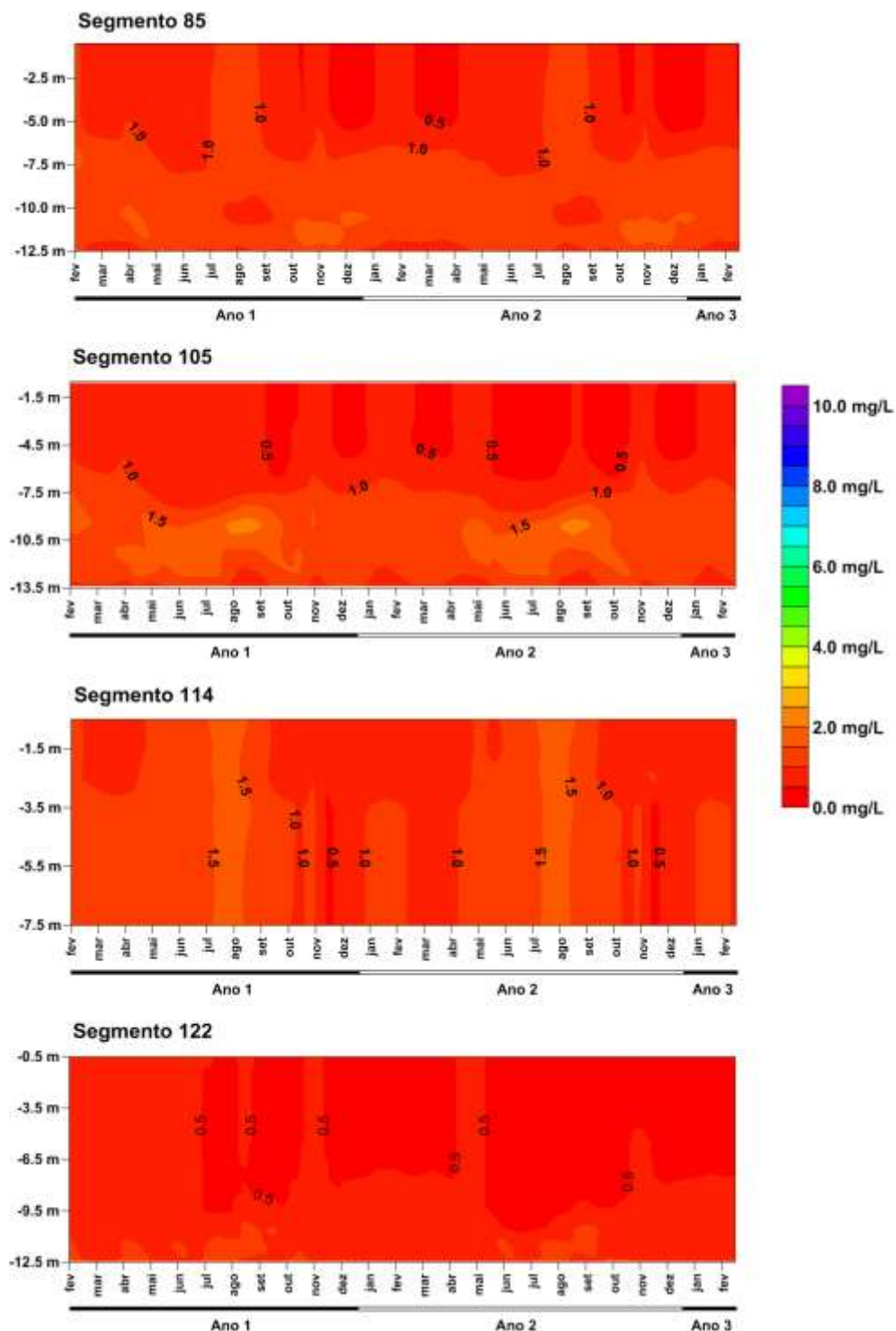


Ilustração 7-165 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - CHEIA

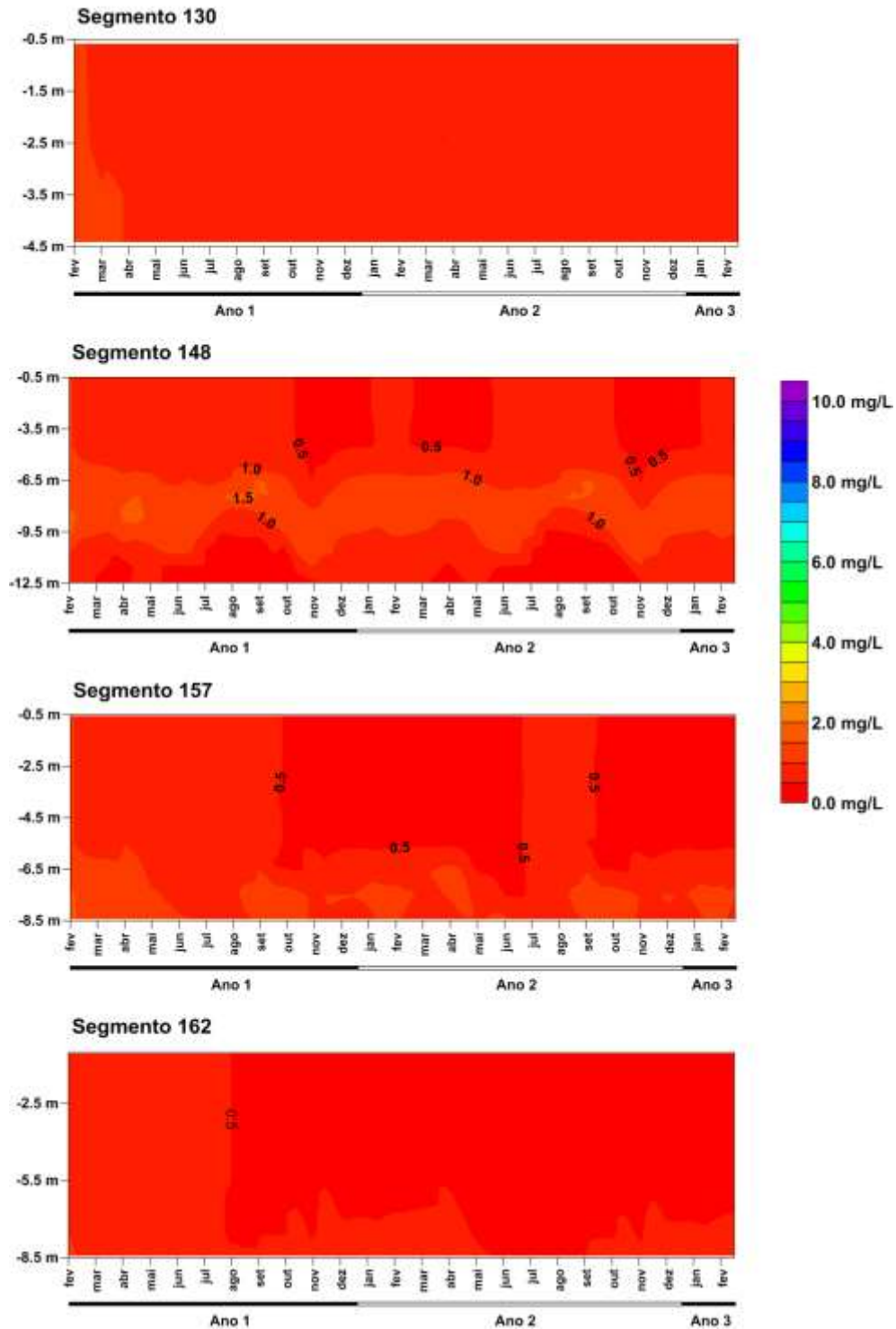


Ilustração 7-166 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - CHEIA

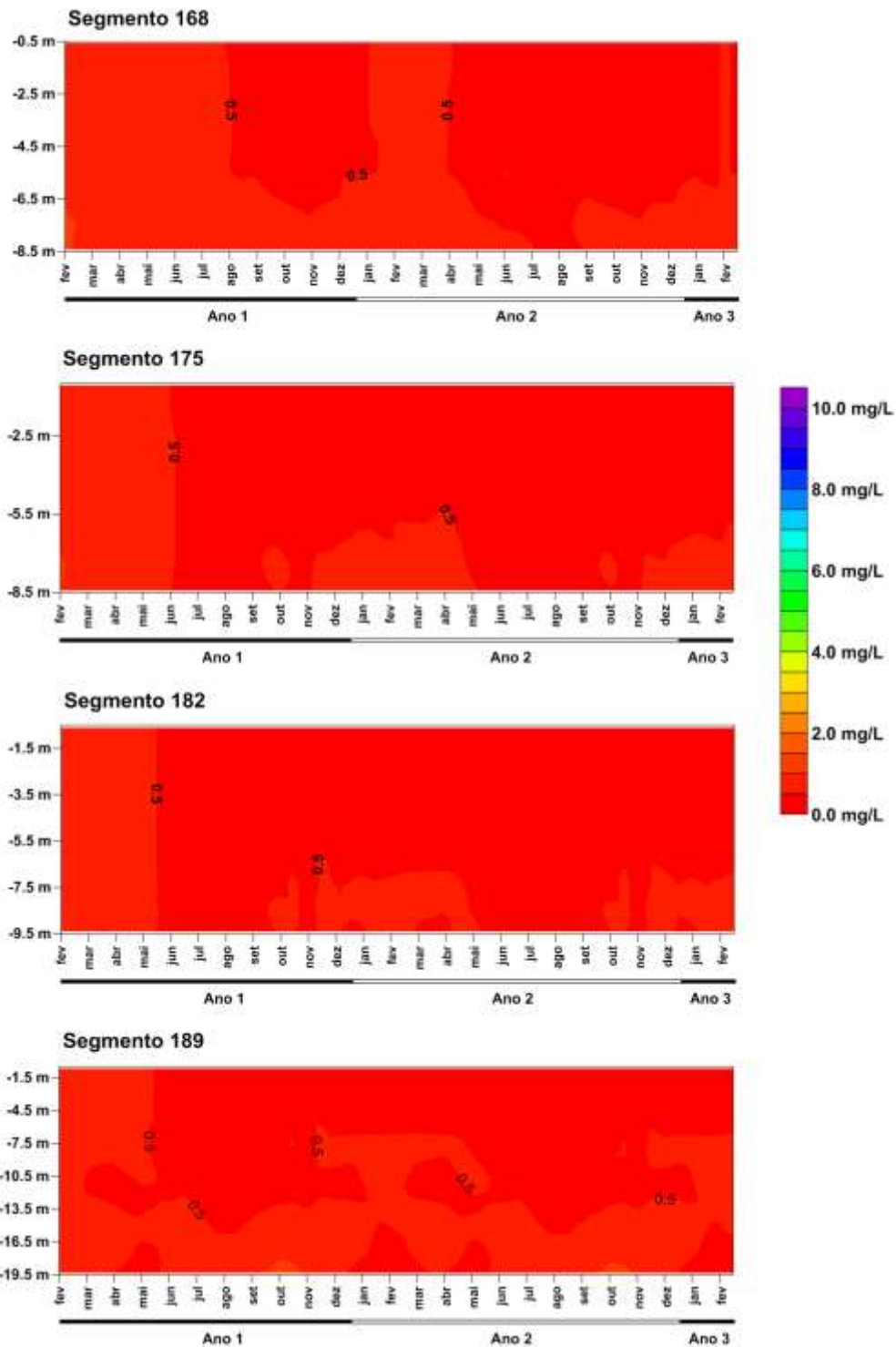


Ilustração 7-167 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - SECA

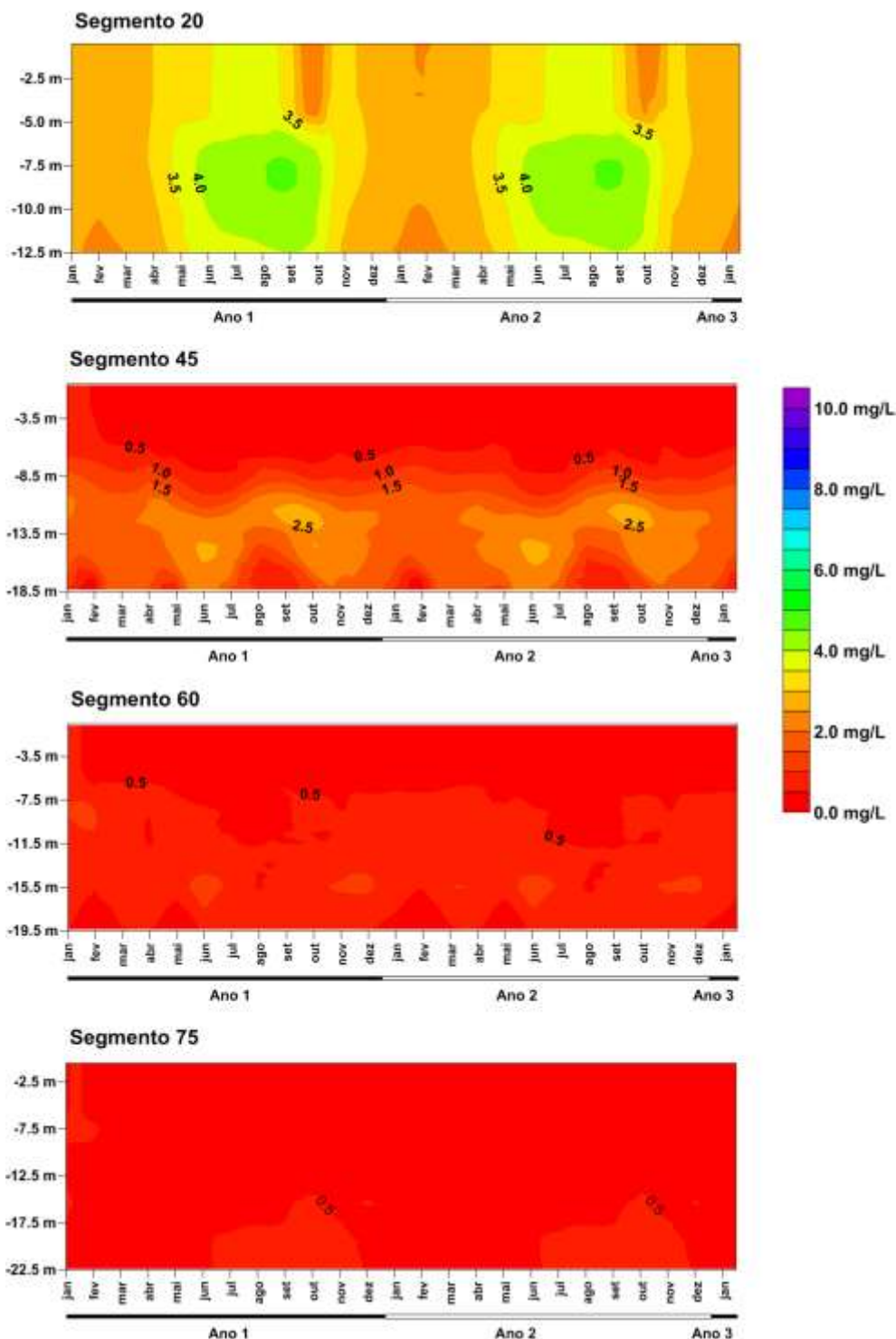


Ilustração 7-168 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - SECA

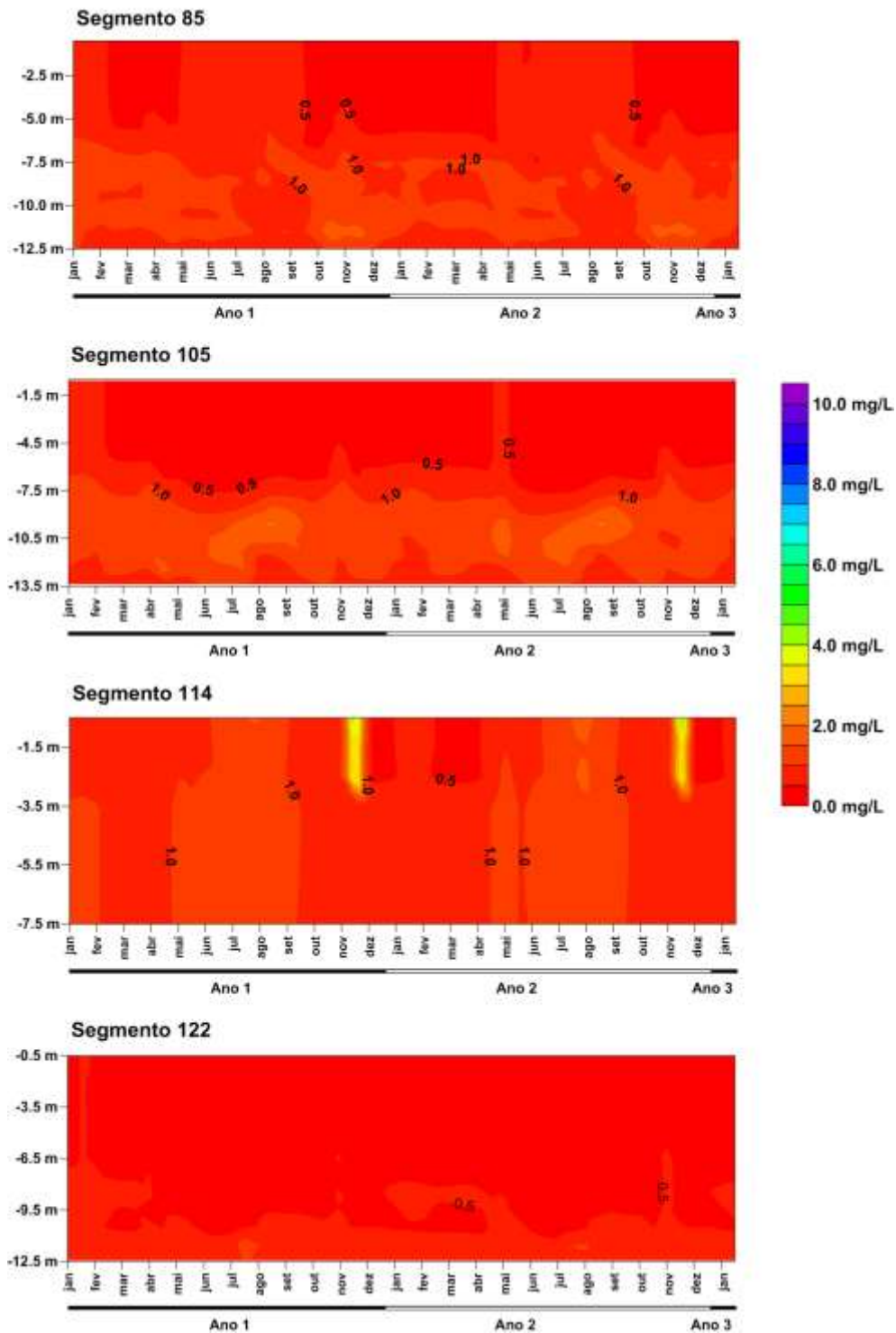


Ilustração 7-169 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - SECA

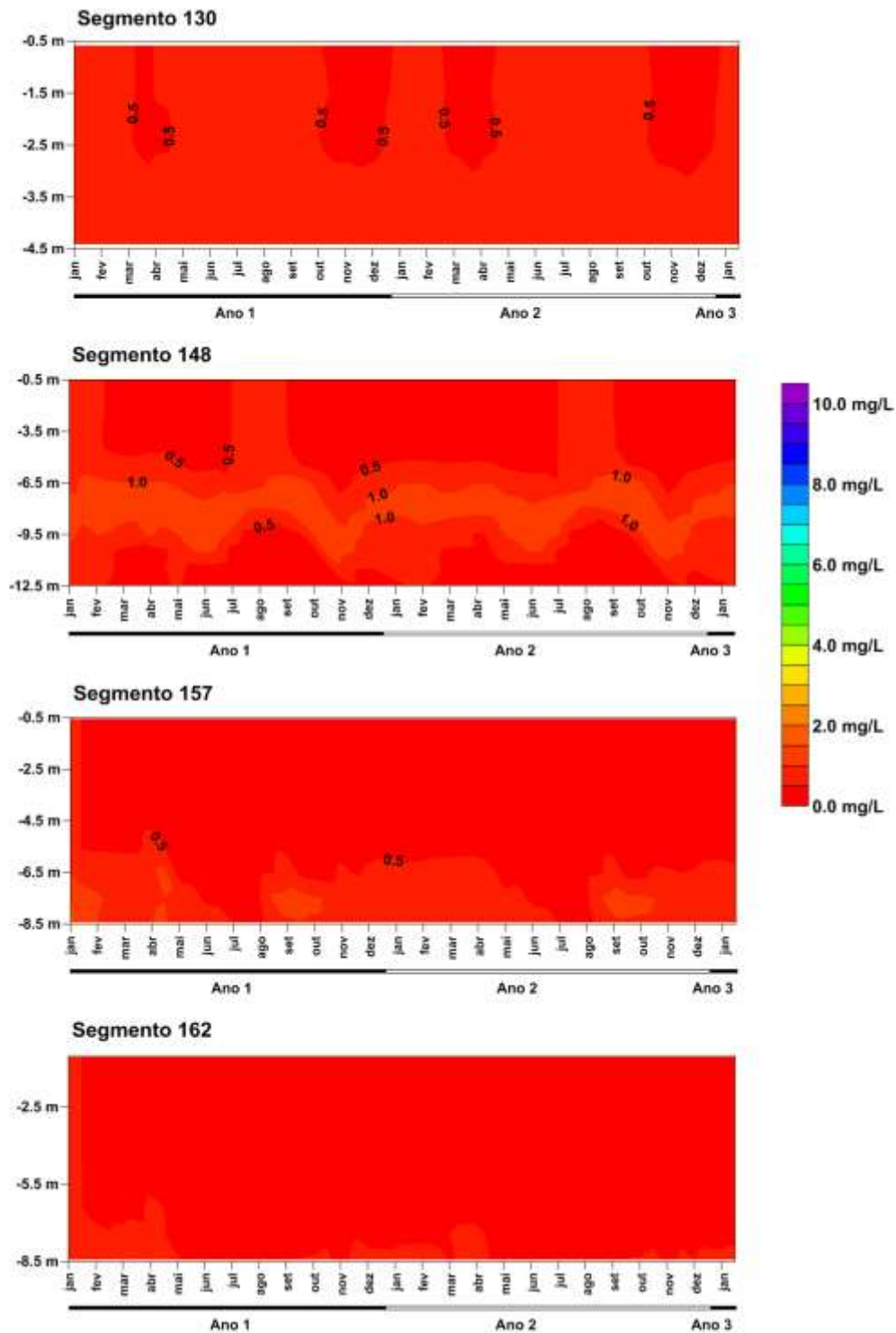


Ilustração 7-170 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 60% - SECA

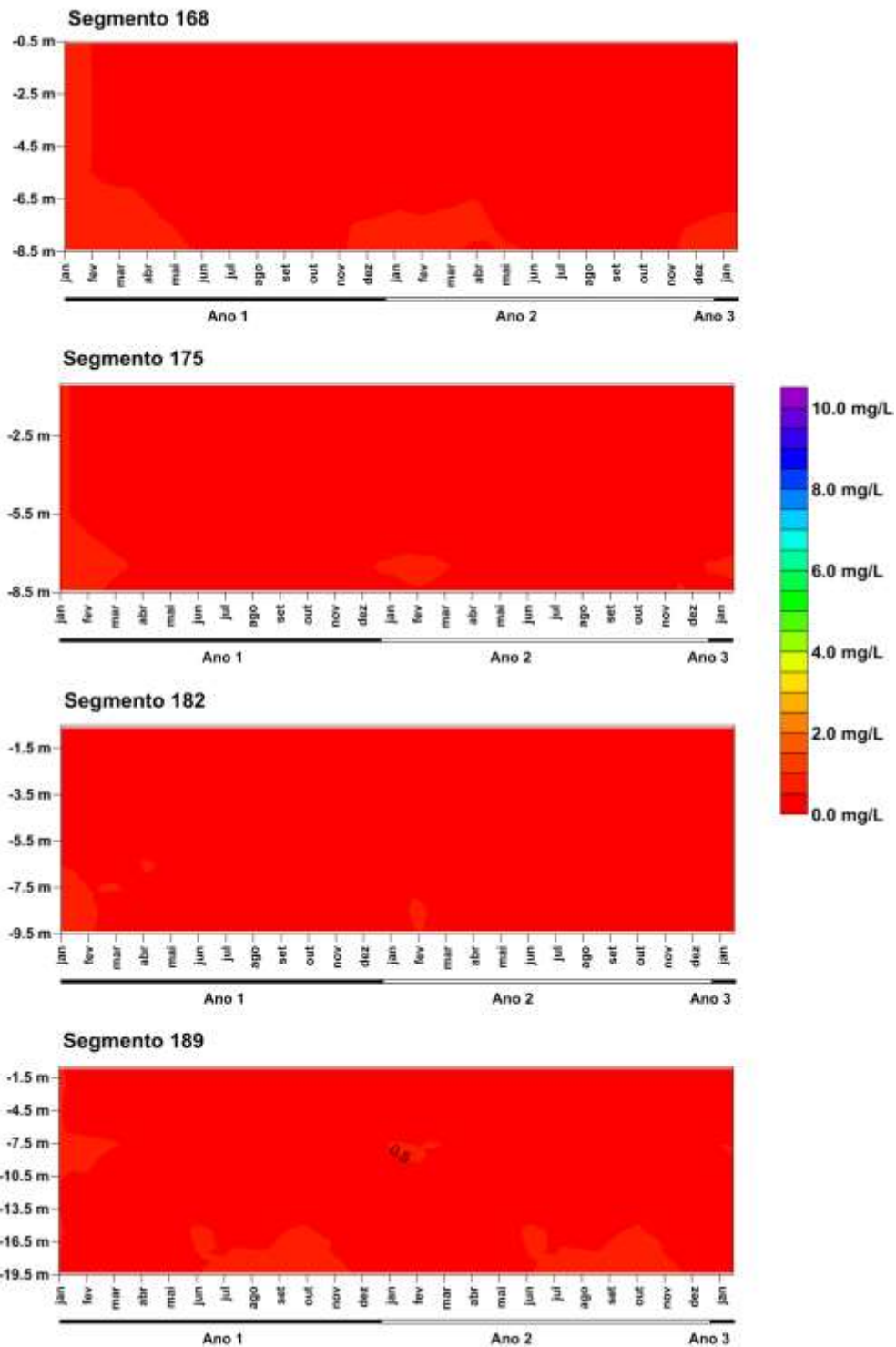


Ilustração 7-171 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - SECA

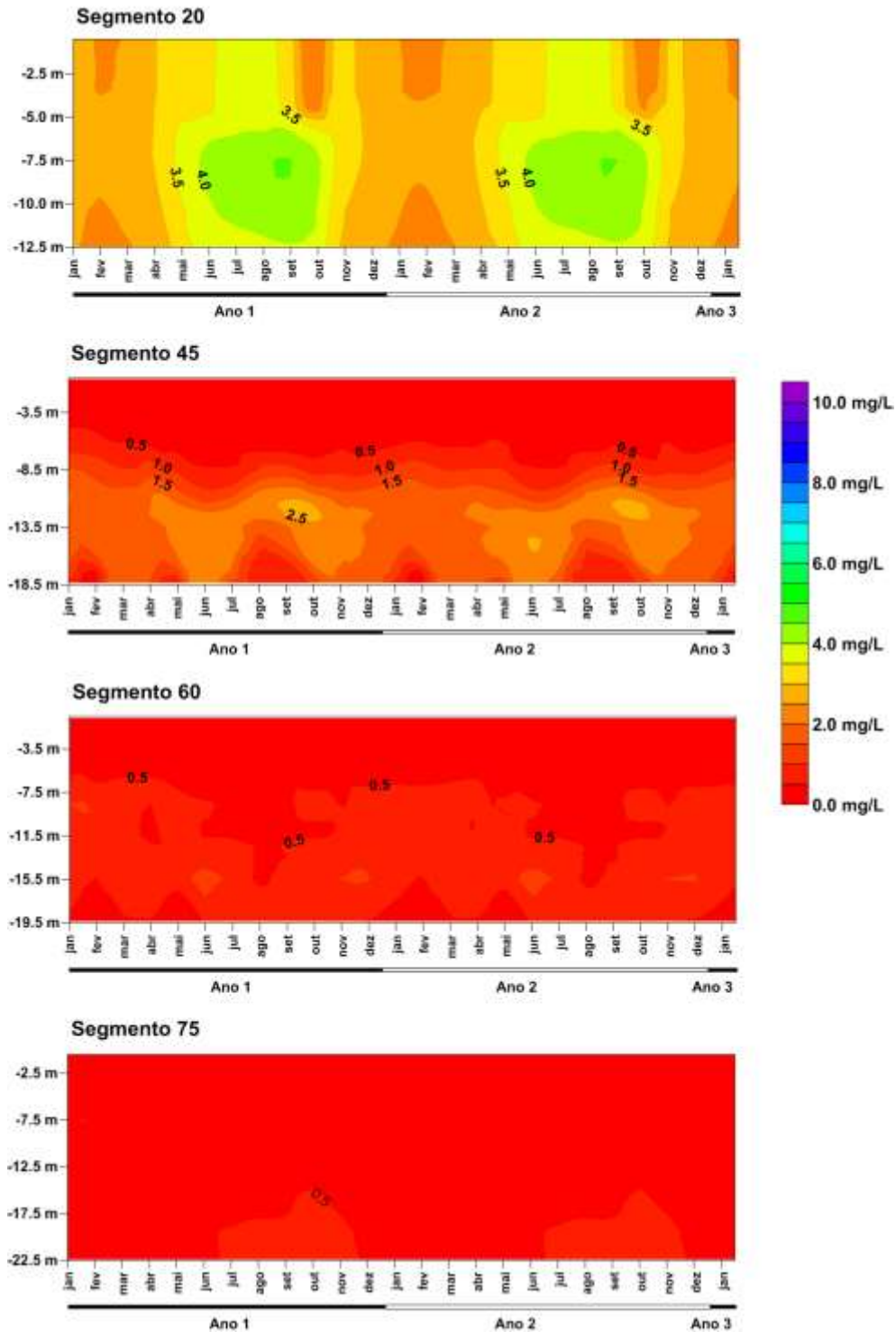


Ilustração 7-172 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - SECA

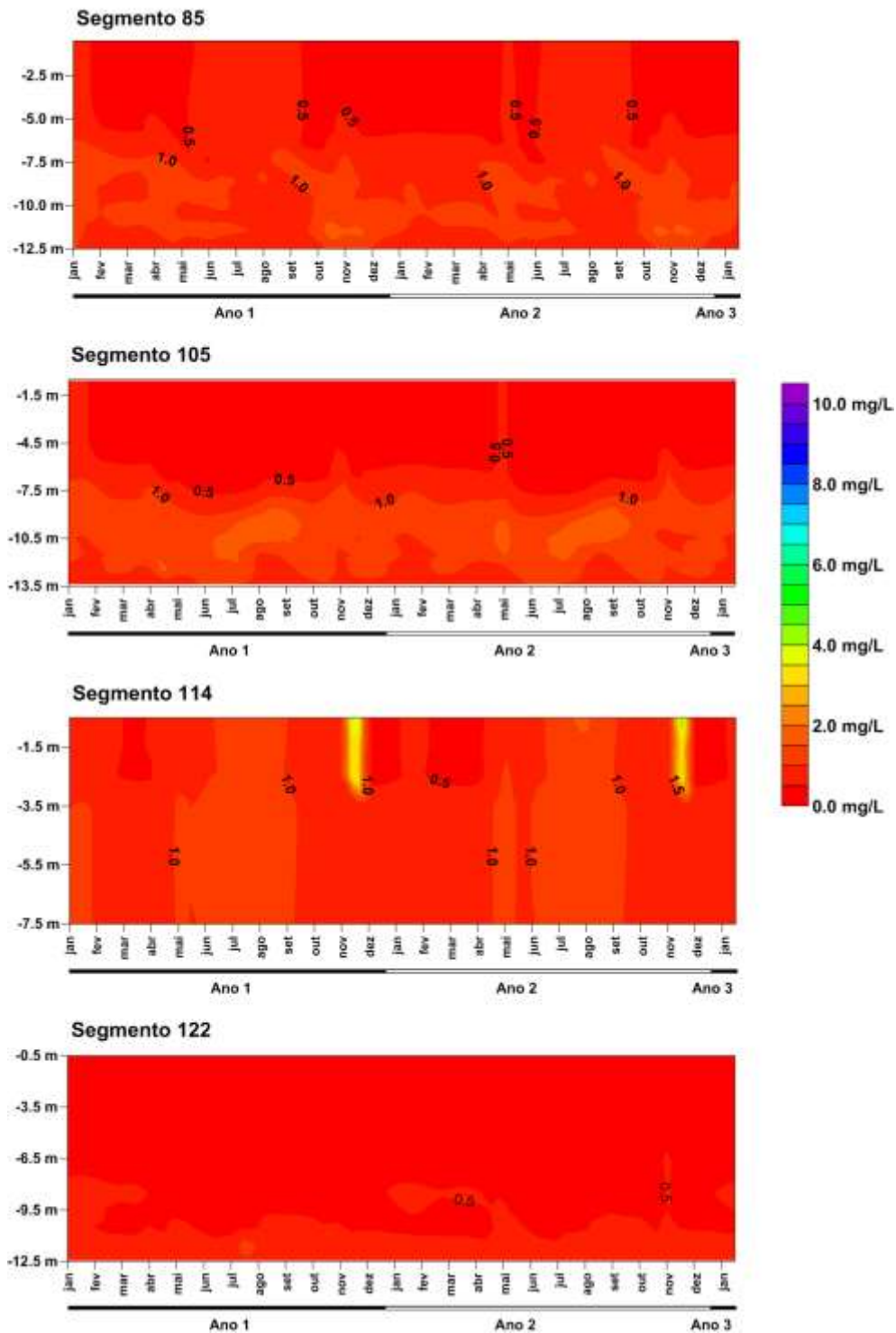


Ilustração 7-173 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - SECA

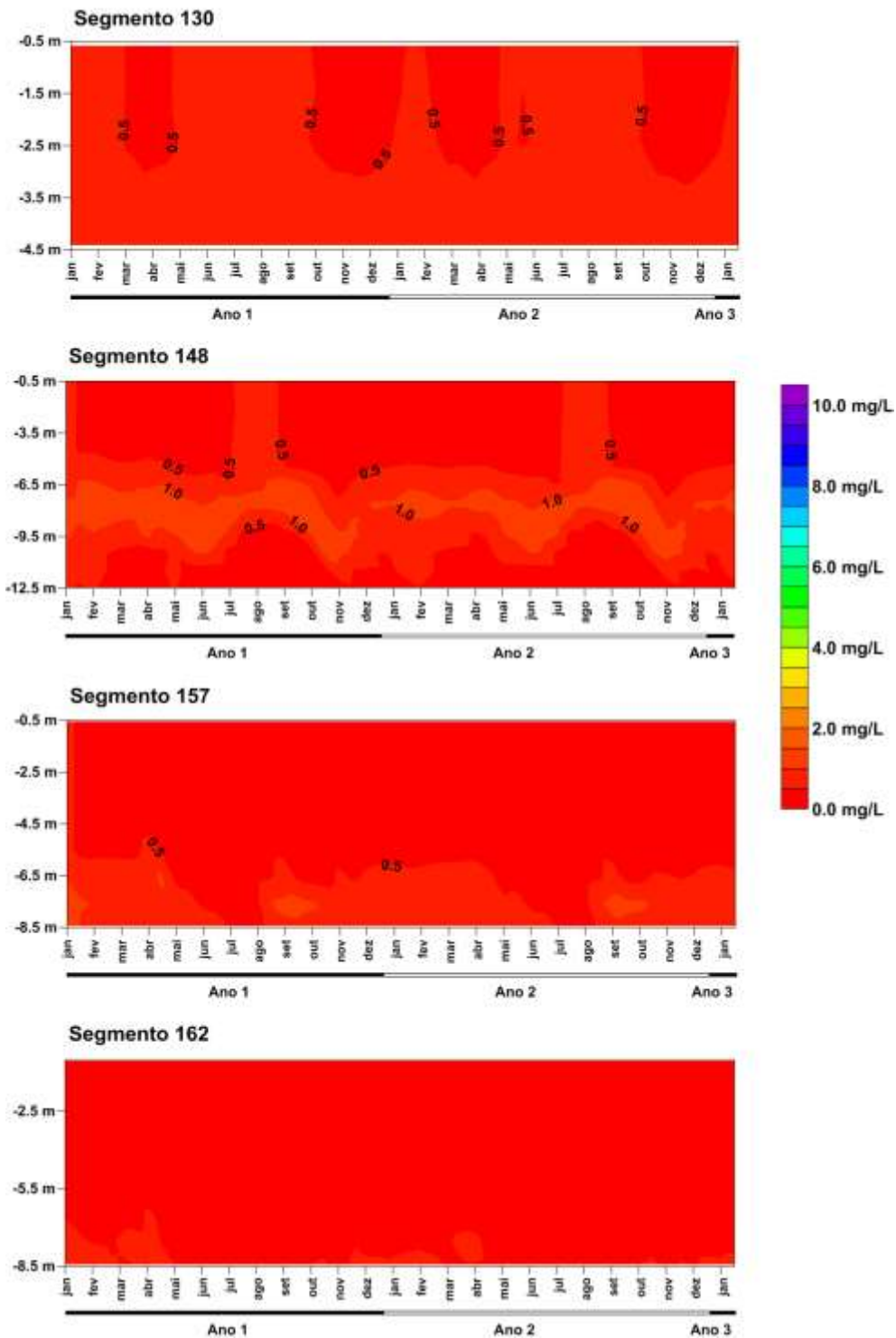


Ilustração 7-174 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO - 75% - SECA

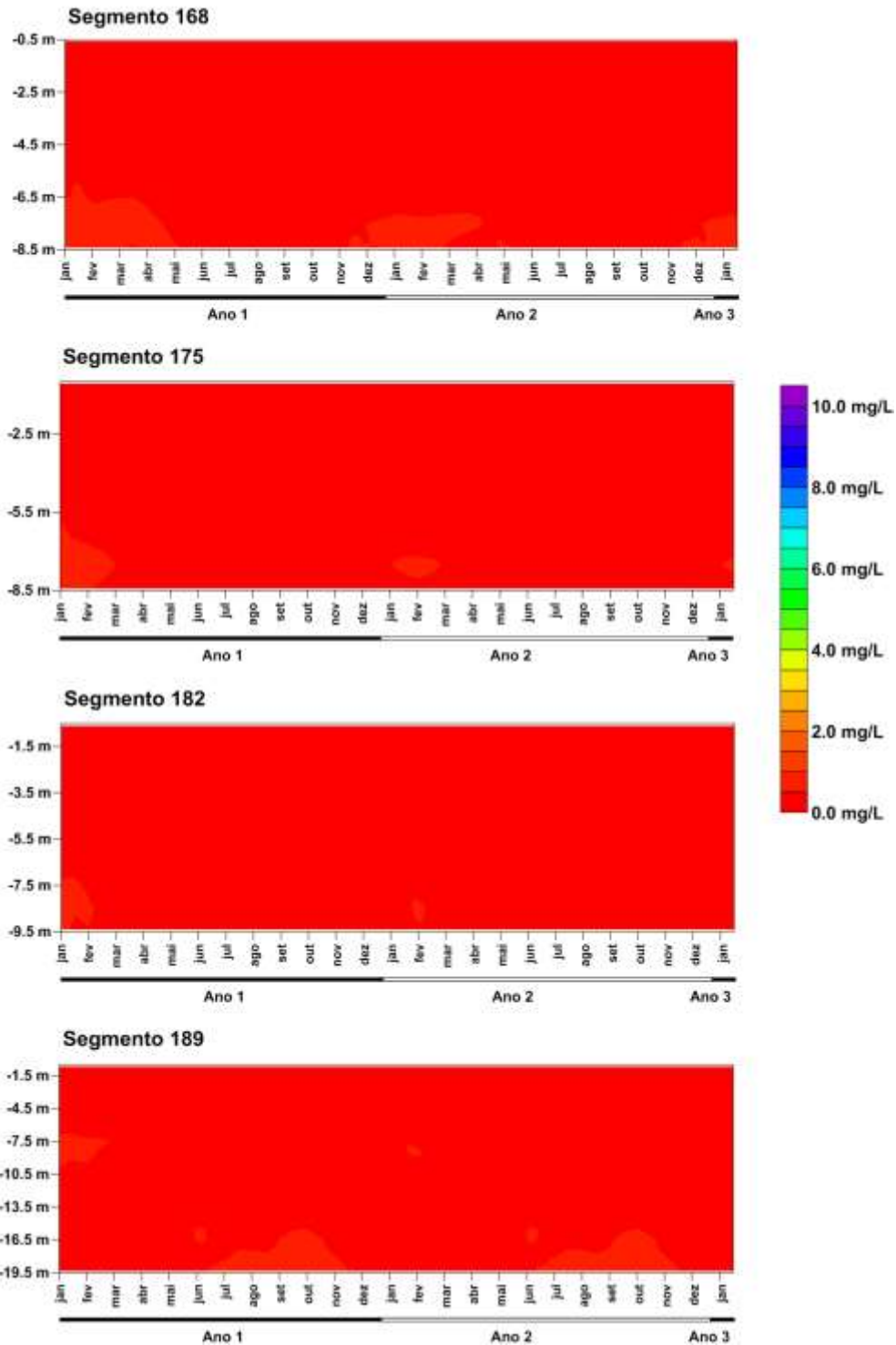


Ilustração 7-175 – Variação da DBO na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

7.2.6 Fósforo Total

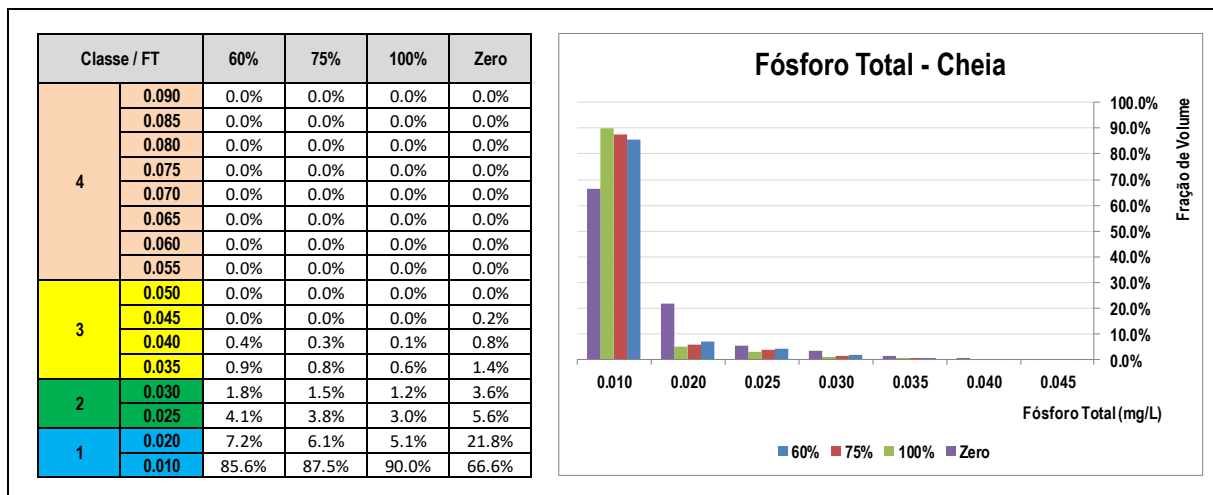
O fósforo é um elemento não metálico, que pode ocorrer em diferentes formas: orgânica, inorgânica e como espécies dissolvidas ou particuladas. É um nutriente essencial às plantas, sendo provável que atue também como um fator limitante do seu crescimento. Os fosfatos juntamente com nitratos são elementos indispensáveis à síntese da matéria viva e, por isto, são limitantes da fotossíntese quando se encontram em quantidades insuficientes. O fósforo está sujeito à bioacumulação da mesma forma que o mercúrio. Na água, a forma conhecida do fósforo varia continuamente devido a processos de decomposição e síntese, entre formas ligadas organicamente e formas inorganicamente oxidadas.

O fósforo é raramente encontrado em concentrações significativas na água, pois é ativamente utilizado pelas plantas. A presença de fósforo nas águas pode ter origem na dissolução de compostos do solo (escala muito pequena), despejos domésticos e/ou industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes. A utilização crescente de detergentes de uso doméstico e industrial favorece muito o aumento das concentrações de fósforo nas águas. Concentrações elevadas de fósforo podem contribuir da mesma forma que o nitrogênio, para a proliferação de algas e acelerar, indesejavelmente, em determinadas condições, o processo de eutrofização. A regulação do conteúdo de fósforo em detergentes domésticos e critérios para estabelecimento das concentrações em efluentes de processo são estabelecidos visando reduzir a eutrofização em sistemas aquáticos.

No presente estudo os teores de fósforo total refletem duas condições distintas, aqueles de origem alóctone, afluentes ao sistema através da rede hidrográfica, e os de origem autóctone, oriundos da biomassa submersa remanescente considerada em cada cenário de desmatamento.

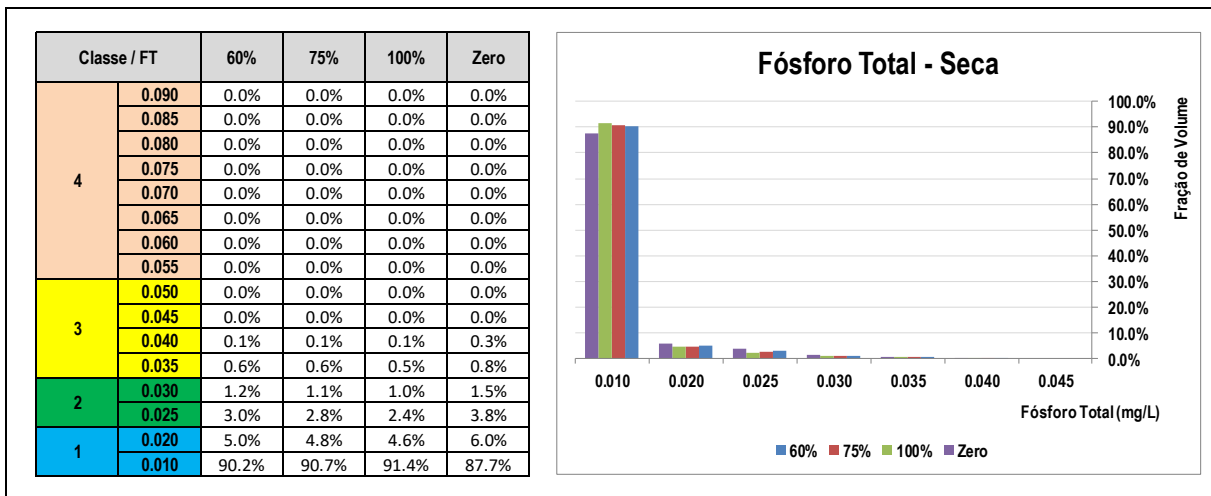
O Quadro 7-12 apresenta os teores de Fósforo Total por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Cheia.

Quadro 7-12 - Classe de enquadramento dos Teores de Fósforo Total por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.



O Quadro 7-13 apresenta os teores de Fósforo Total por fração de volume do AHE Canto do Rio projetados para o período de simulação nos diferentes cenários de desmatamento considerados no presente estudo no período de Seca.

Quadro 7-13 - Classe de enquadramento dos Teores de Fósforo Total por fração de volume do reservatório do AHE Canto do Rio em diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.



A partir do Quadro 7-12 e Quadro 7-13 observa-se que o modelo projeta, independentemente do cenário de desmatamento, período de enchimento e condições de contorno adotadas, um percentual de 88% do volume do reservatório apresentando águas da classe 1, onde os cenários com início do enchimento no período de Cheia apresentam-se levemente mais restritivos quando comparados com o início no período de Seca, refletindo a metodologia adotada para representar os efeitos da biomassa inundada, que considera uma maior incorporação de matéria orgânica na massa líquida quanto menor o tempo de enchimento.

Da Ilustração 7-176 a Ilustração 7-191 são espacializadas as variações dos teores de Fósforo Total ao longo de seções de controle de modo a demonstrar o comportamento típico da variável ao longo do período de simulação. Dada a pouca variação entre os cenários de interesse ao estudo, quais sejam 60% e 75%, optou-se por espacializa-los somente em detrimento dos demais, para elucidação do comportamento da variável em análise dentro do sistema, onde verifica-se que nas camadas mais profundas e próximas ao barramento o modelo projeta um maior acúmulo dos teores de fósforo total, refletindo processos de sedimentação e acúmulo no compartimento sedimentar anóxico.

FÓSFORO TOTAL - 60% - CHEIA

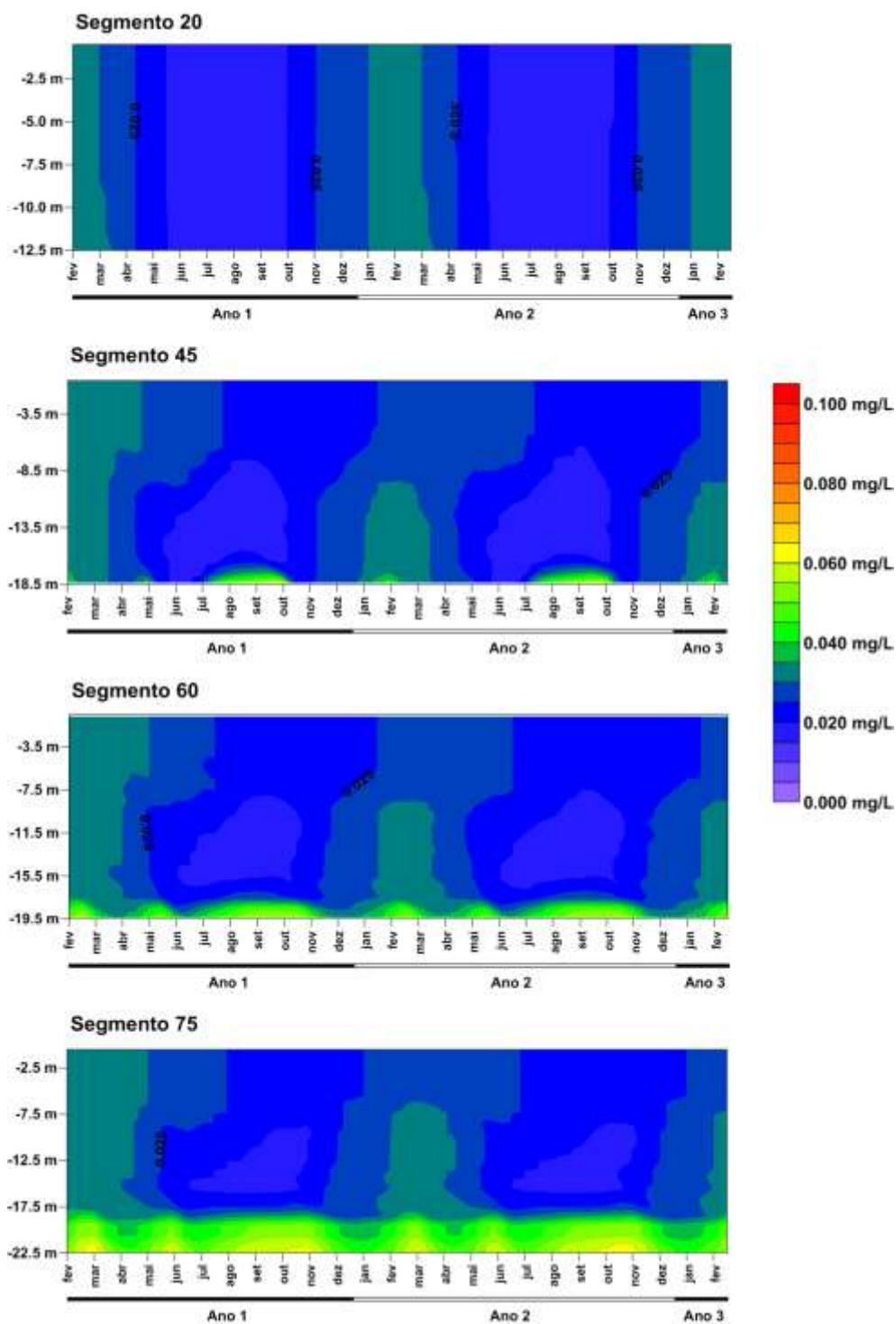


Ilustração 7-176 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

FÓSFORO TOTAL - 60% - CHEIA

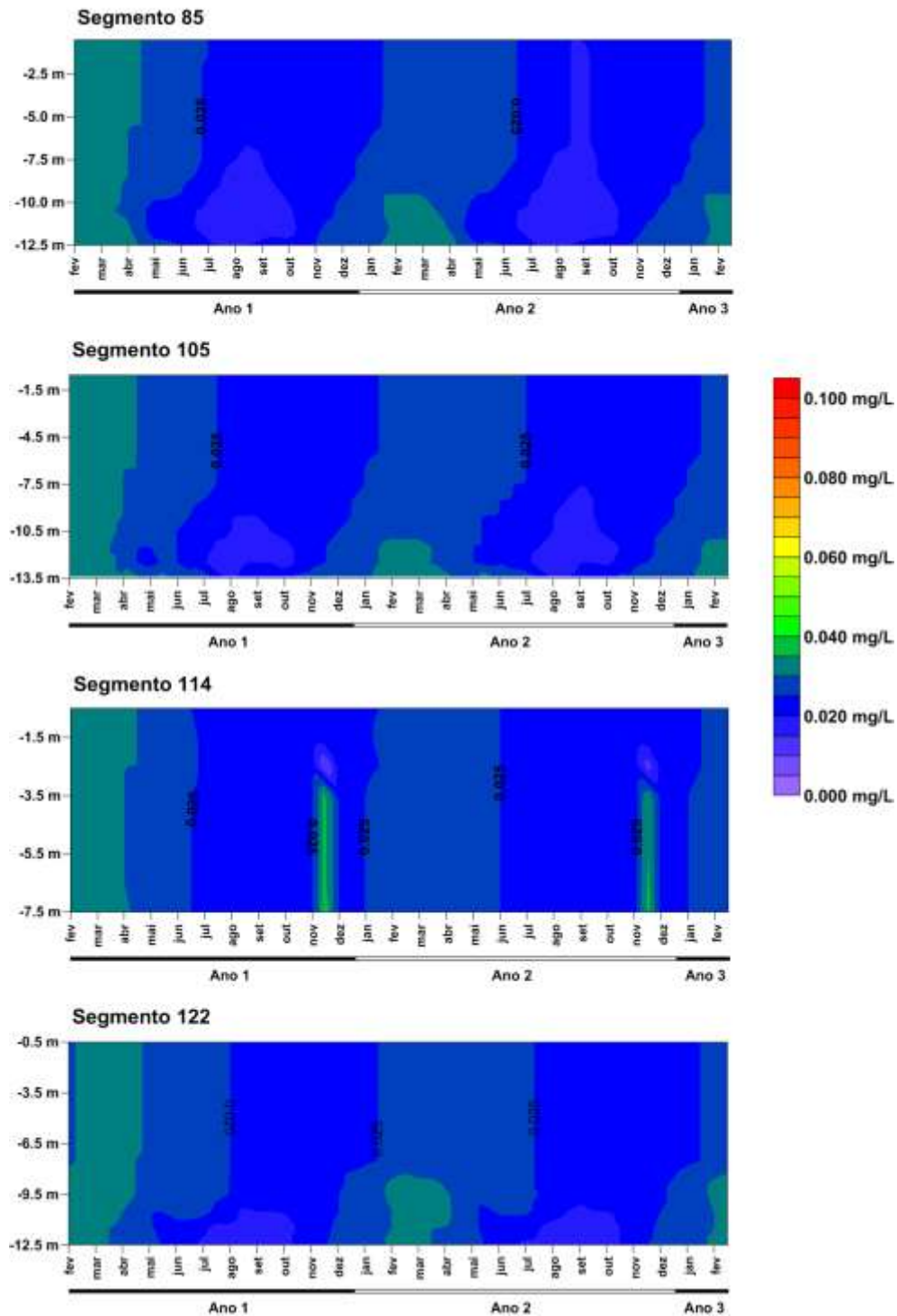


Ilustração 7-177 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 60% - CHEIA

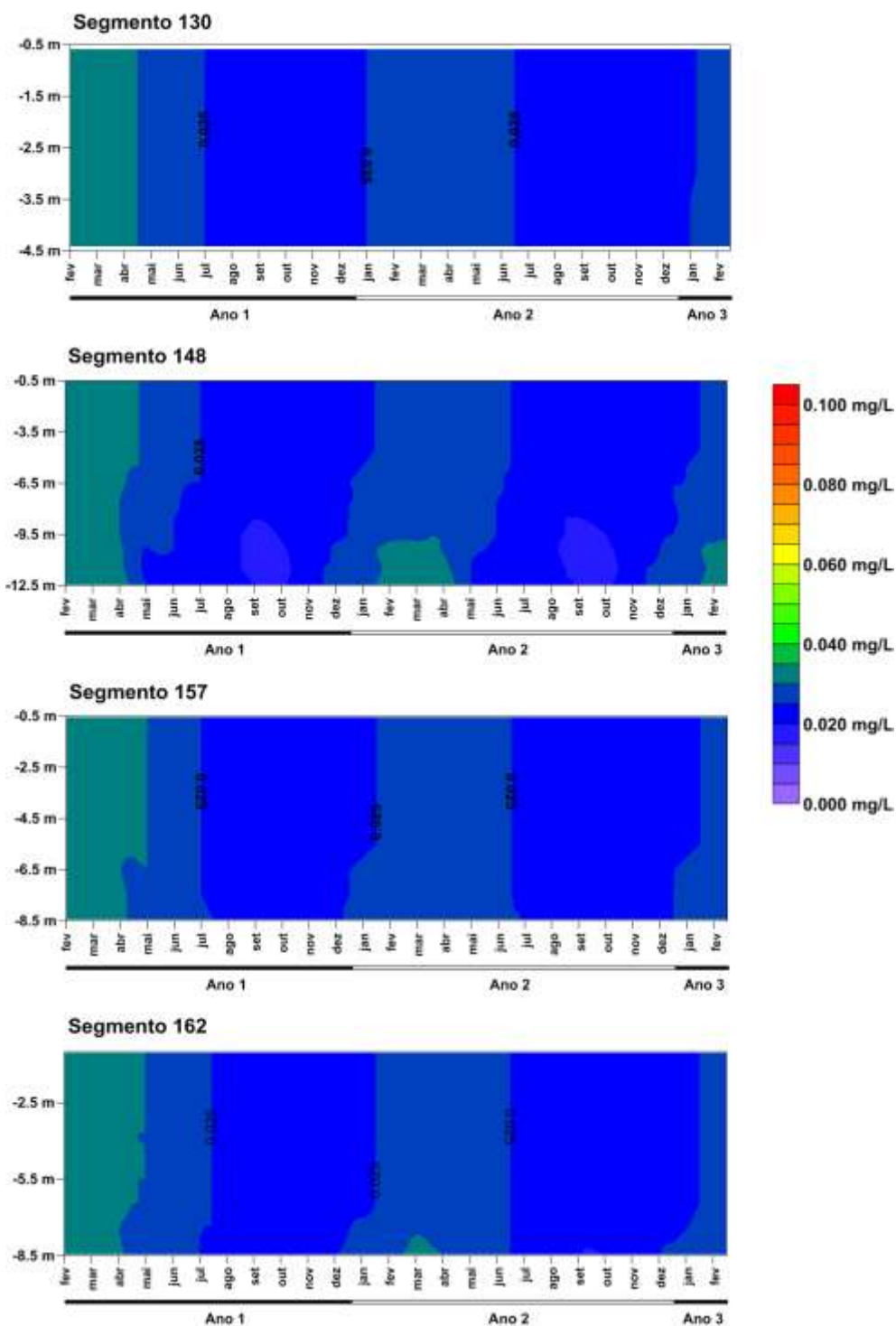


Ilustração 7-178 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 60% - CHEIA

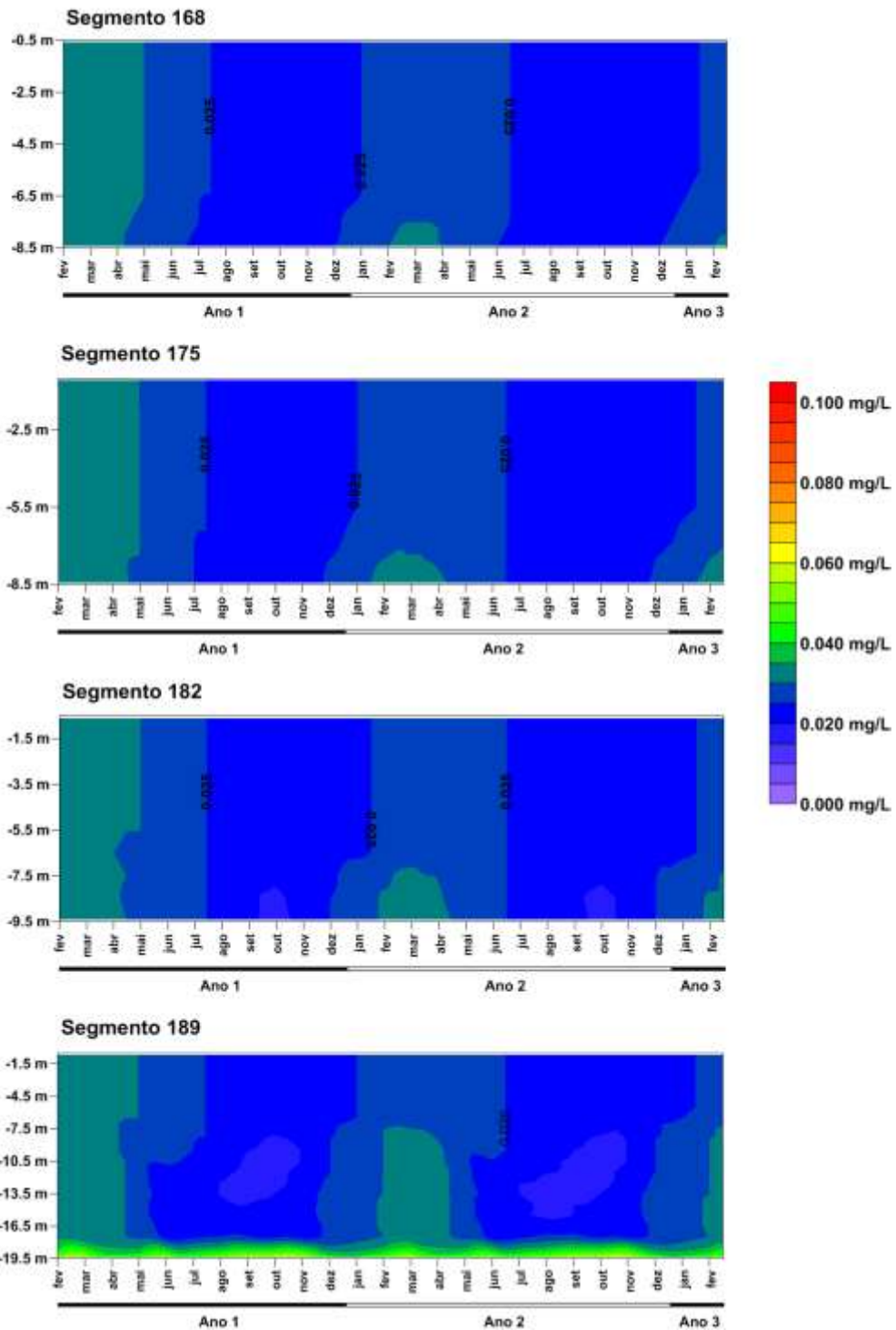


Ilustração 7-179 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 75% - CHEIA

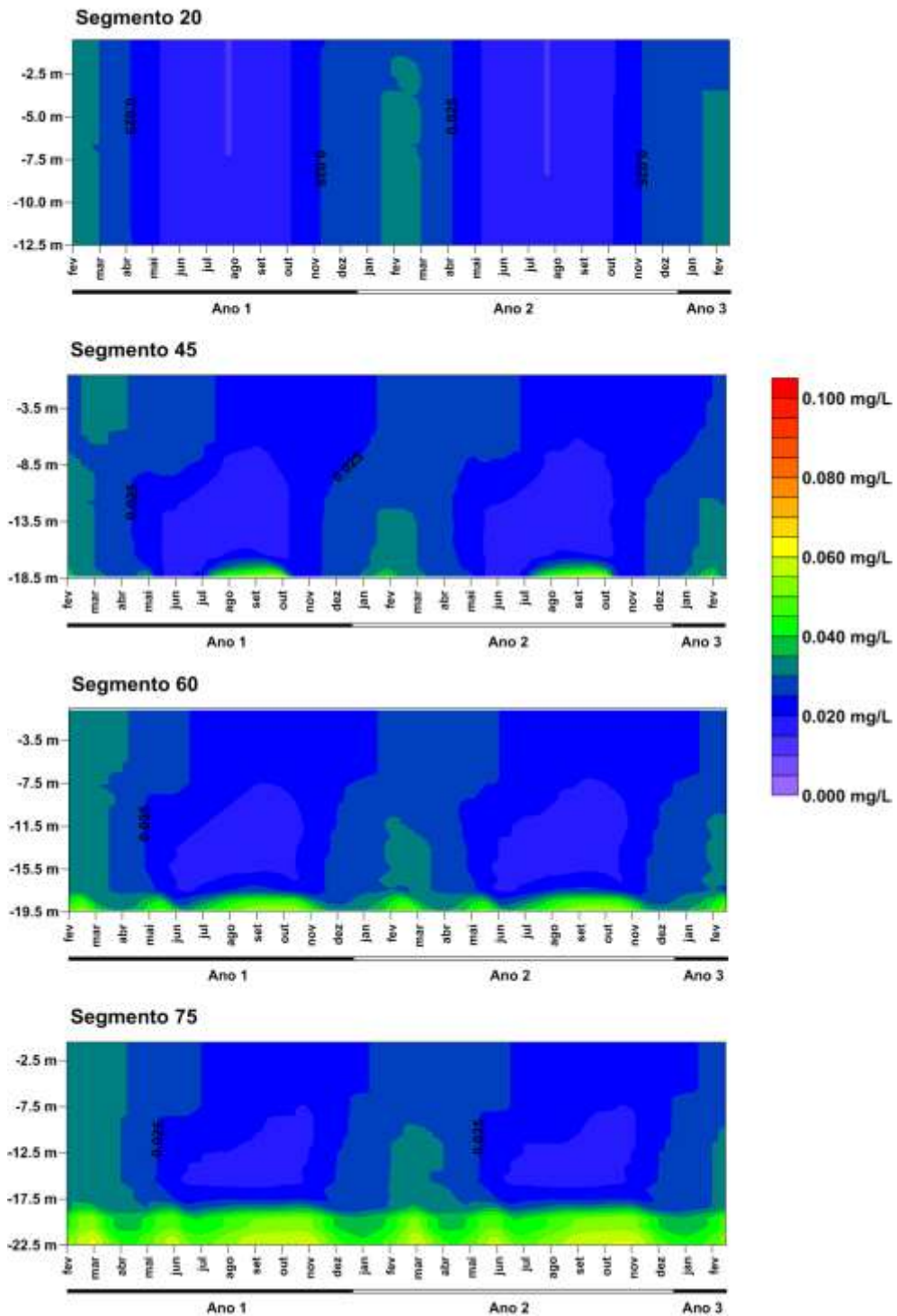


Ilustração 7-180 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

FÓSFORO TOTAL - 75% - CHEIA

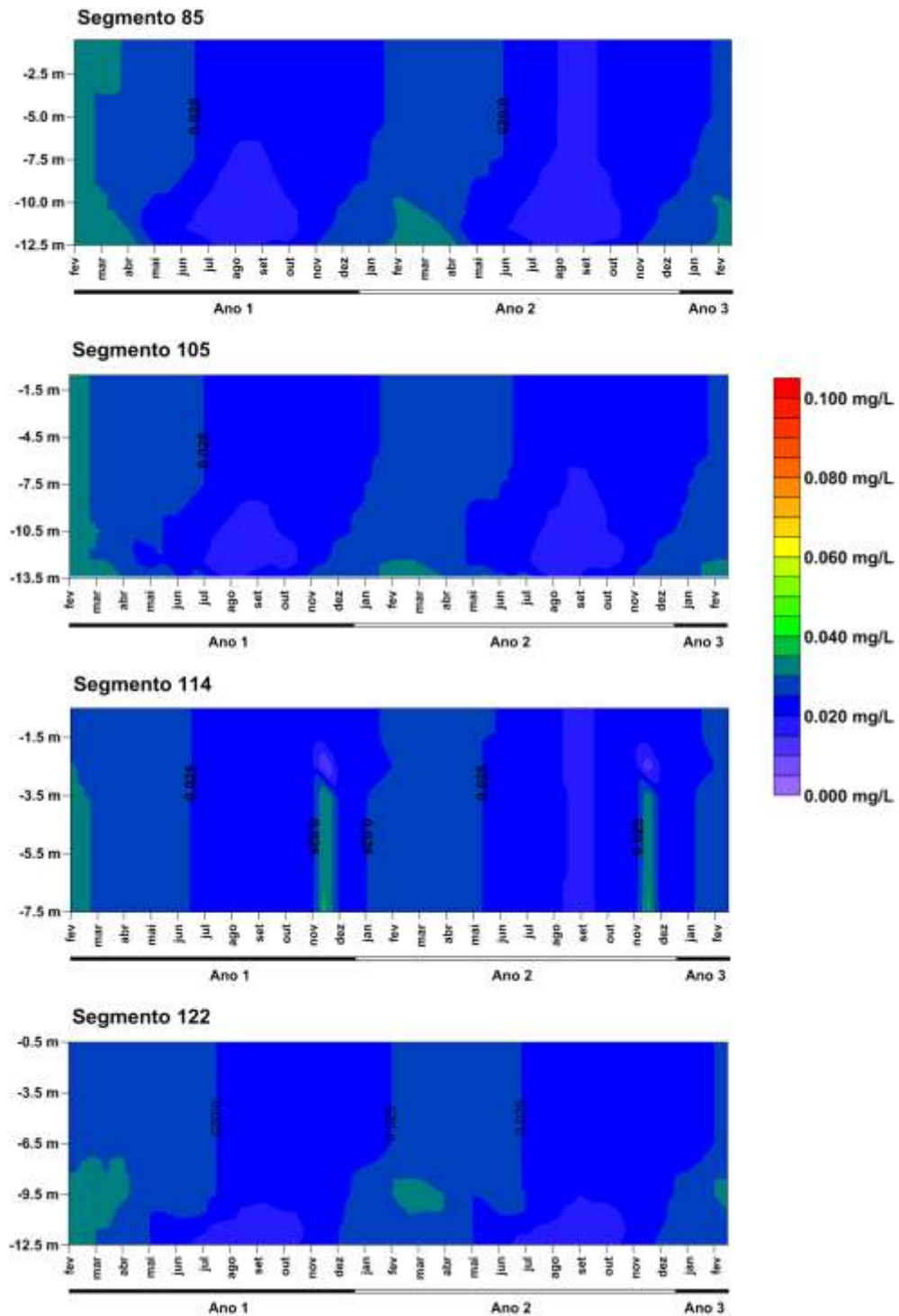


Ilustração 7-181 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 75% - CHEIA

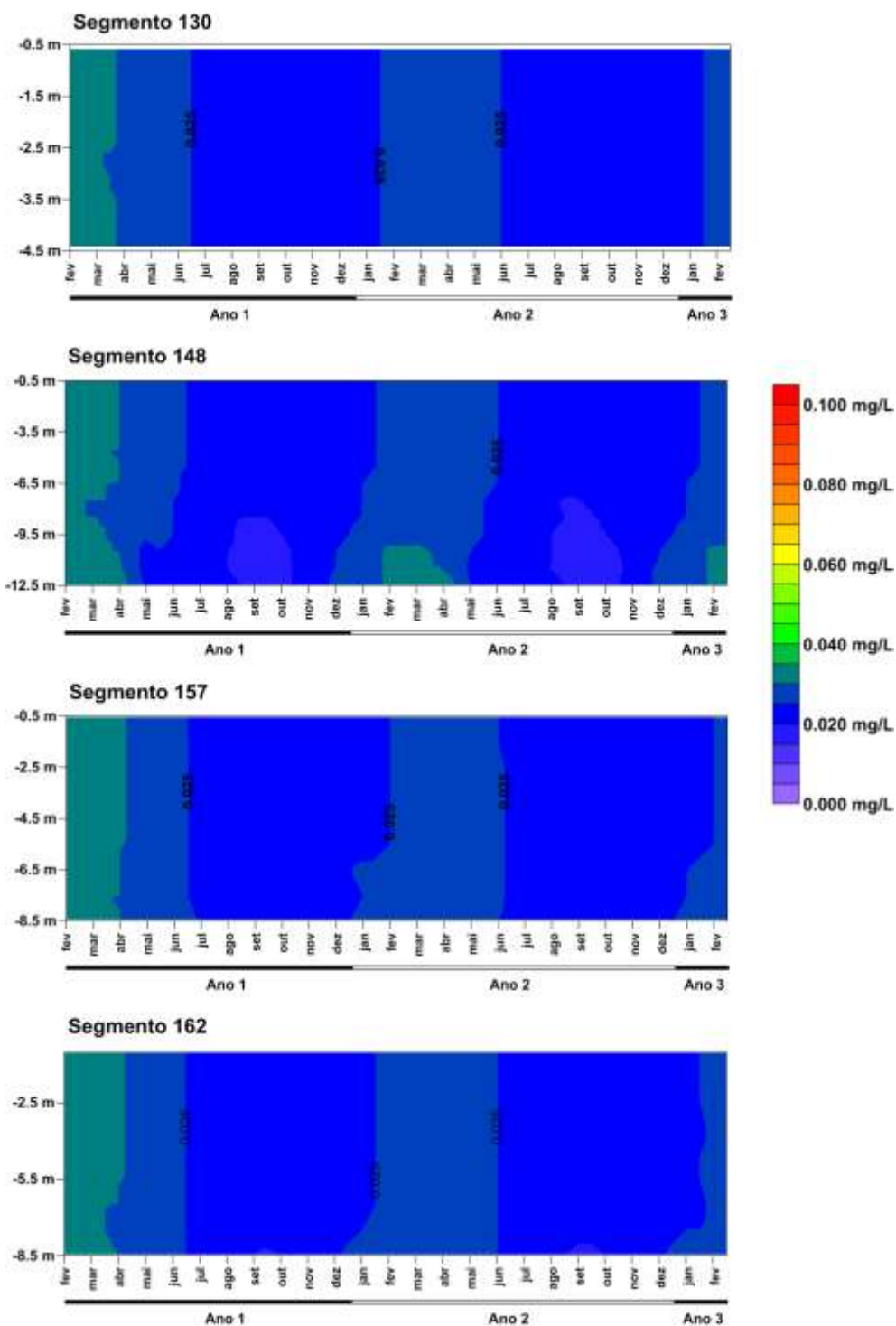


Ilustração 7-182 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 75% - CHEIA

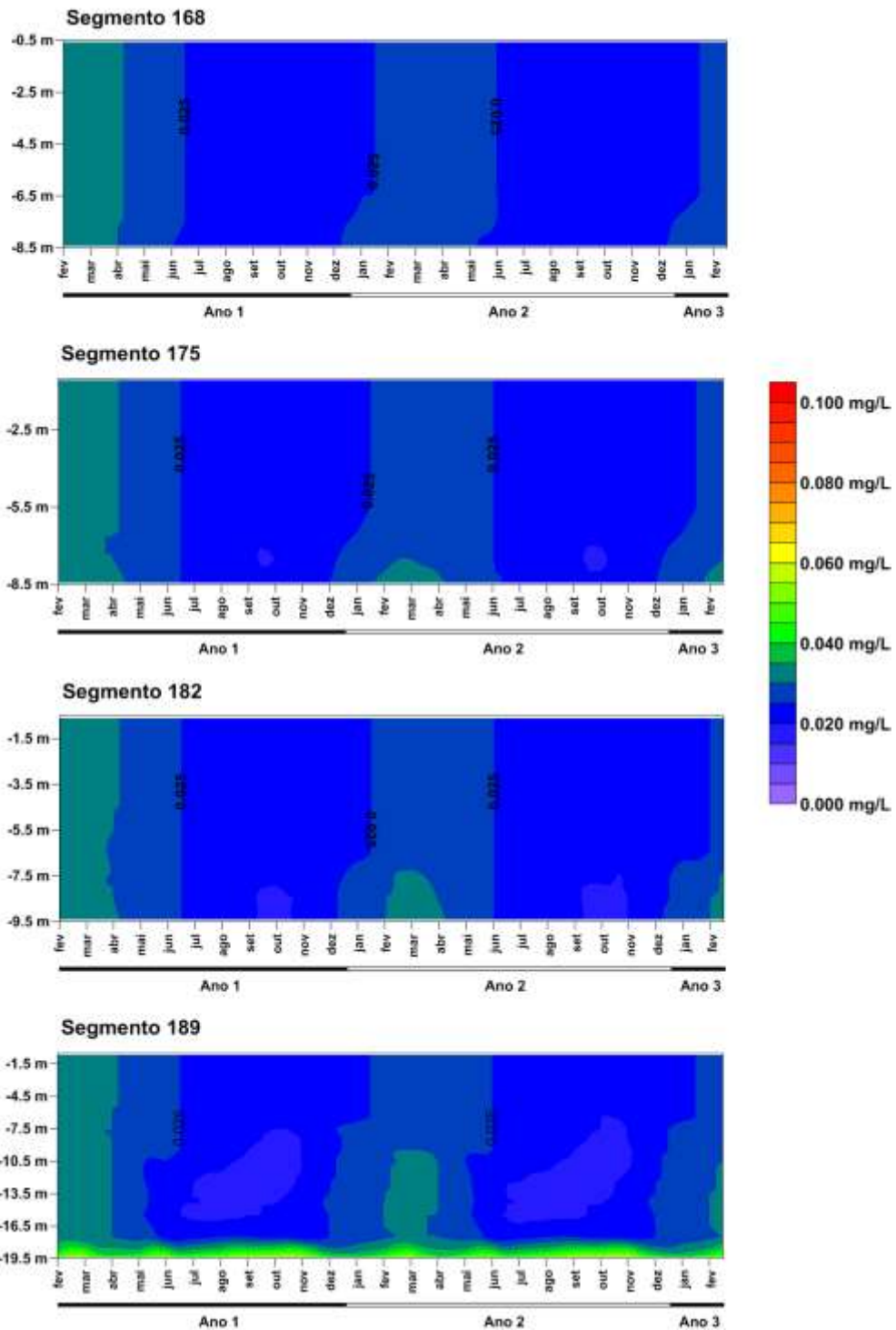


Ilustração 7-183 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Cheia (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 60% - SECA

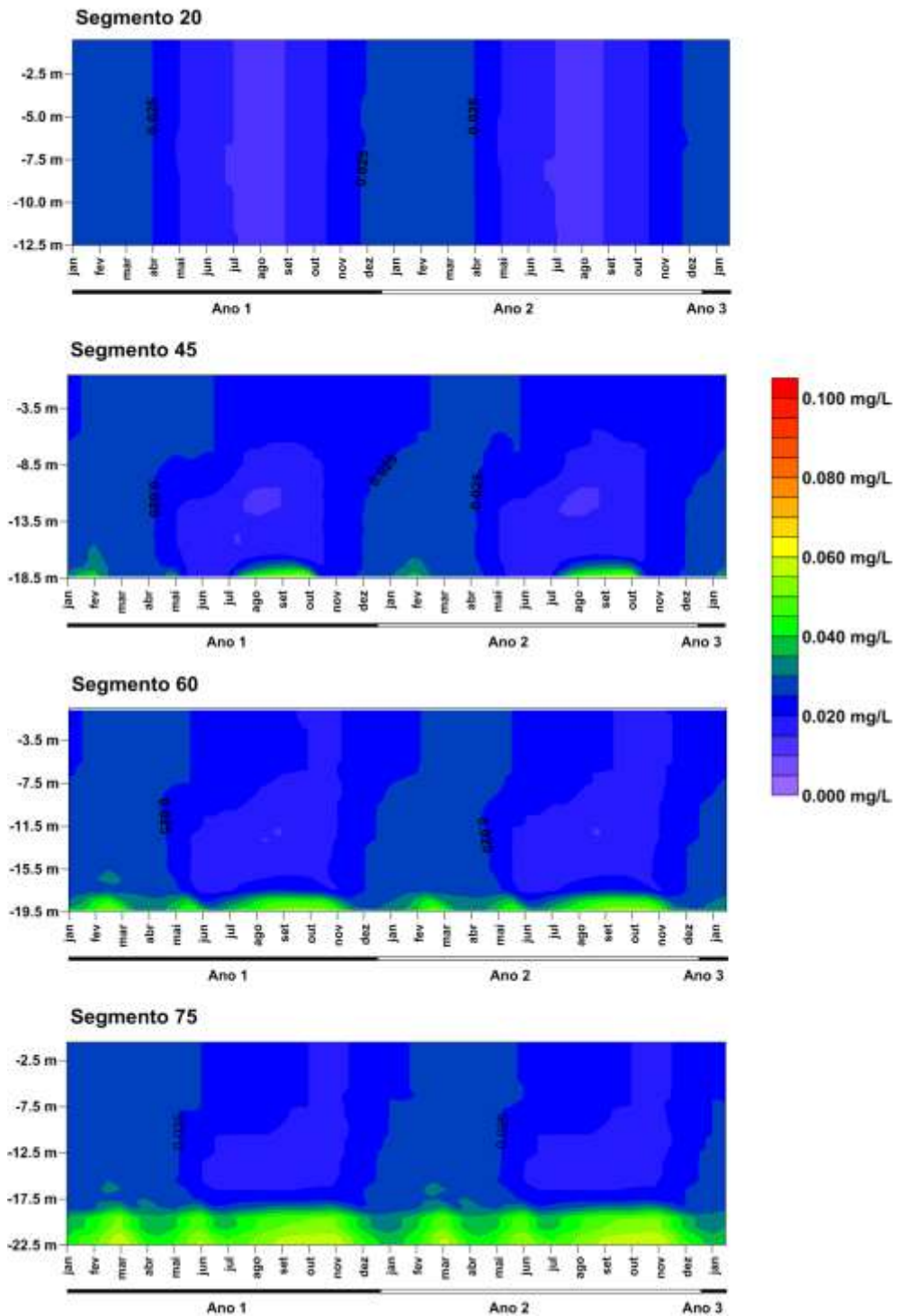


Ilustração 7-184 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60%.

FÓSFORO TOTAL - 60% - SECA

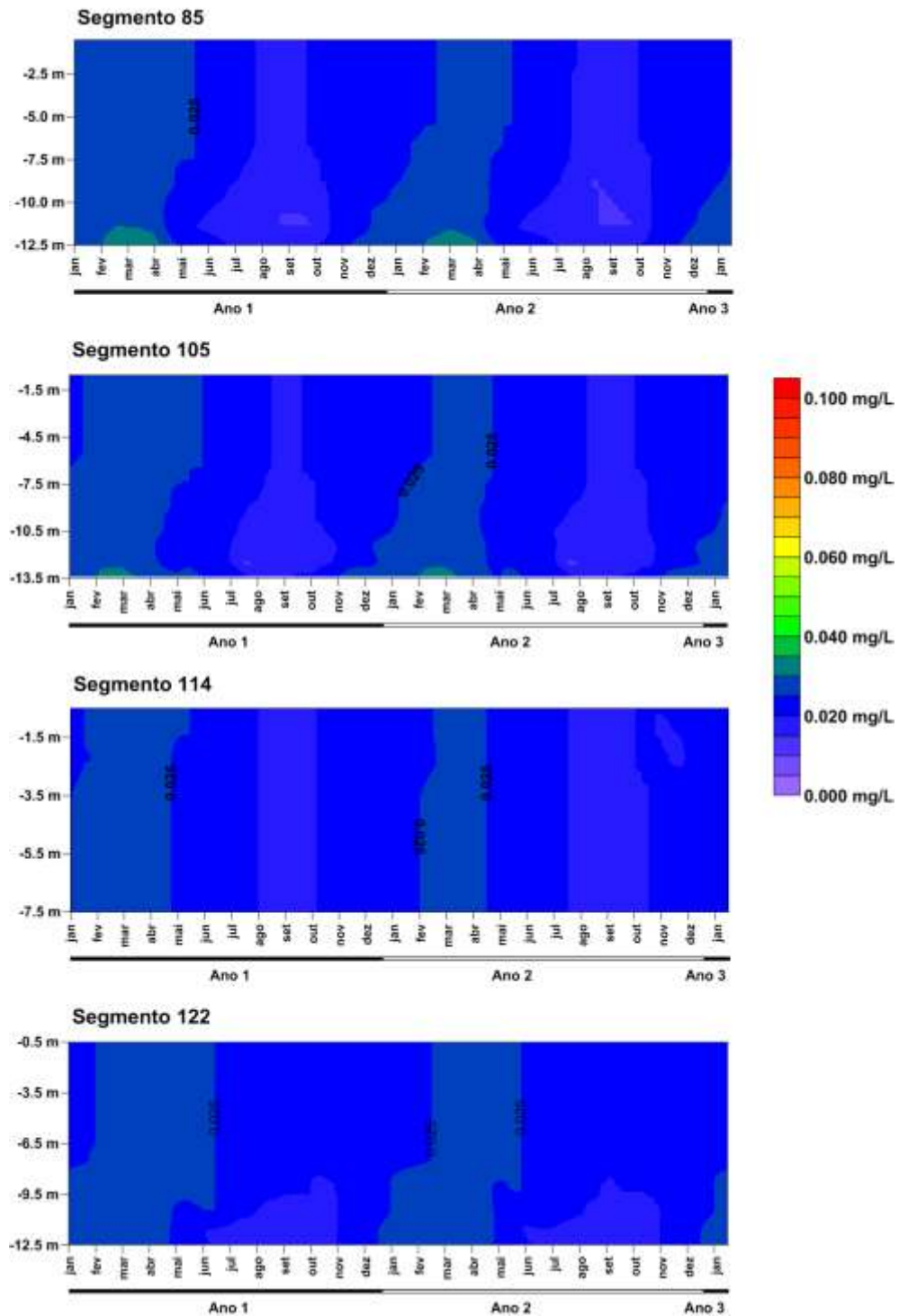


Ilustração 7-185 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 60% - SECA

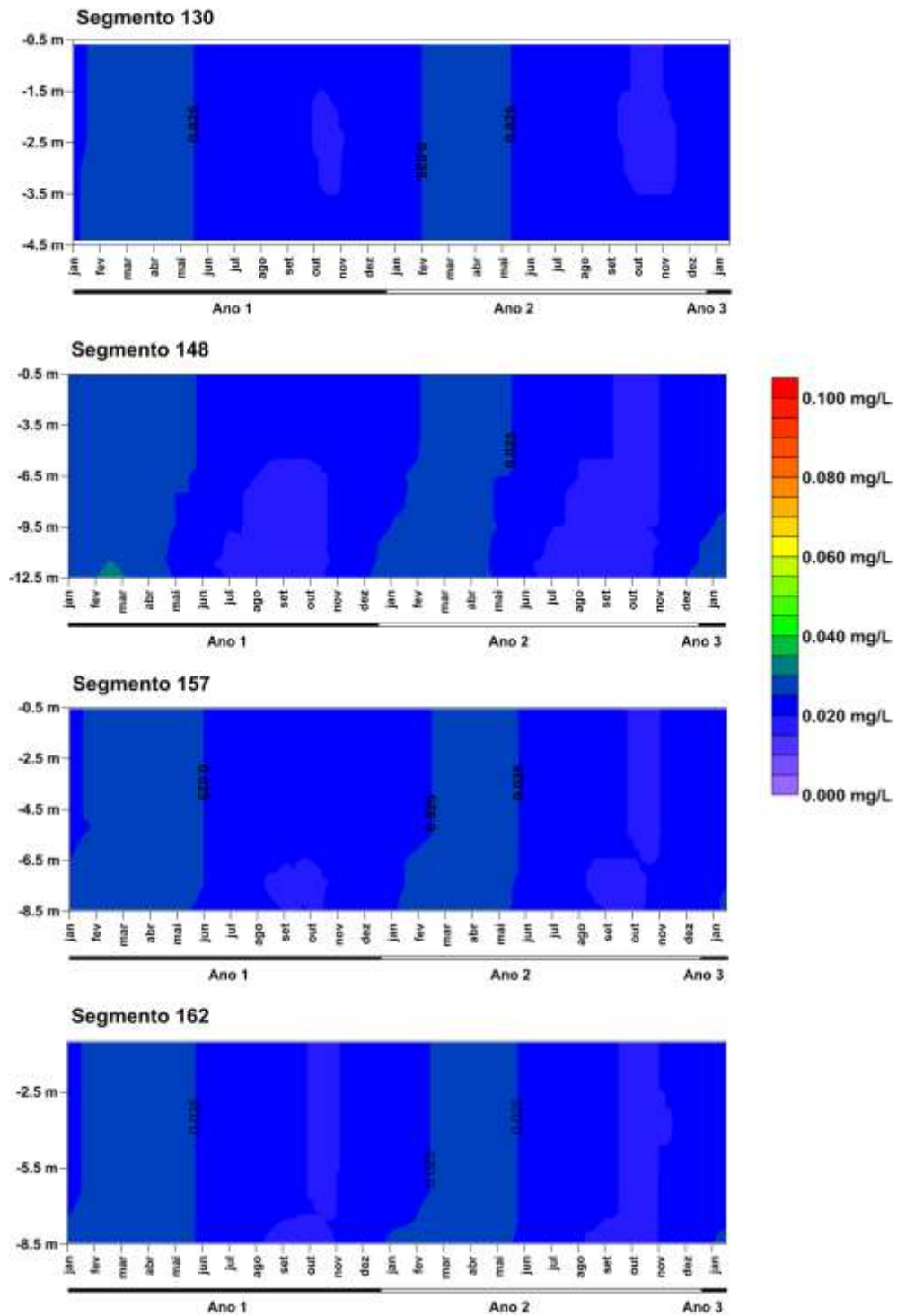


Ilustração 7-186 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 60% - SECA

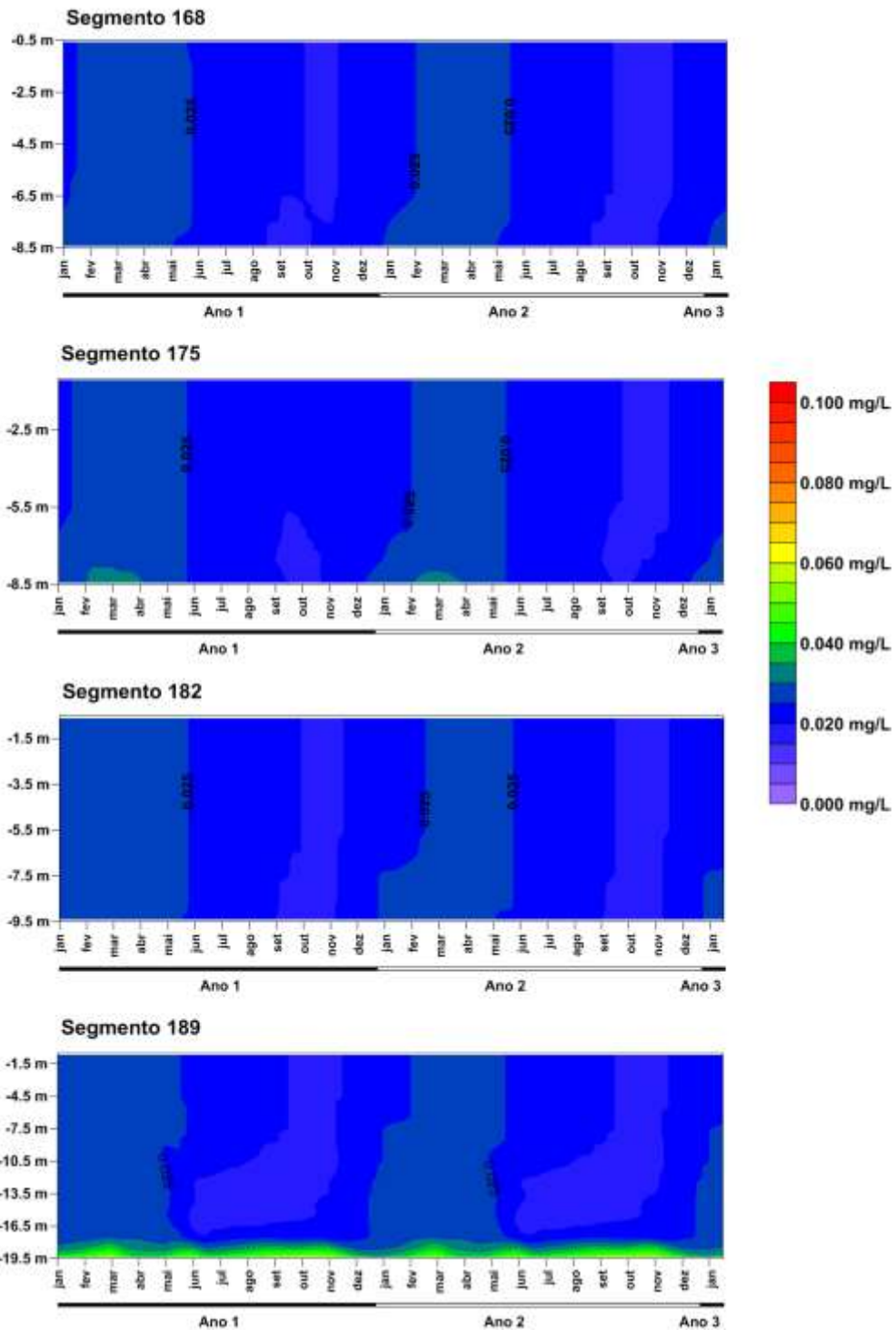


Ilustração 7-187 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 60% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 75% - SECA

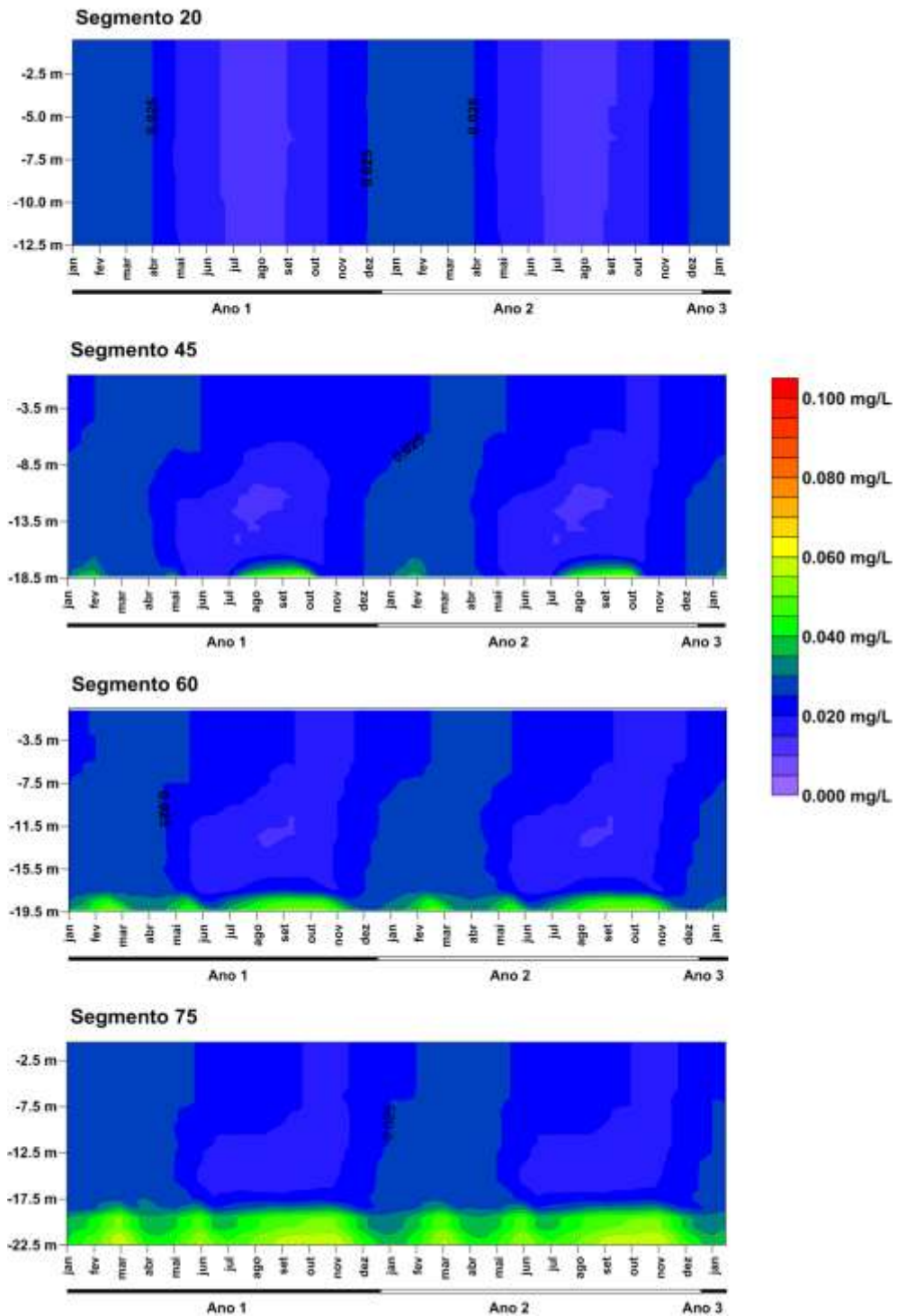


Ilustração 7-188 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75%.

FÓSFORO TOTAL - 75% - SECA

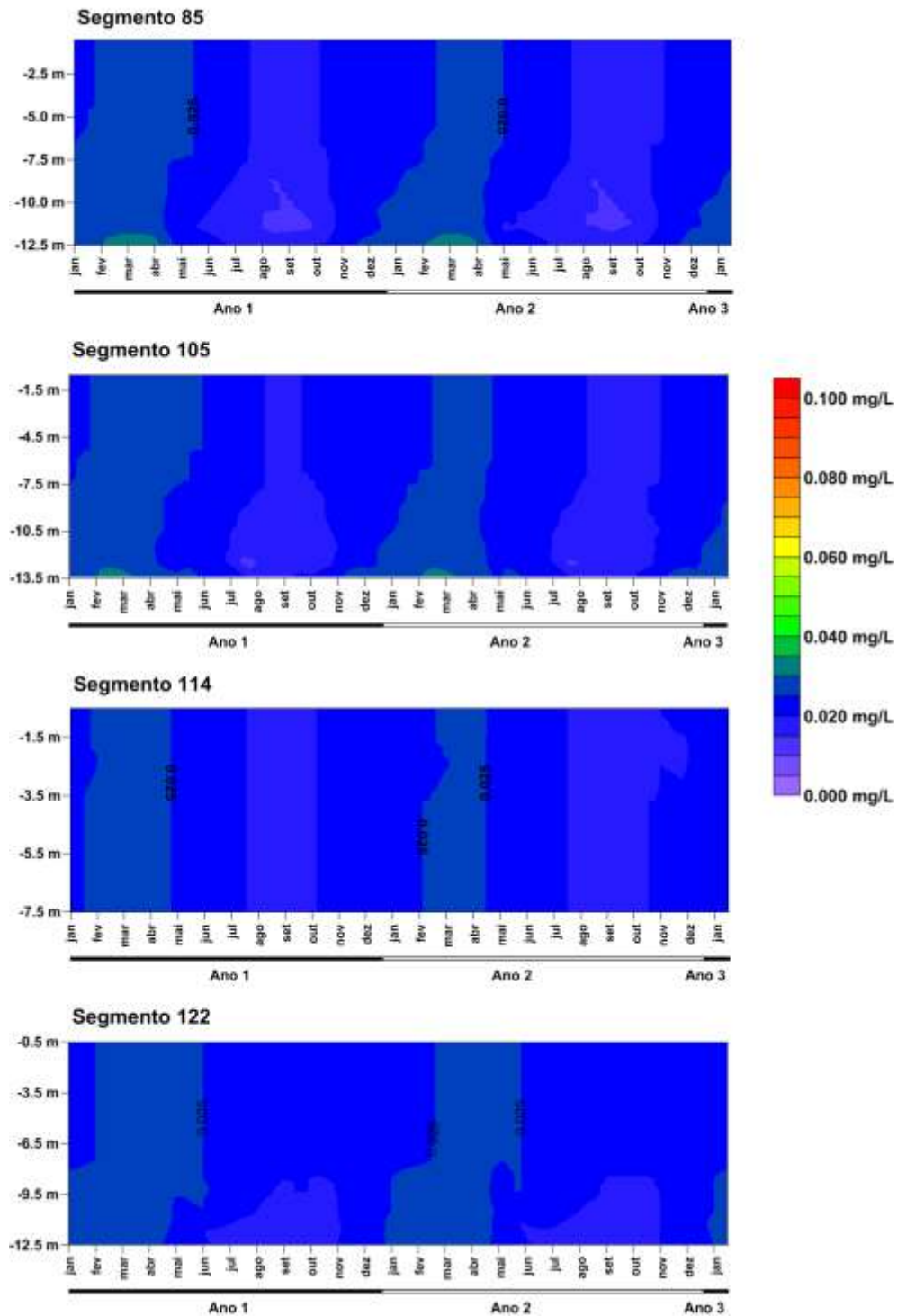


Ilustração 7-189 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 75% - SECA

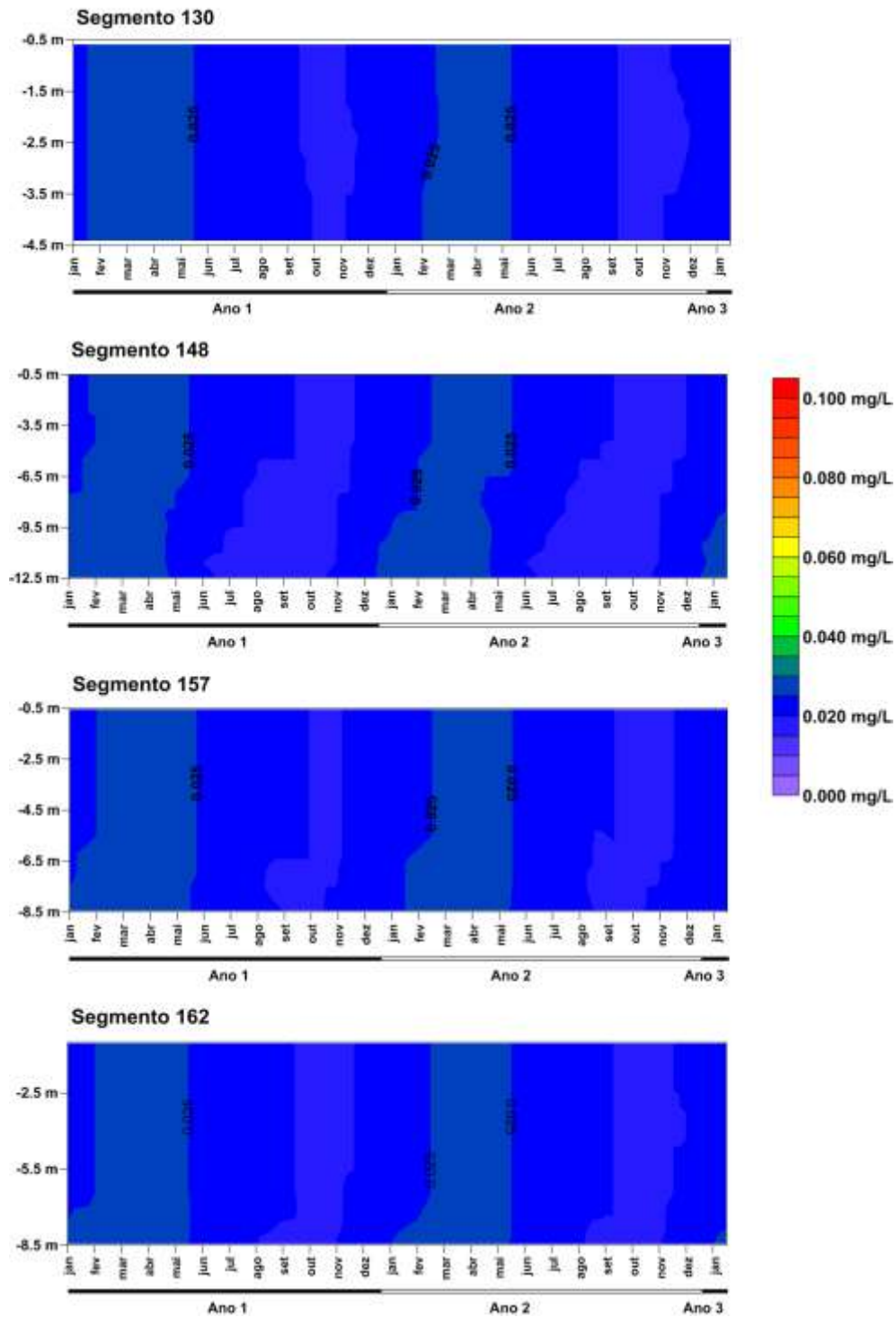


Ilustração 7-190 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

FÓSFORO TOTAL - 75% - SECA

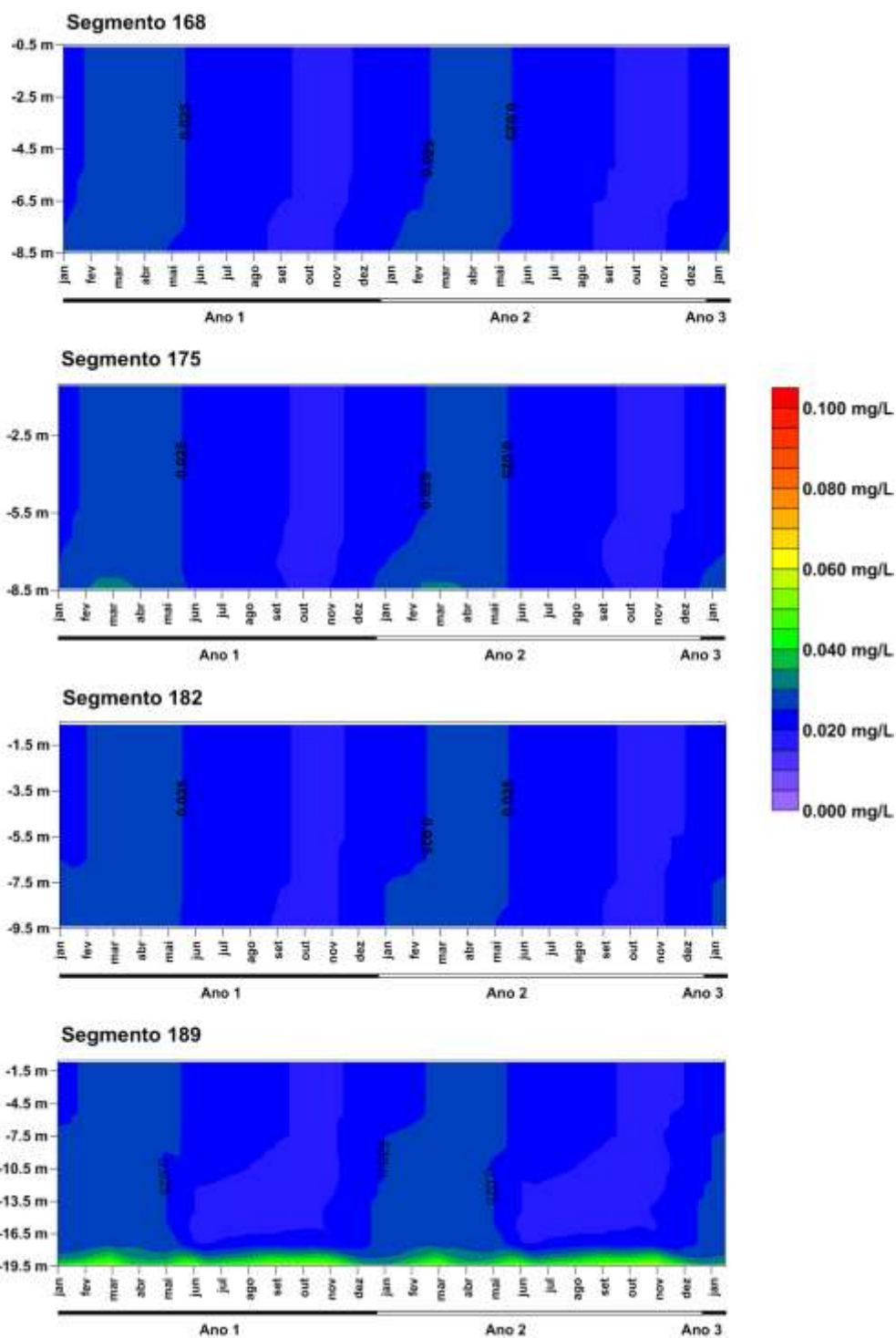


Ilustração 7-191 – Variação do Fósforo Total na fase pós-enchimento, período de Seca (início do enchimento) em seções de controle – 75% (continuação).

7.2.7 Fluxos efluentes através do circuito gerador – tomada d'água

Neste item é avaliada a qualidade das águas que efluem do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento e períodos de enchimento através do circuito gerador – tomada d'água durante a fase de estabilização considerada.

Em termos de Oxigênio Dissolvido – OD (Ilustração 7-192 e Ilustração 7-193 Ilustração 7-97) se verifica que o modelo projeta teores com pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados nos dois períodos de enchimento considerados. Nestes, ao longo do período de simulação verificam-se teores efluentes através do circuito gerador predominantemente característicos de águas da classe 4, estando os períodos mais críticos associados ao período entre os meses de agosto e novembro. Esta condição independe do cenário de desmatamento, melhorando evidentemente, embora sem significância, quando se consideram percentuais mais altos de remoção da biomassa da área de alague, refletindo o processo de estratificação química das águas que se estabelece no reservatório.

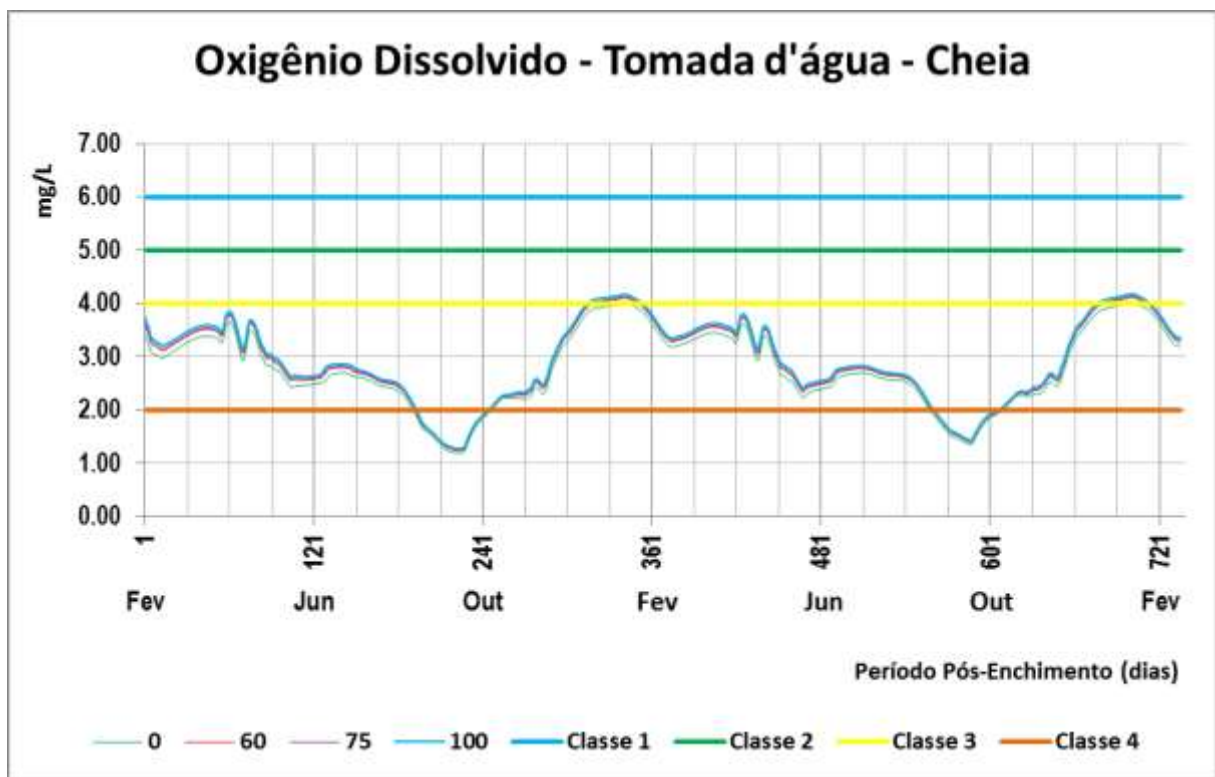


Ilustração 7-192 – Teores de OD efluentes do circuito gerador – tomada d'água do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

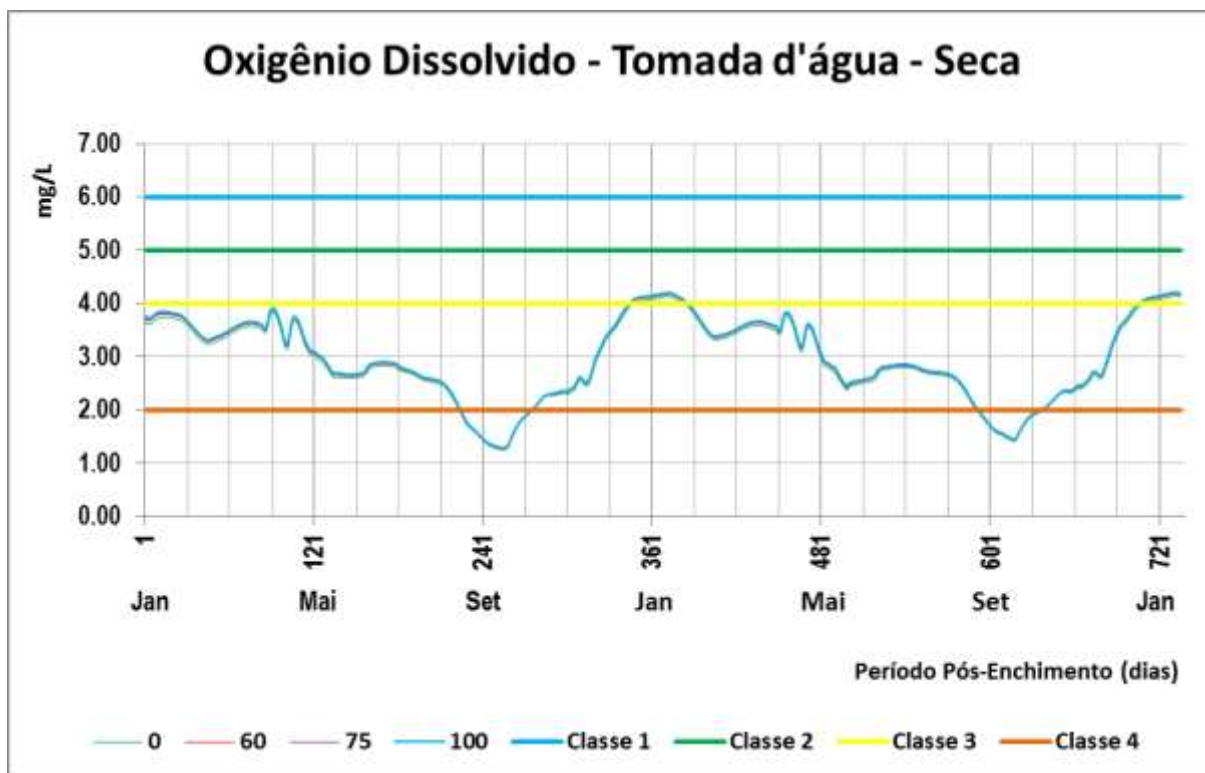


Ilustração 7-193 – Teores de OD efluentes do circuito gerador – tomada d'água do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

Em relação ao conteúdo nitrogenado se verifica que o modelo projeta teores com pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados, tanto para o NTK (Ilustração 7-194 e Ilustração 7-195) quanto para os teores de Nitrato+Nitrito (Ilustração 7-196 e Ilustração 7-197). Os teores mais elevados de NTK ocorrem no período de agosto a novembro, onde os teores de OD são mais baixos, enquanto que os teores de Nitrato+Nitrito apresentam comportamento contrário, sendo mais reduzidos entre agosto e novembro.

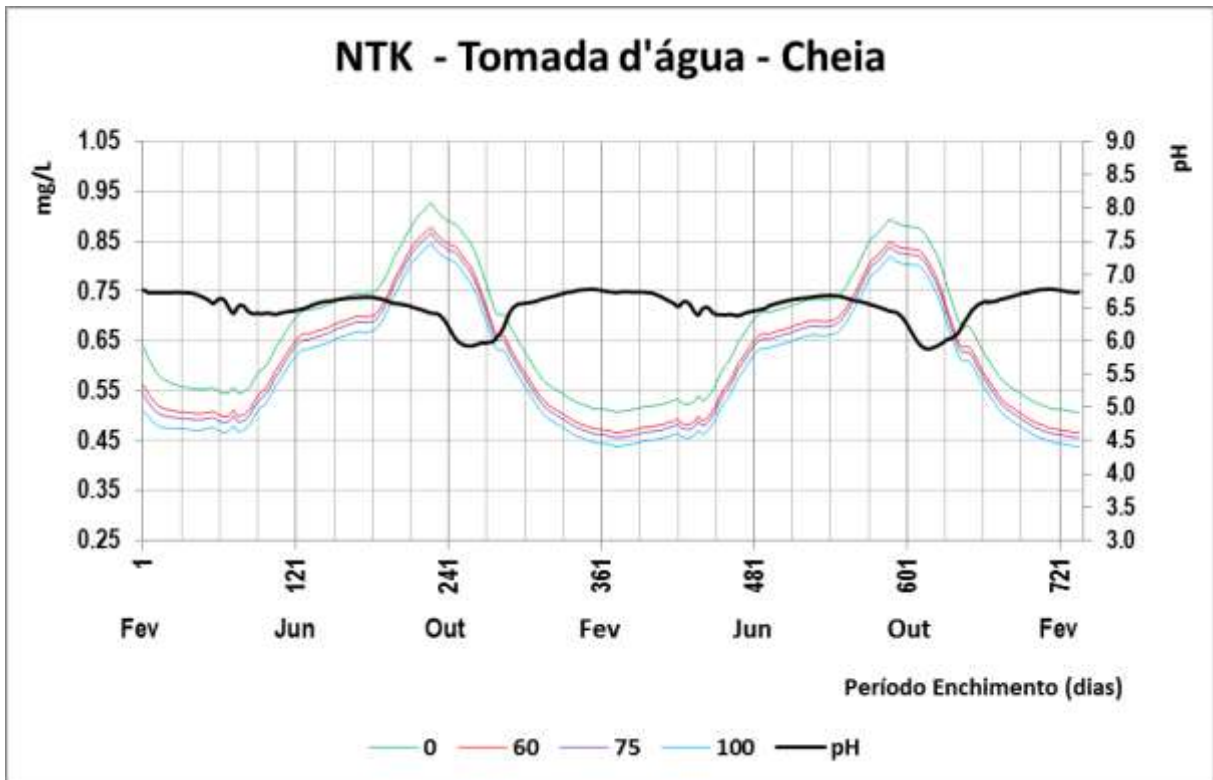


Ilustração 7-194 – Teores de NTK efluentes do circuito gerador – tomada d'água do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

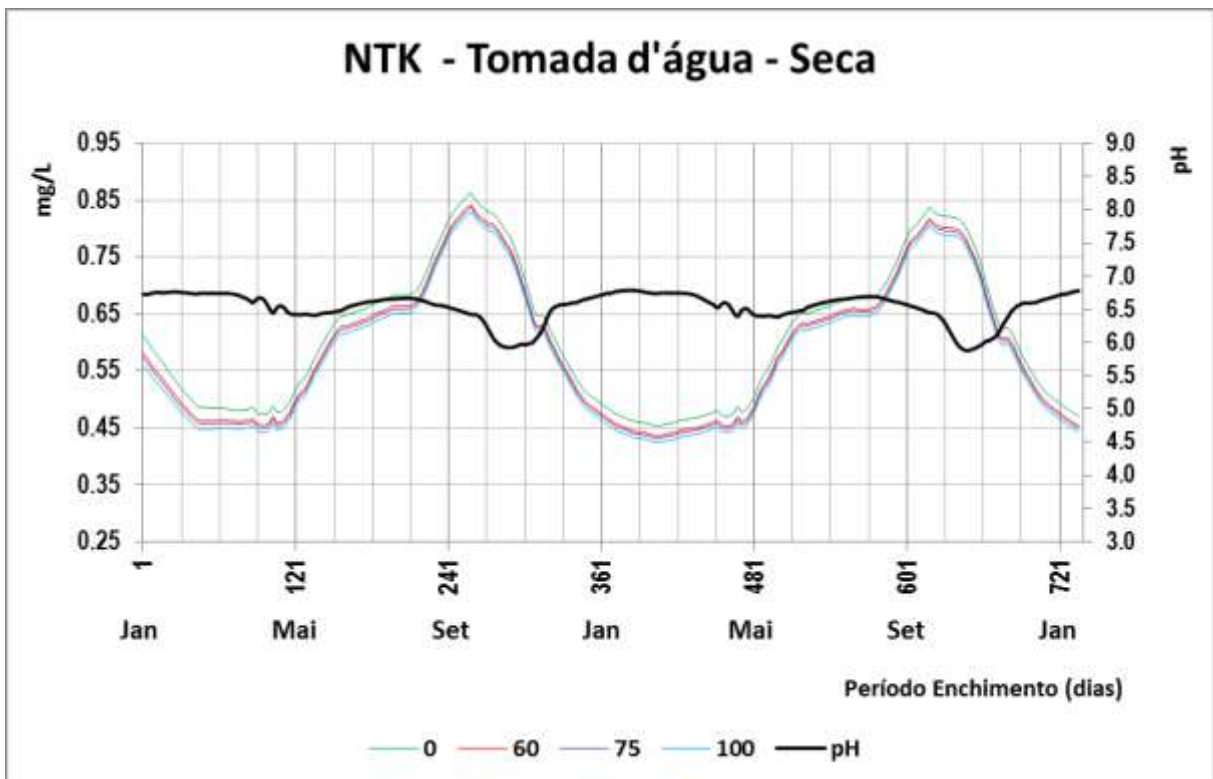


Ilustração 7-195 – Teores de NTK efluentes do circuito gerador – tomada d'água do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

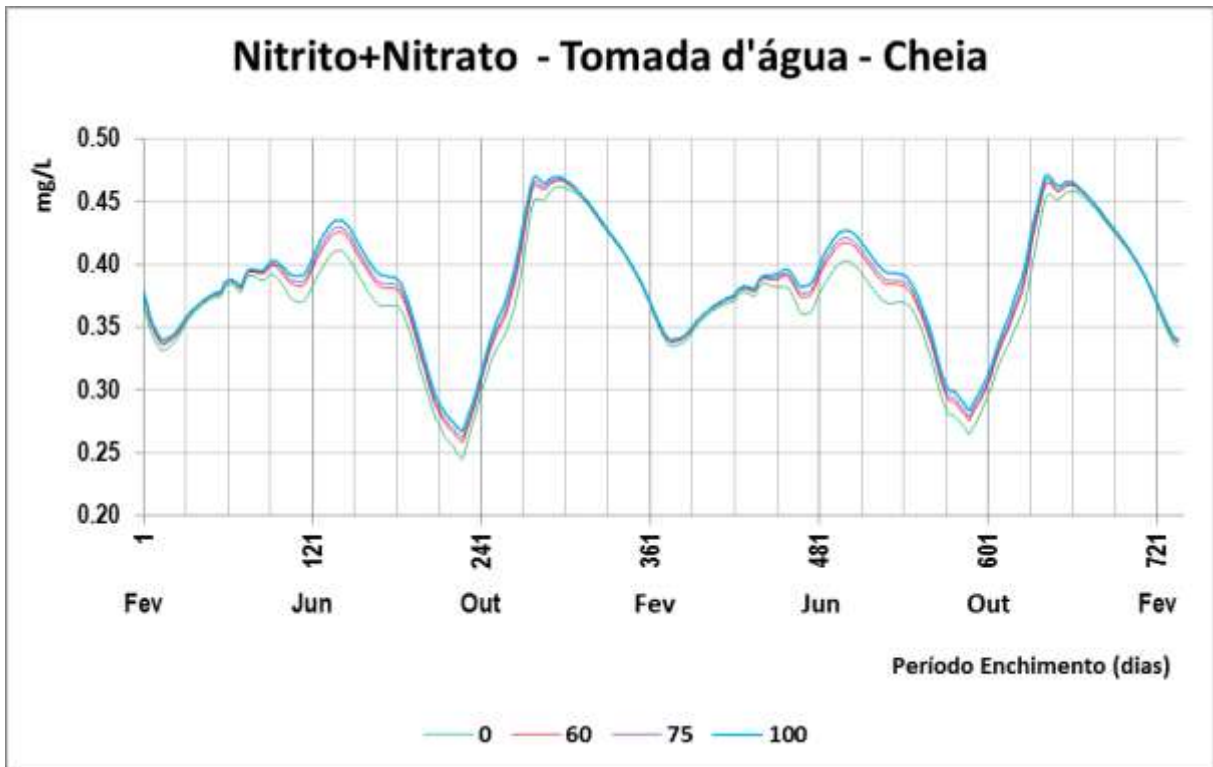


Ilustração 7-196 – Teores de Nitrato+Nitrito do circuito gerador – tomada d'água efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

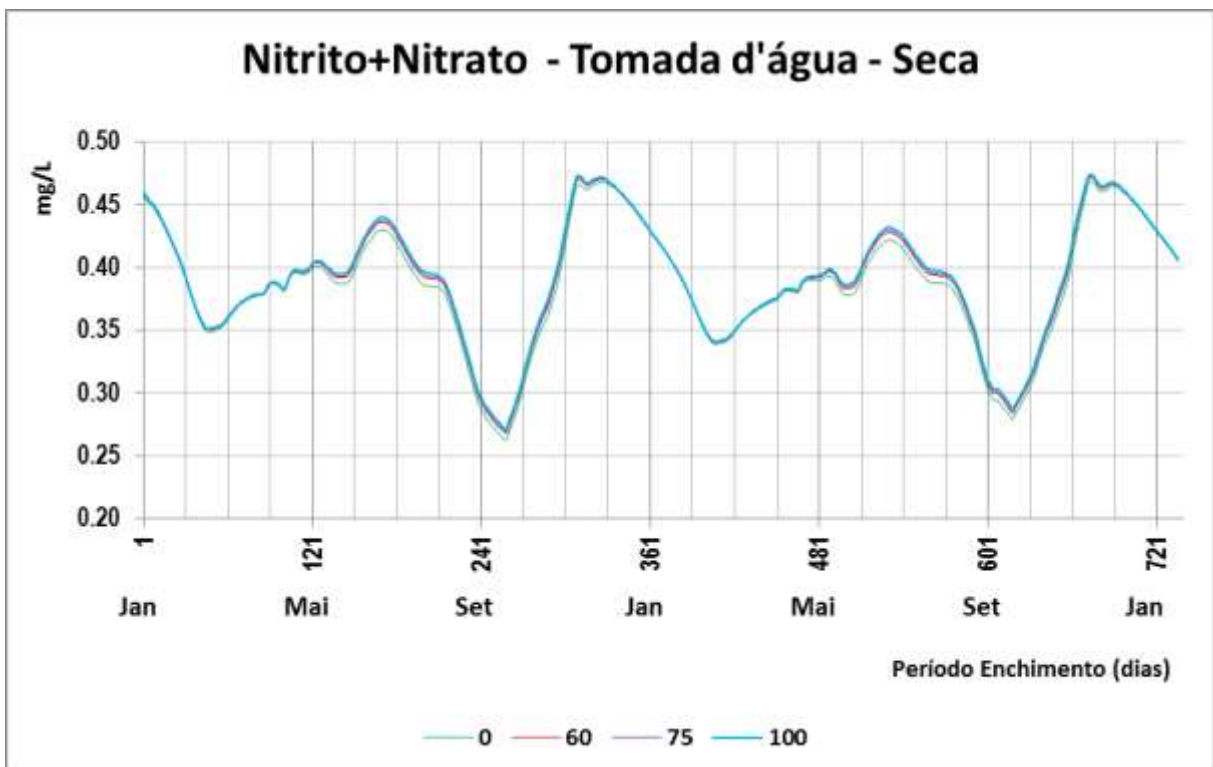


Ilustração 7-197 – Teores de Nitrato+Nitrito do circuito gerador – tomada d'água efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

Em termos de Fósforo Total (Ilustração 7-198 e Ilustração 7-199), verifica-se pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados nos diferentes períodos de enchimento considerados, sendo o cenário mais restrito aquele associado a não remoção da vegetação com enchimento em período de cheia, ainda que pouco significativo quando comparado aos demais. Em termos de atendimento de classe os teores de fósforo total efluentes através do circuito gerador – tomada d'água são predominantemente representativos de águas da classe 2 com relação a ambientes lênticos, conforme Resolução Conama N° 357/05.

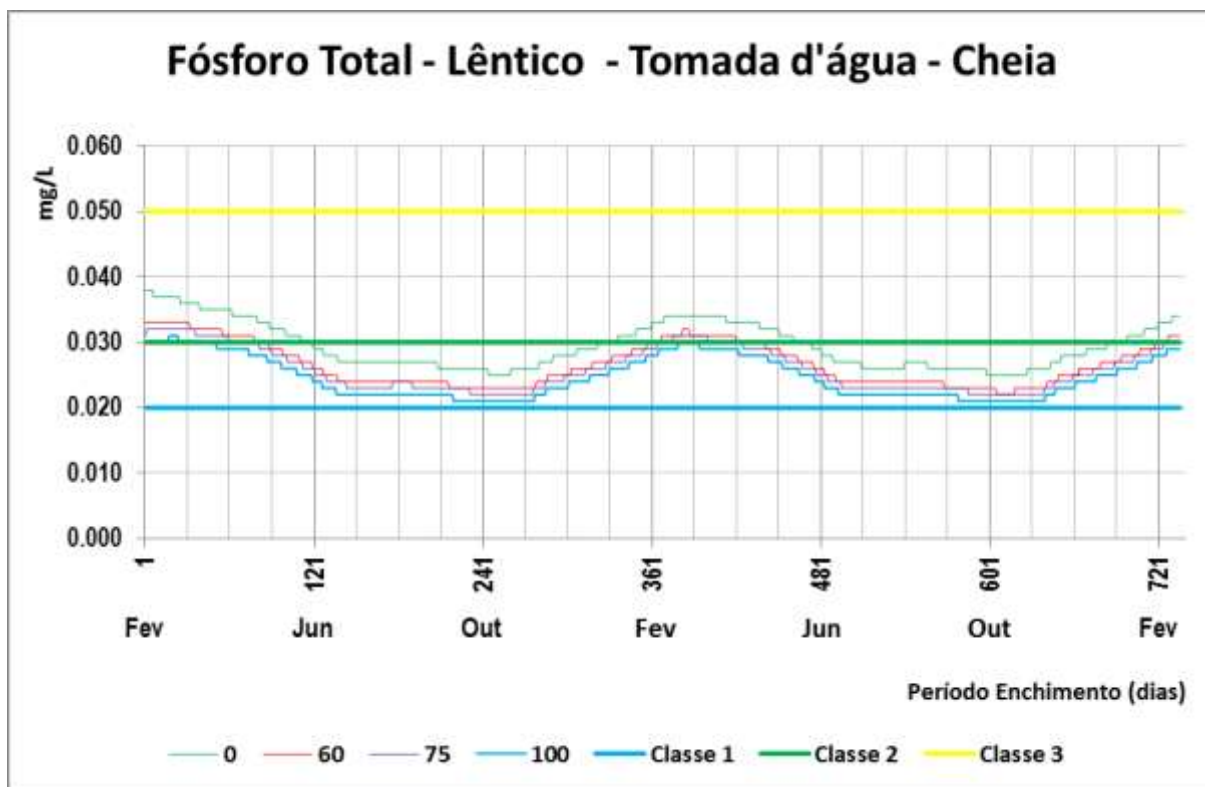


Ilustração 7-198 – Teores de Fósforo Total efluentes do circuito gerador – tomada d'água do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Cheia.

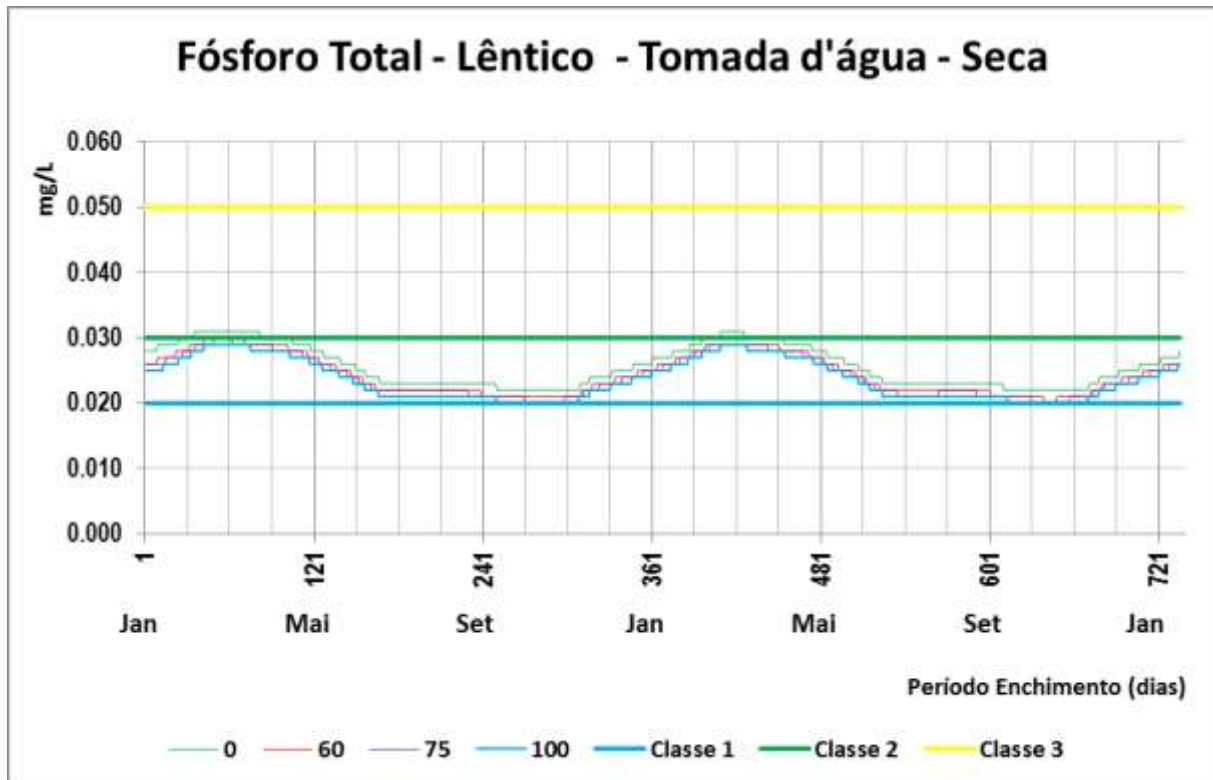


Ilustração 7-199 – Teores de Fósforo Total do circuito gerador – tomada d'água efluentes do sistema do AHE Canto do Rio nos diferentes cenários de desmatamento – Período de Seca.

7.3 QUALIDADE DAS ÁGUAS A JUSANTE DO BARRAMENTO

De modo a avaliar a qualidade das águas a jusante do barramento, o modelo CE-Qual-W2 foi discretizado em 56 segmentos interpolando-se linearmente seções topobatimétricas de referência em um trecho da ordem de 22,2 km, cujos comprimentos variam de 25m a 460m em camadas de 0,5m. Para ilustração da variação espaço-temporal dos aspectos qualitativos foram graficados os resultados dos diferentes cenários e períodos de enchimento associados a 4 segmentos de controle, quais sejam: Segmento 2 localizado no início do trecho de jusante; segmento 7 localizado 2km a jusante do barramento; segmento 27 localizado a 10,7 km a jusante do barramento; e segmento 55 localizado a 22,2km a jusante do barramento.

Em termos de Oxigênio Dissolvido – OD (Ilustração 7-200 a Ilustração 7-207) se verifica que o modelo projeta teores com pouca variação entre os cenários de desmatamento avaliados nos dois períodos de enchimento considerados. Verifica-se também que nos períodos de vertimento ocorre aumento dos níveis de OD junto ao segmento 2, mas os mesmos são reduzidos rapidamente para jusante a medida que se desenvolve o Rio Parnaíba. Ao longo do trecho simulado é possível verificar um leve incremento nas concentrações de OD para jusante em função do processo de reaeração do sistema. Os teores são predominantemente característicos de águas das classes 4 e 3, estando os períodos mais críticos associados ao período entre os meses de agosto e novembro. Os teores de DBO não foram graficados dada a baixa significância dos valores efluentes do reservatório que são inferiores a 1,0 mg/L em todos os cenários.

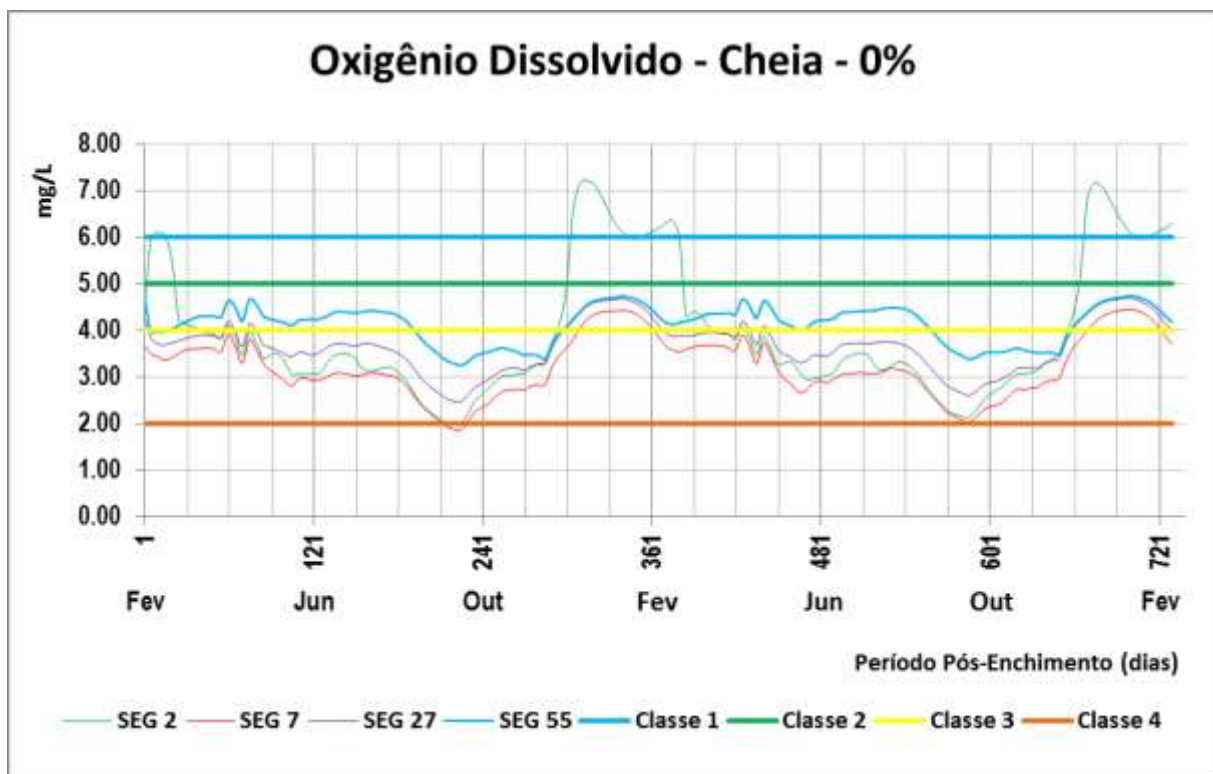


Ilustração 7-200 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Cheia – 0%.

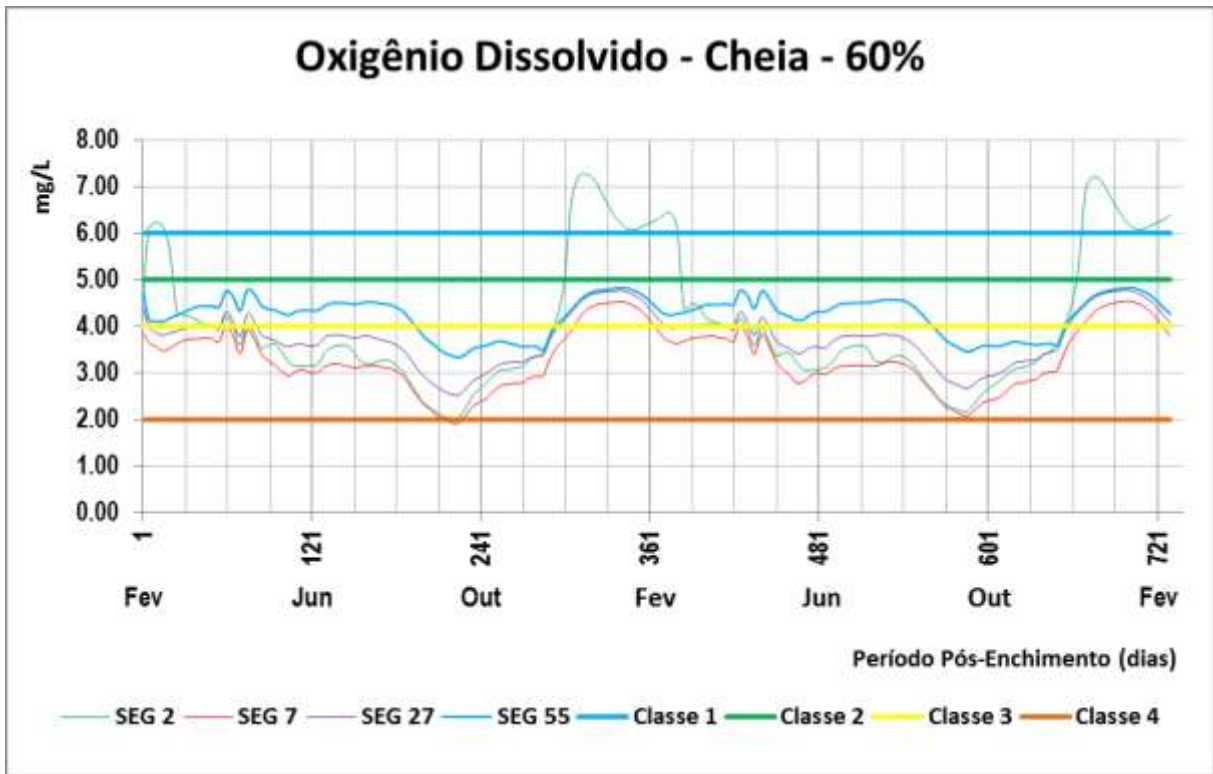


Ilustração 7-201 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Cheia – 60%.

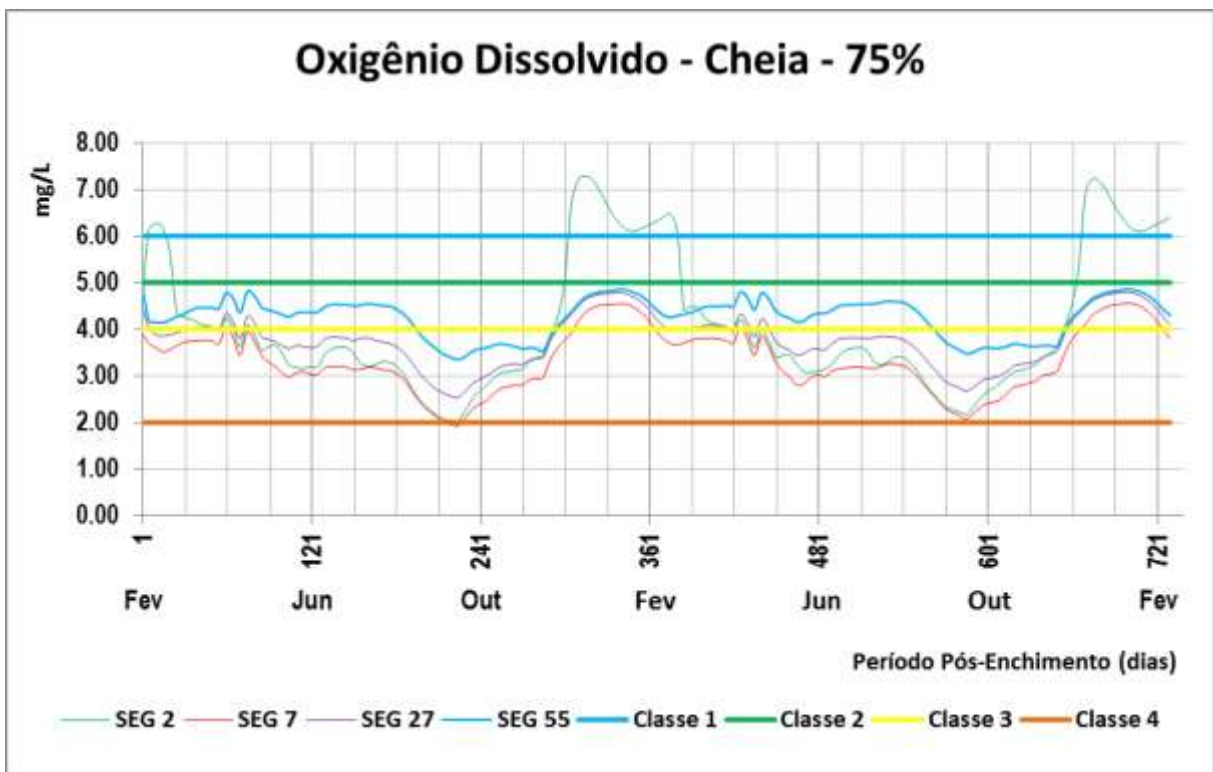


Ilustração 7-202 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Cheia – 75%.

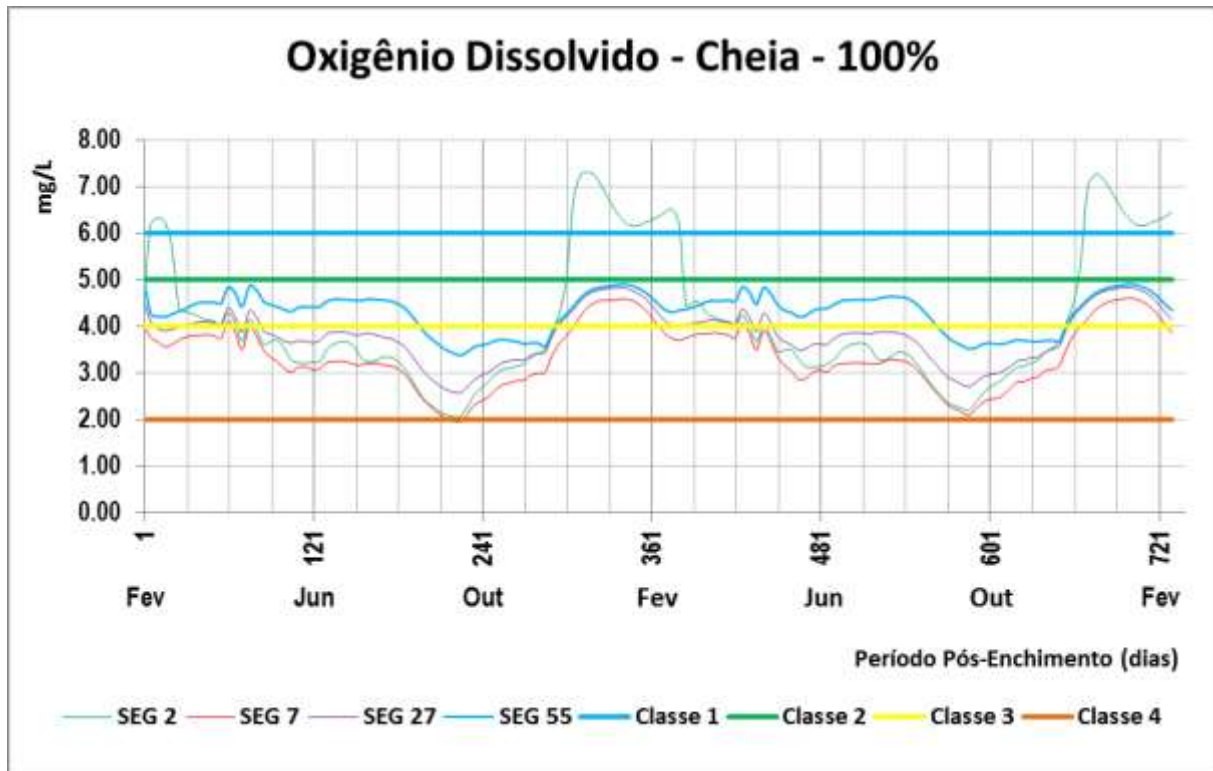


Ilustração 7-203 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Cheia – 100%.

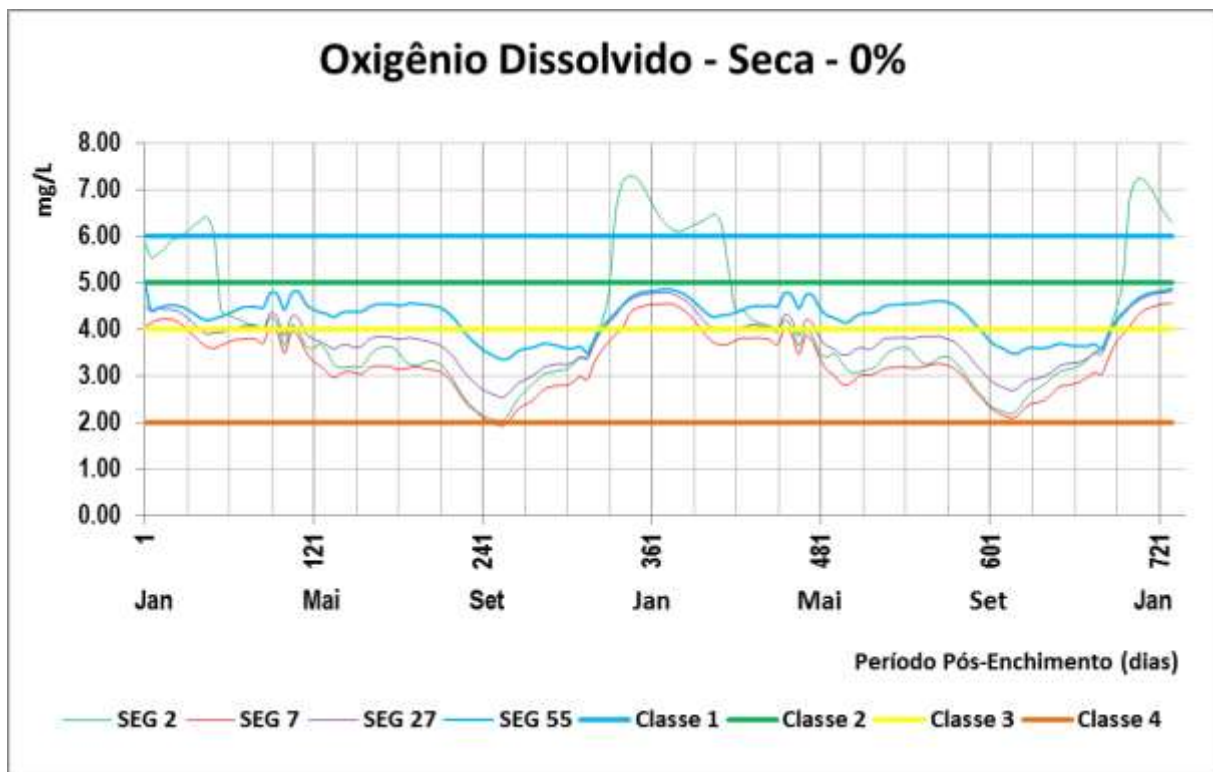


Ilustração 7-204 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Seca – 0%.

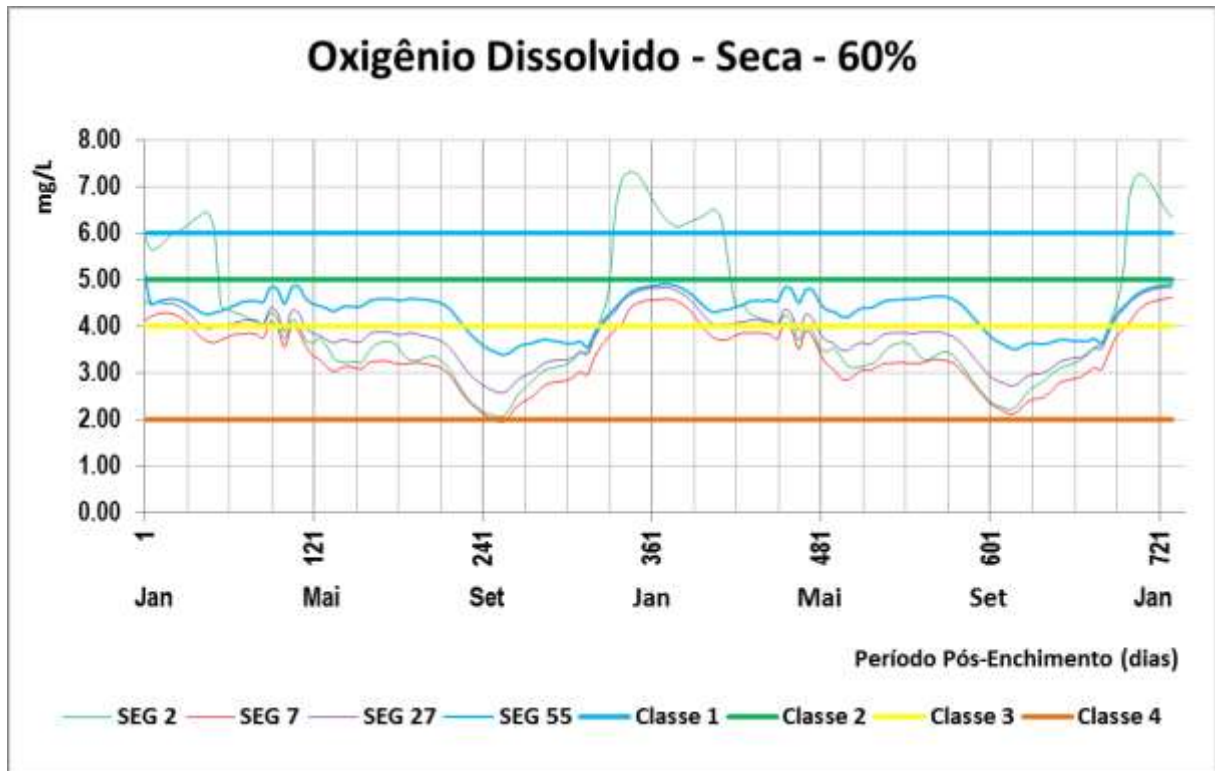


Ilustração 7-205 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Seca – 60%.

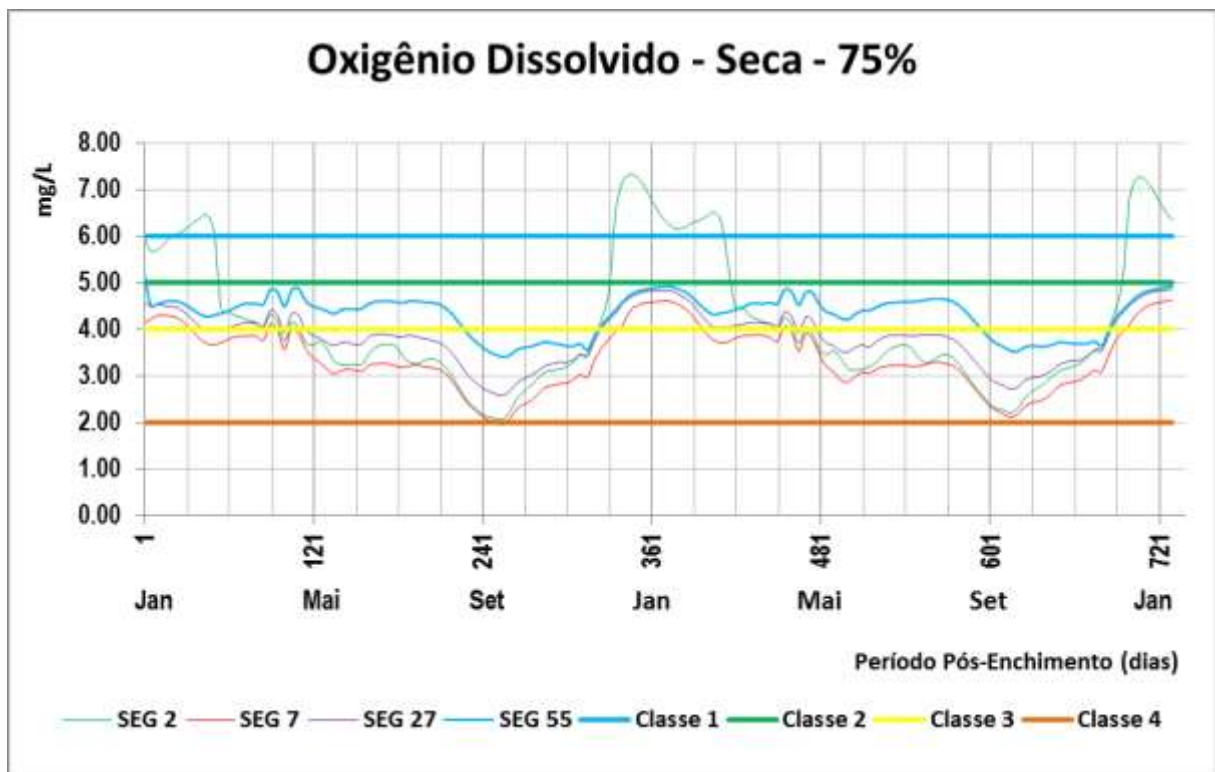


Ilustração 7-206 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Seca – 75%.

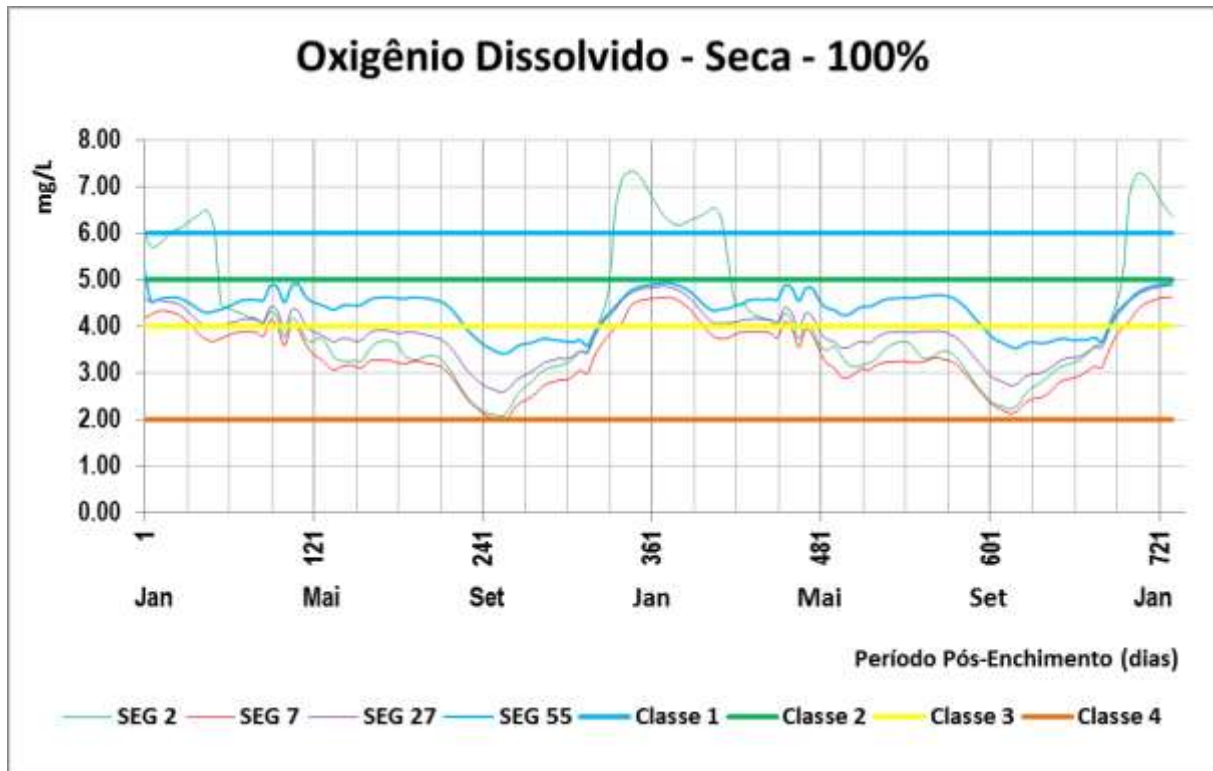


Ilustração 7-207 – Teores de OD a jusante do barramento – Período de Seca – 100%.

Em relação ao conteúdo nitrogenado se verifica que o modelo projeta também teores com pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados, tanto para o NTK (Ilustração 7-208 a Ilustração 7-215) quanto para os teores de Nitrato+Nitrito (Ilustração 7-216 e Ilustração 7-223). Os teores mais elevados de NTK ocorrem no período de agosto a novembro, onde os teores de OD são mais baixos, enquanto que os teores de Nitrato+Nitrito apresentam comportamento contrário, sendo mais reduzidos entre agosto e novembro. Ambas as variáveis tendem a incrementar seus teores para jusante, ainda que de forma pouco significativa.

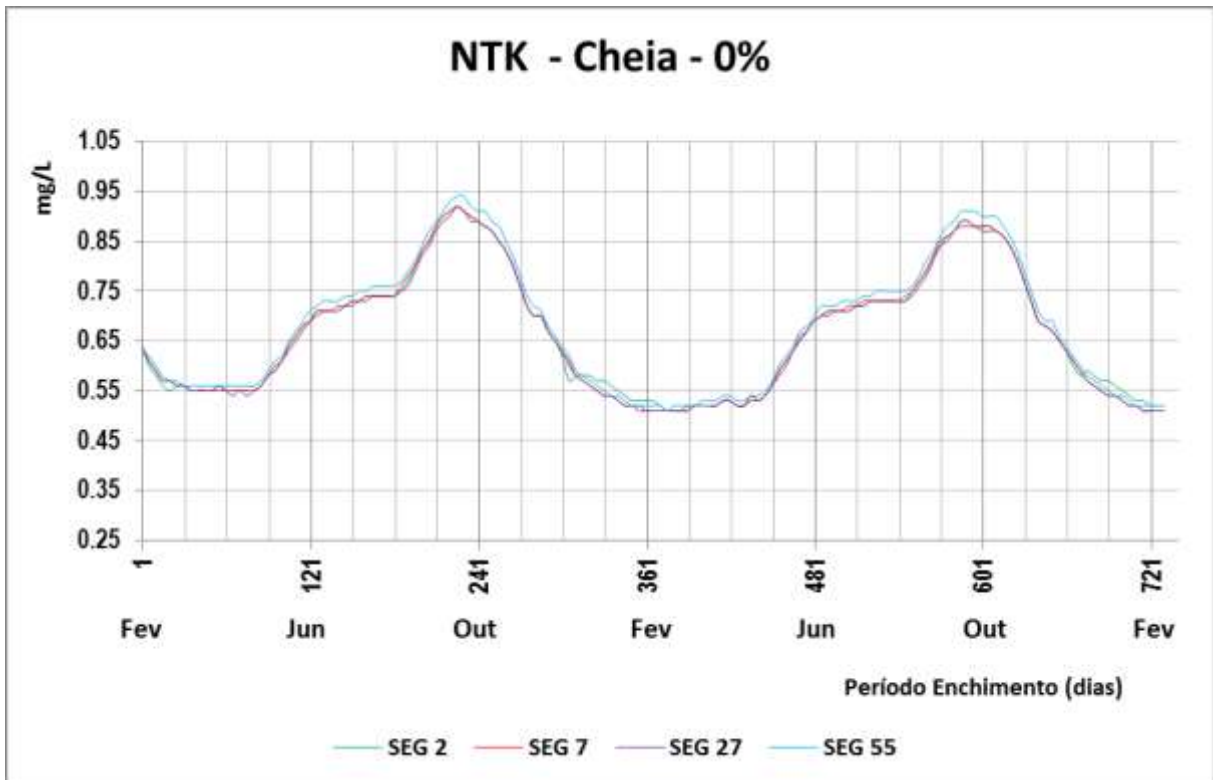


Ilustração 7-208 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Cheia – 0%.

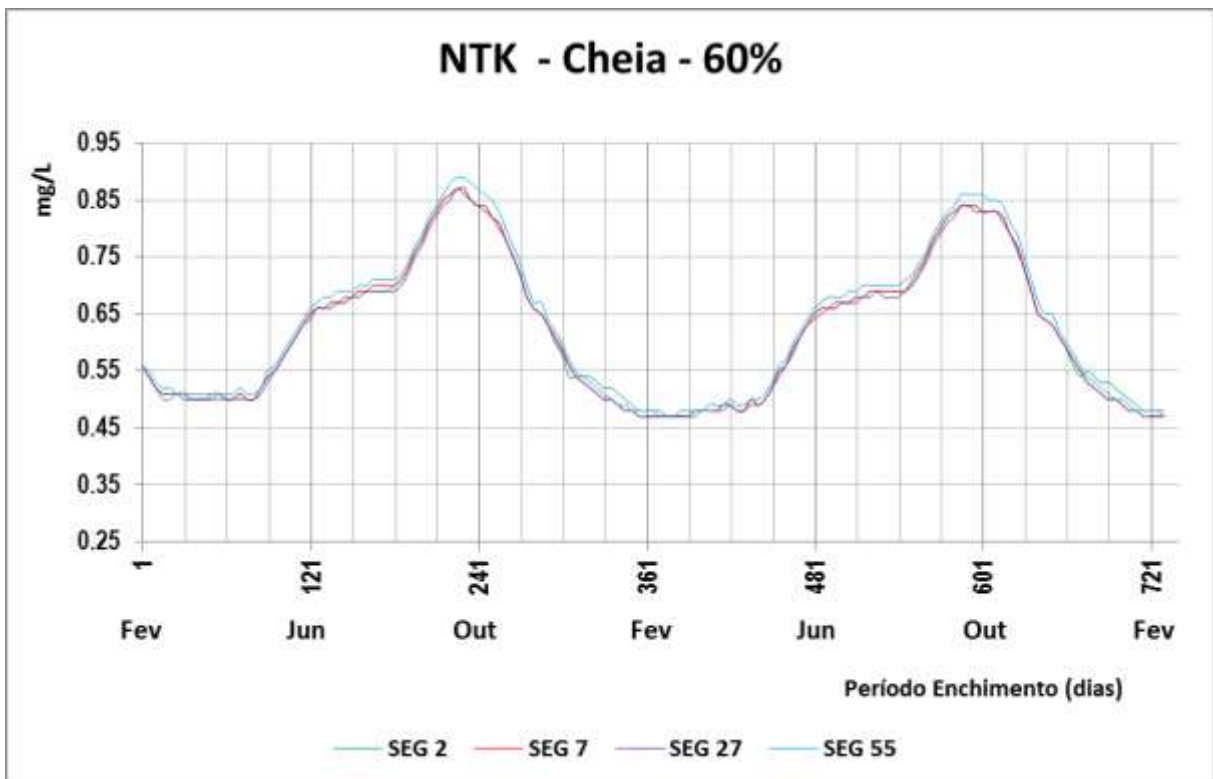


Ilustração 7-209 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Cheia – 60%.

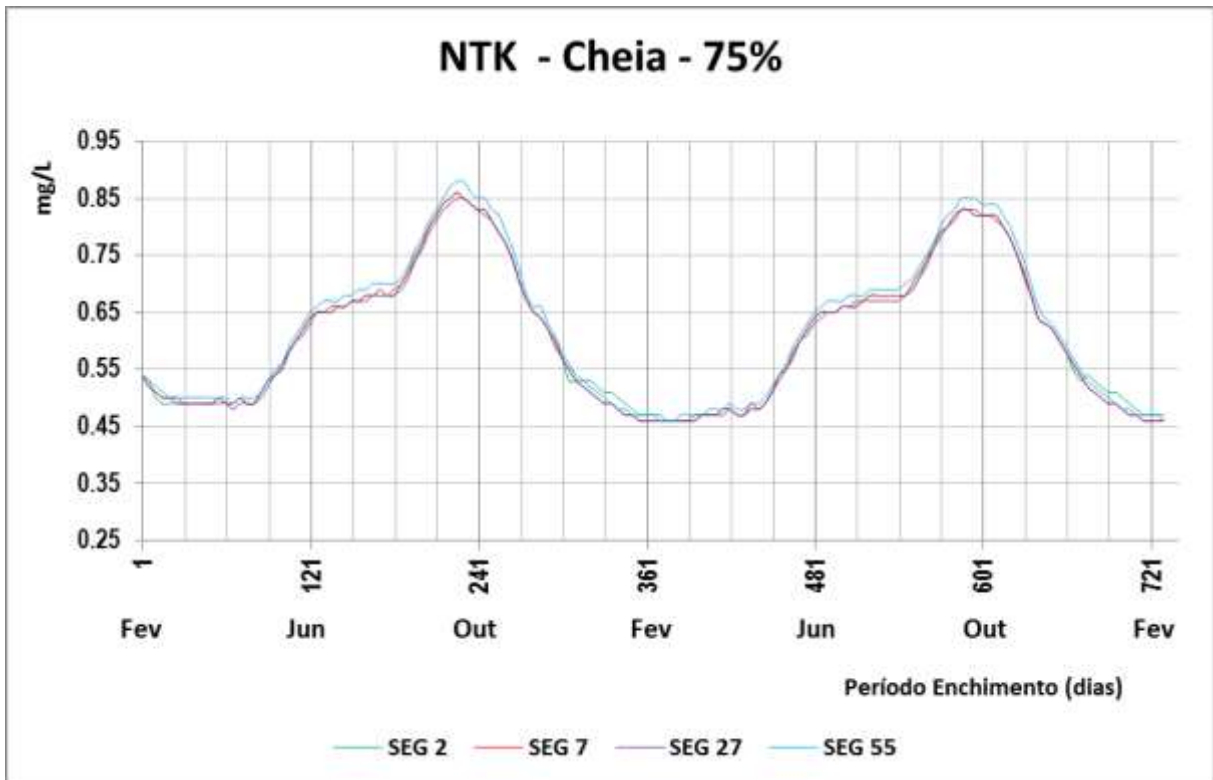


Ilustração 7-210 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Cheia – 75%.

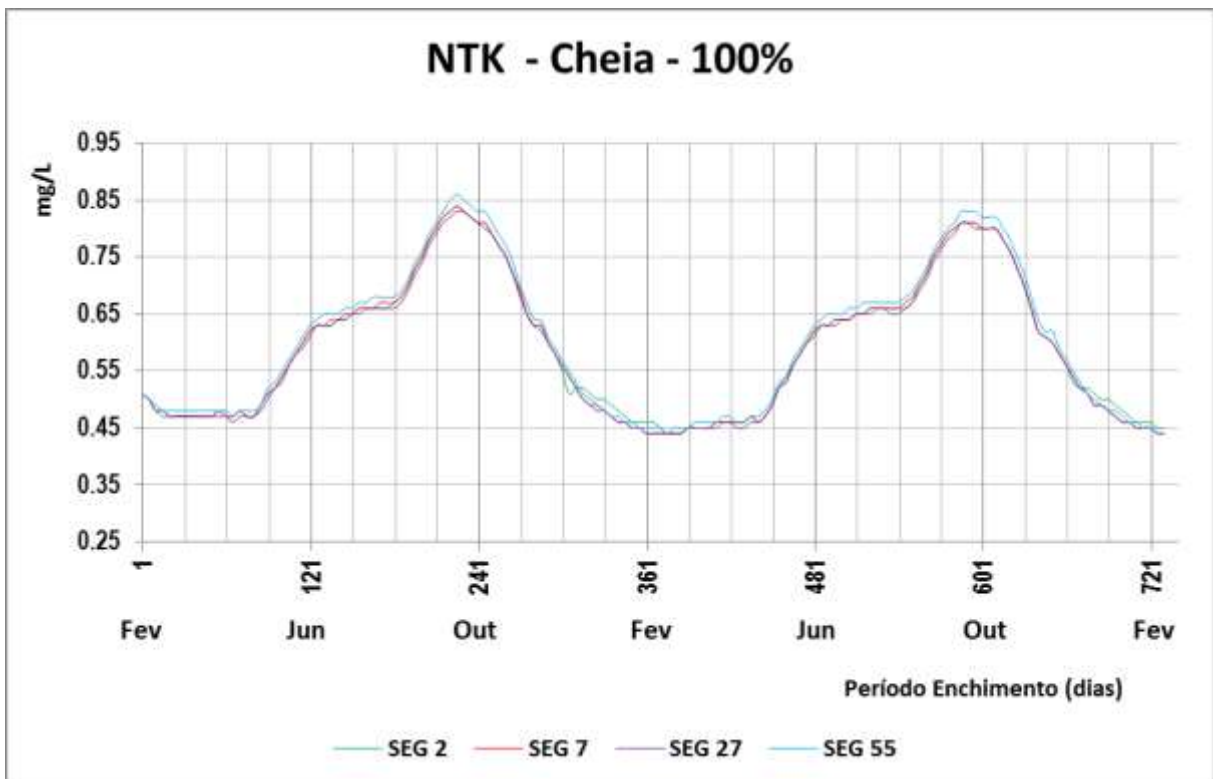


Ilustração 7-211 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Cheia – 100%.

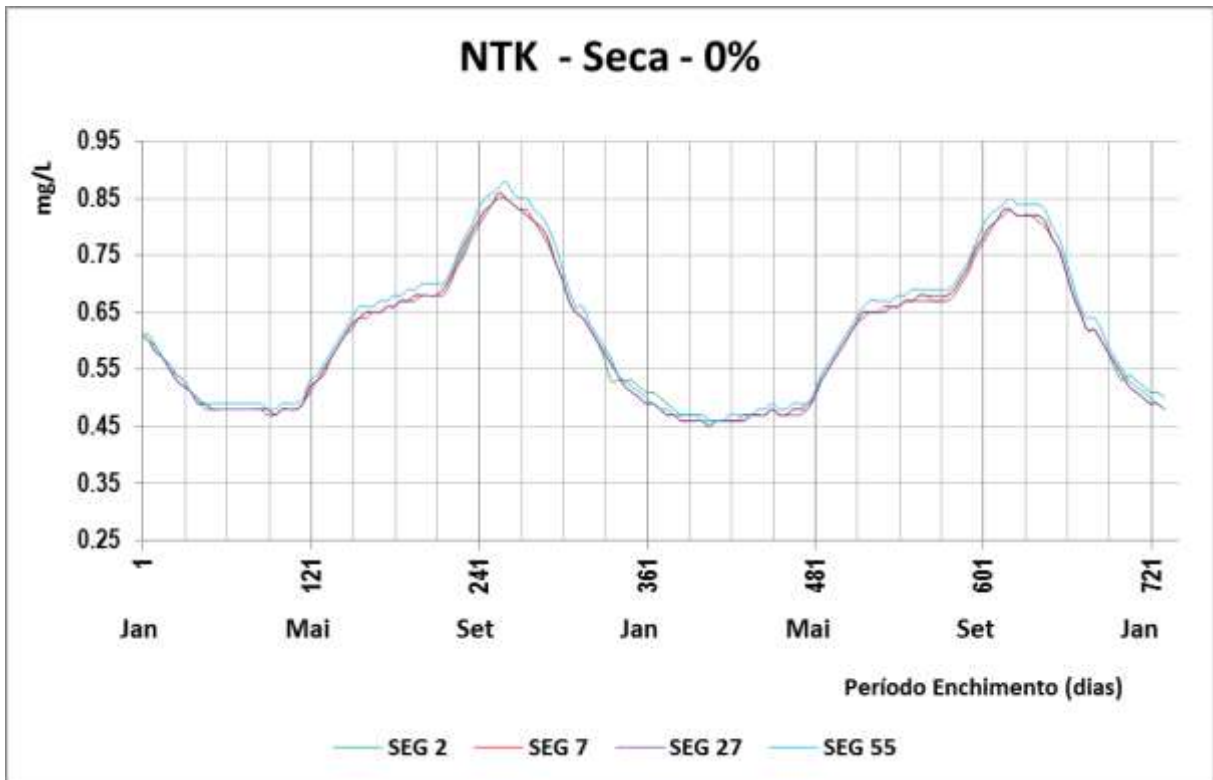


Ilustração 7-212 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Seca – 0%.

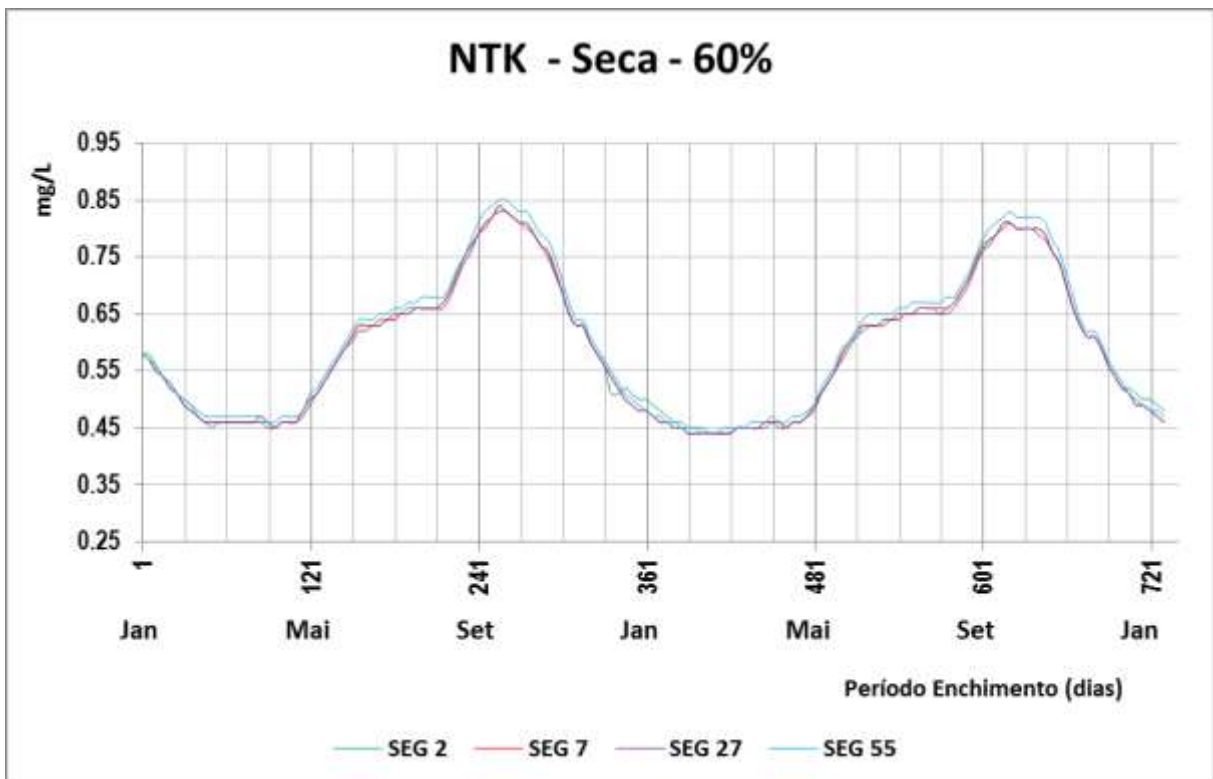


Ilustração 7-213 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Seca – 60%.

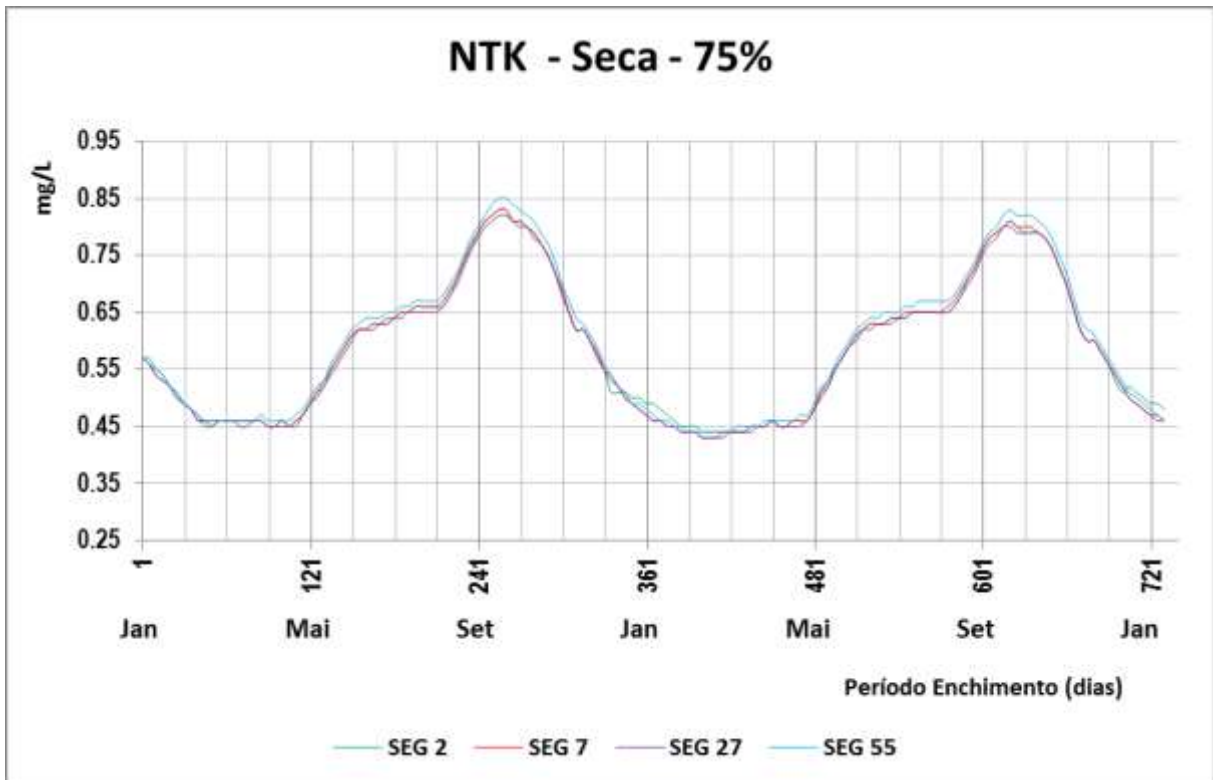


Ilustração 7-214 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Seca – 75%.

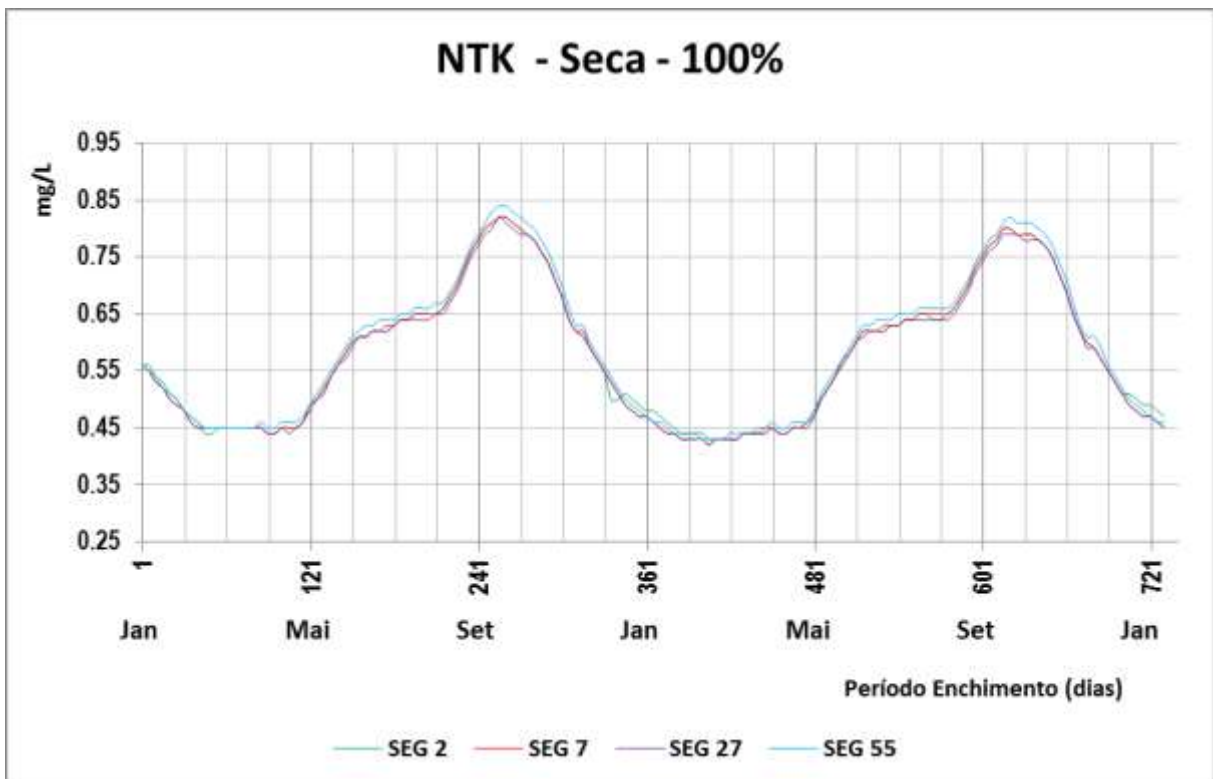


Ilustração 7-215 – Teores de NTK a jusante do barramento – Período de Seca – 100%.

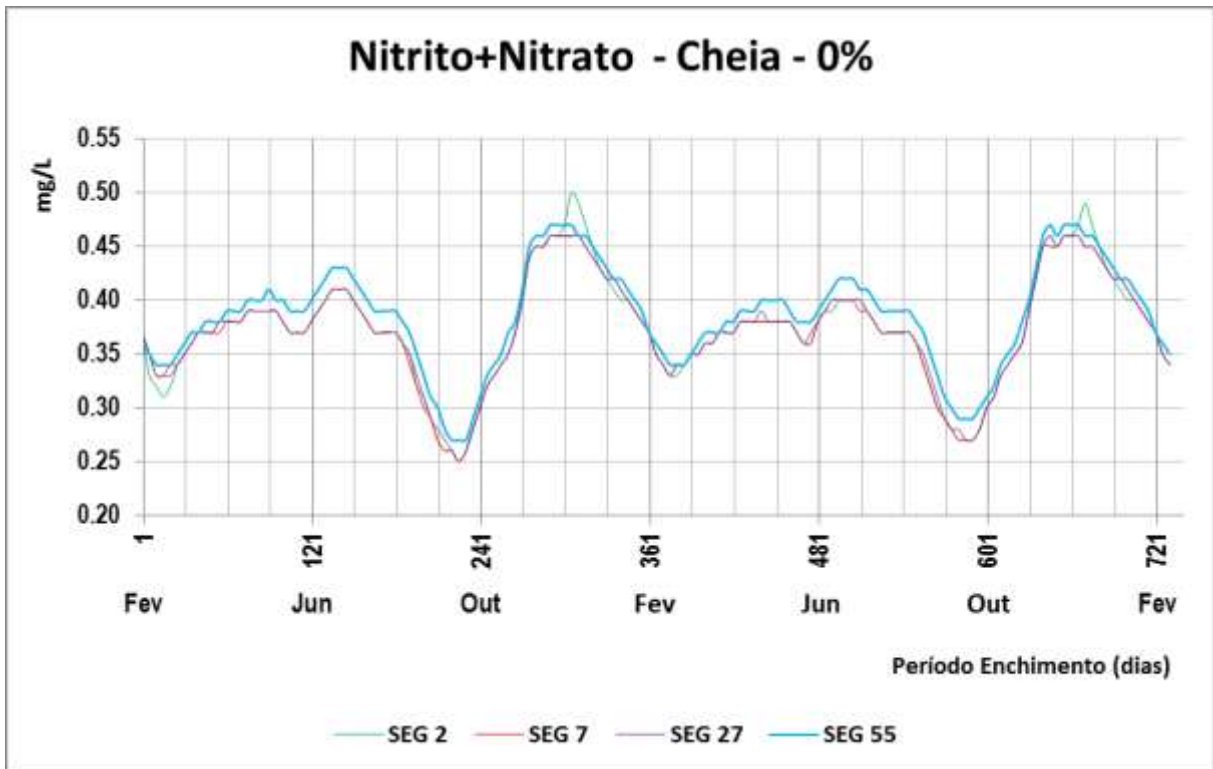


Ilustração 7-216 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Cheia – 0%.

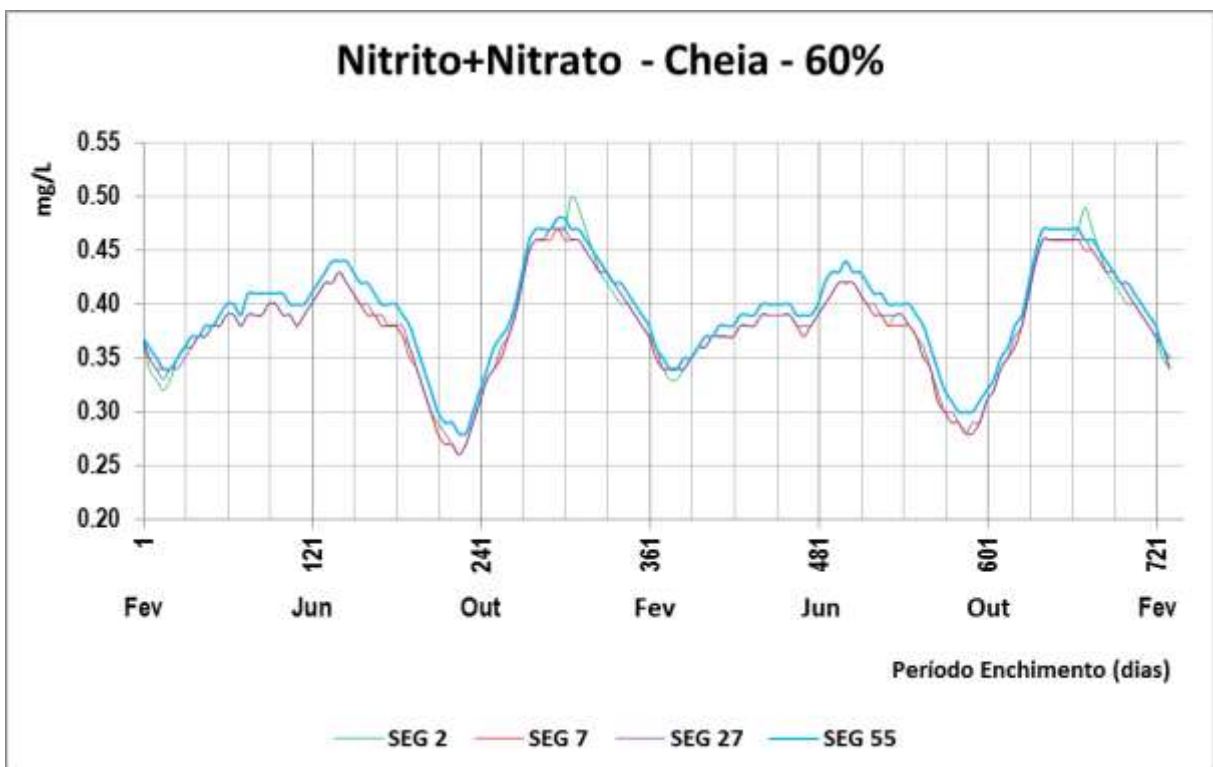


Ilustração 7-217 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Cheia – 60%.

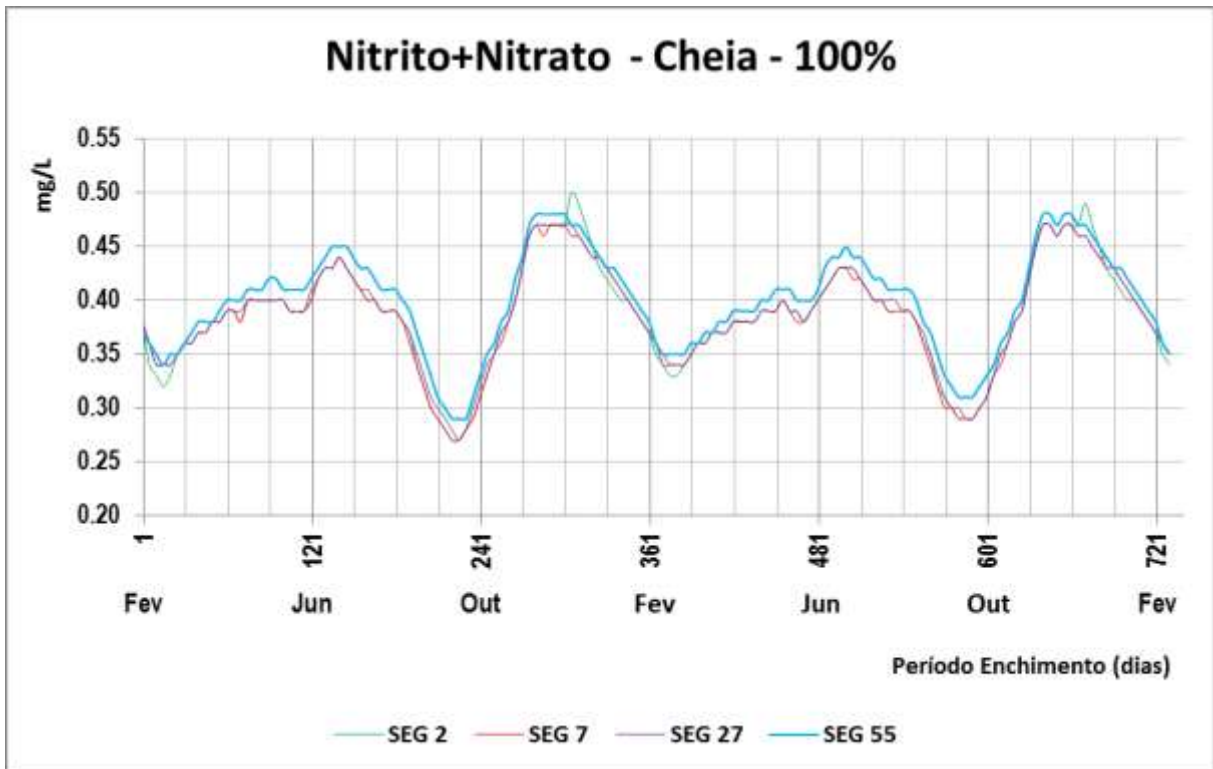


Ilustração 7-218 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Cheia – 75%.

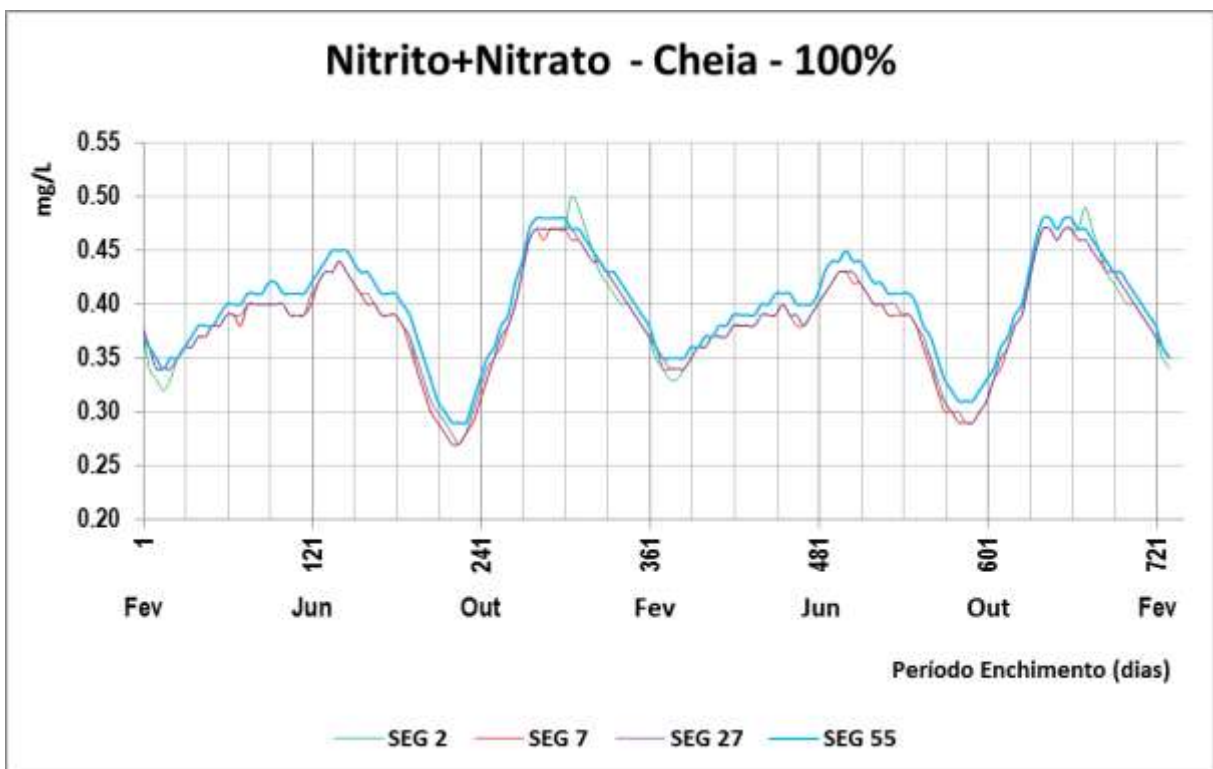


Ilustração 7-219 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Cheia – 100%.

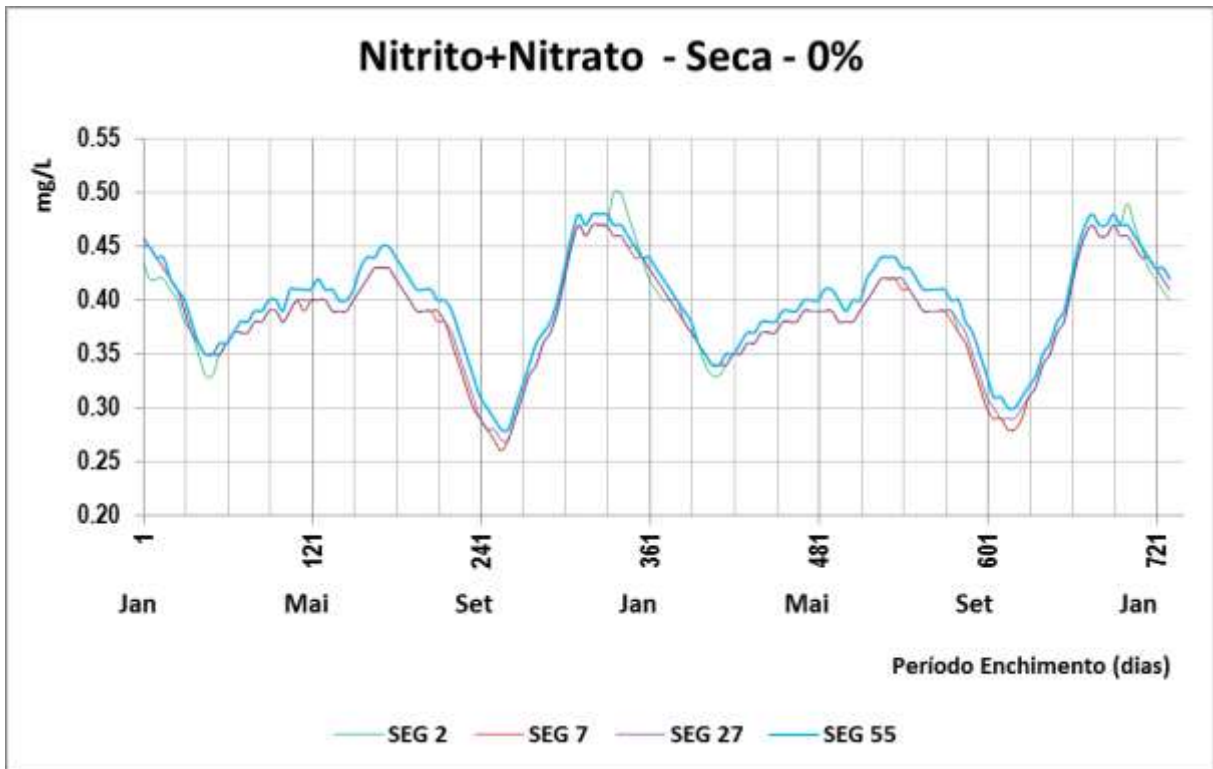


Ilustração 7-220 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Seca – 0%.

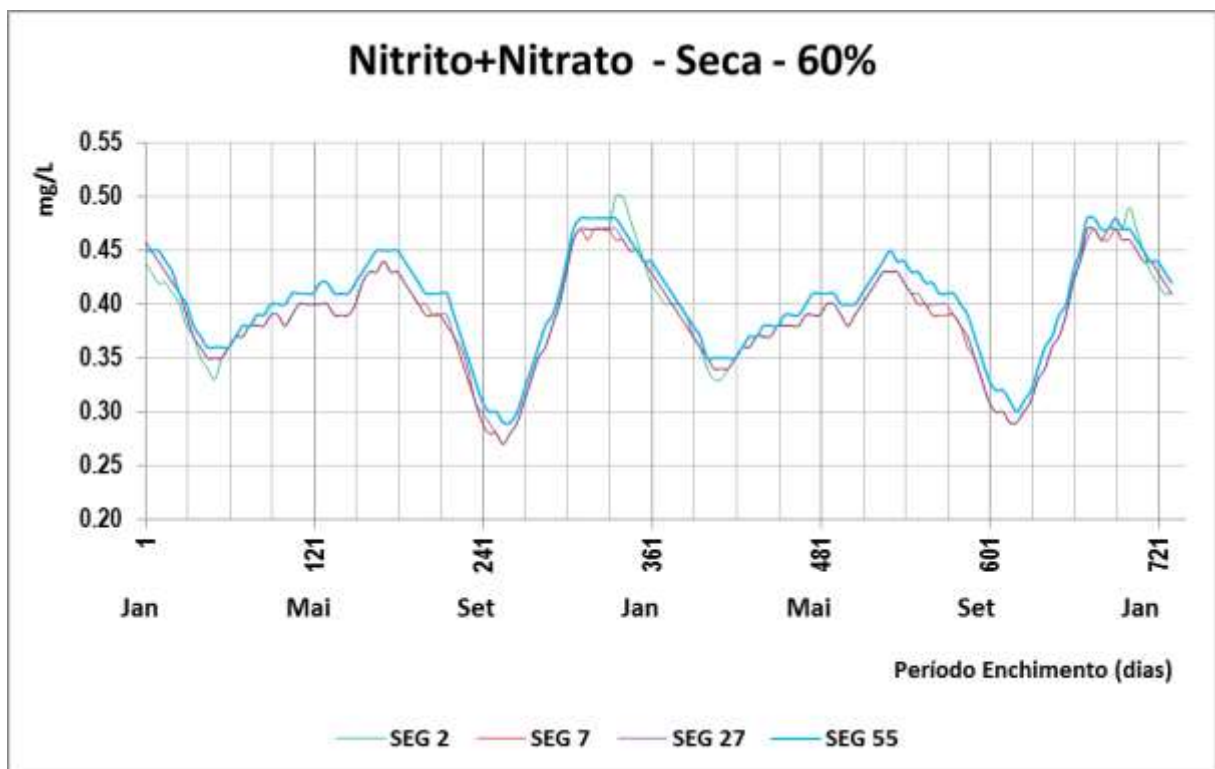


Ilustração 7-221 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Seca – 60%.

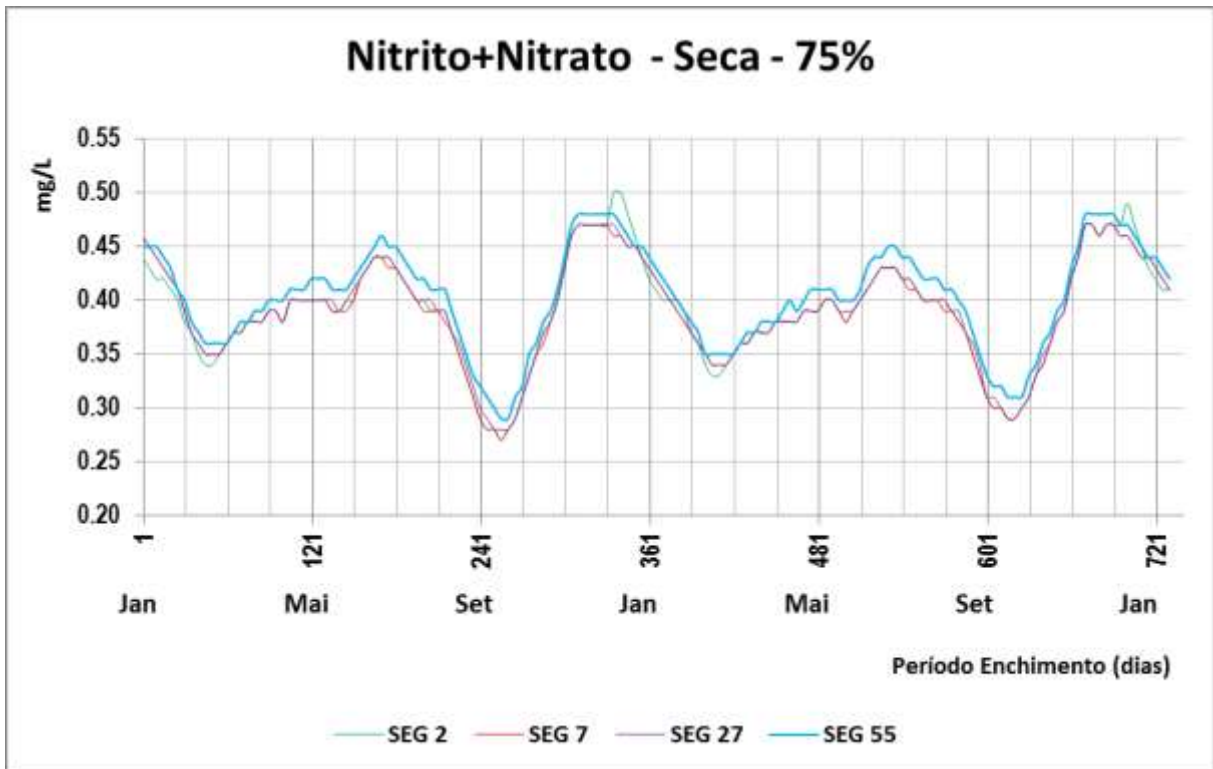


Ilustração 7-222 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Seca – 75%.

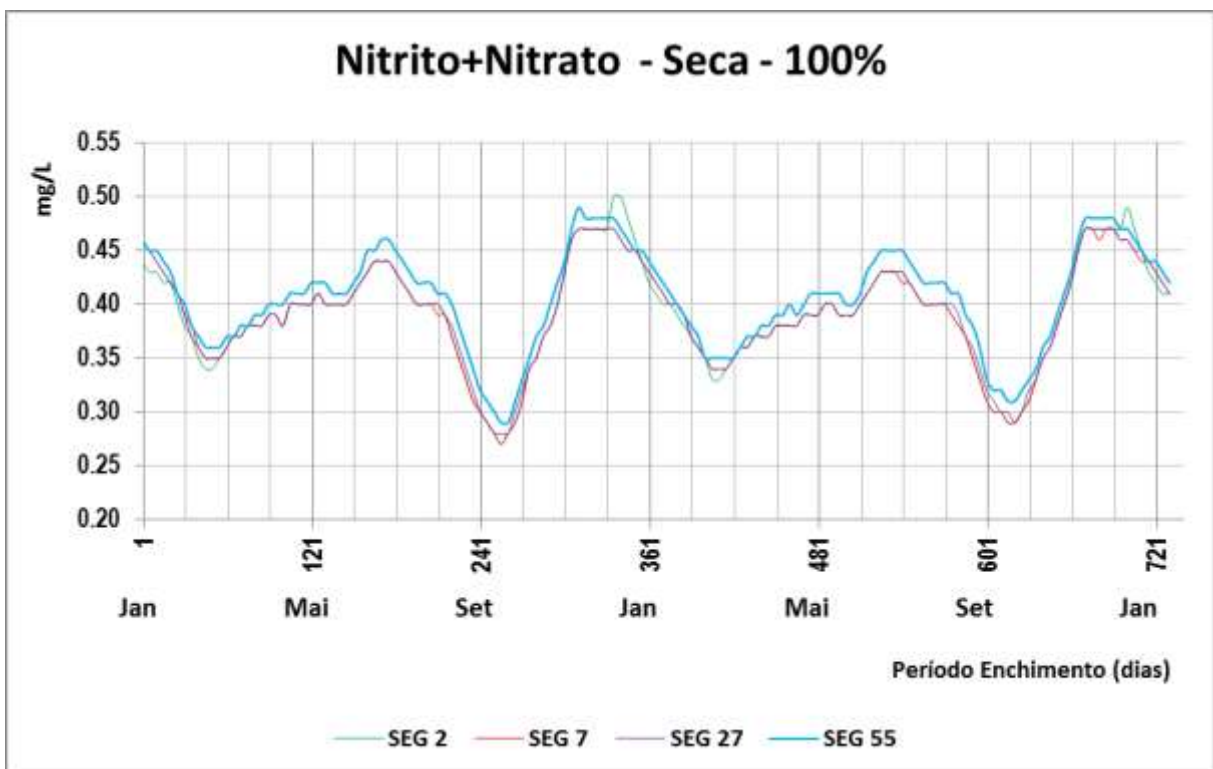


Ilustração 7-223 – Teores de Nitrato+Nitrito a jusante do barramento – Período de Seca – 100%.

Em termos de Fósforo Total (Ilustração 7-224 a Ilustração 7-231), no trecho de jusante do barramento, verifica-se pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados nos diferentes períodos de enchimento considerados, sendo o cenário mais restrito aquele associado a não remoção da vegetação com enchimento em período de cheia, ainda que pouco significativo quando comparado aos demais. Em termos de atendimento de classe os teores de fósforo total são exclusivamente representativos de águas da classe 1 com relação a ambientes lóticos, conforme Resolução Conama N° 357/05, oscilando valores entre 0,020 mg/L e 0,040 mg/L.

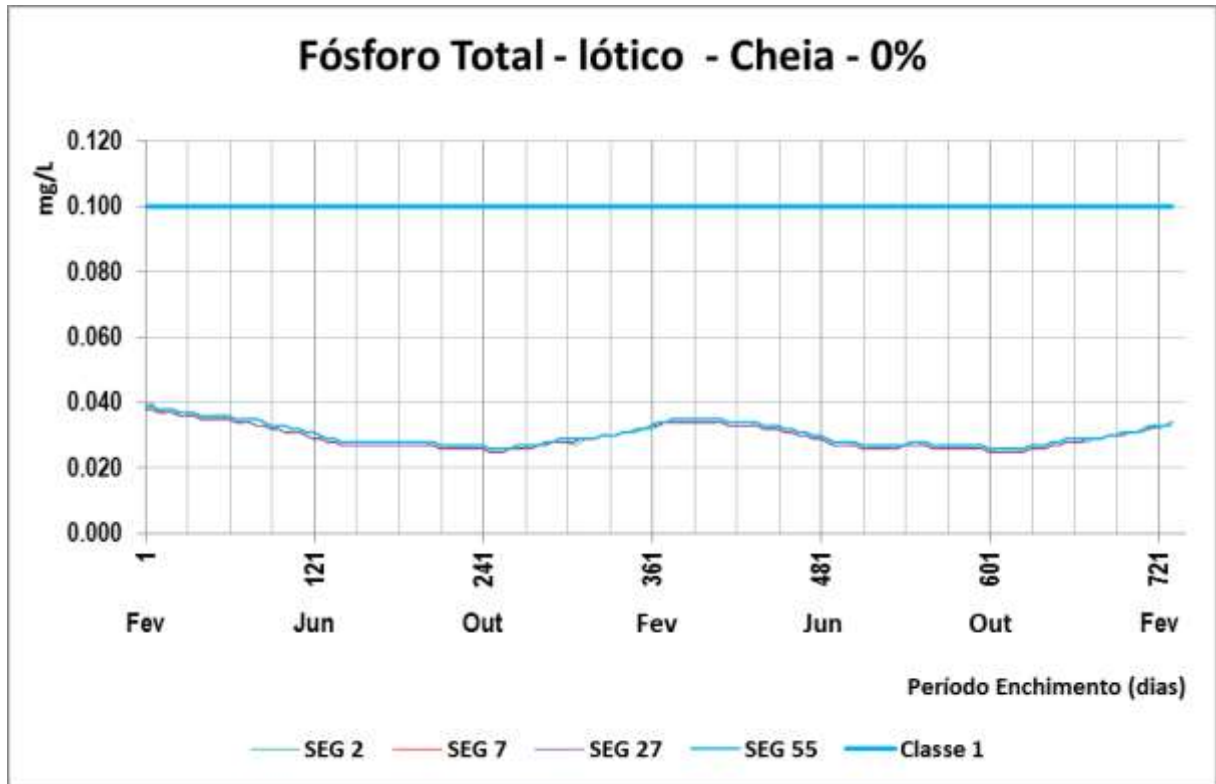


Ilustração 7-224 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Cheia – 0%.

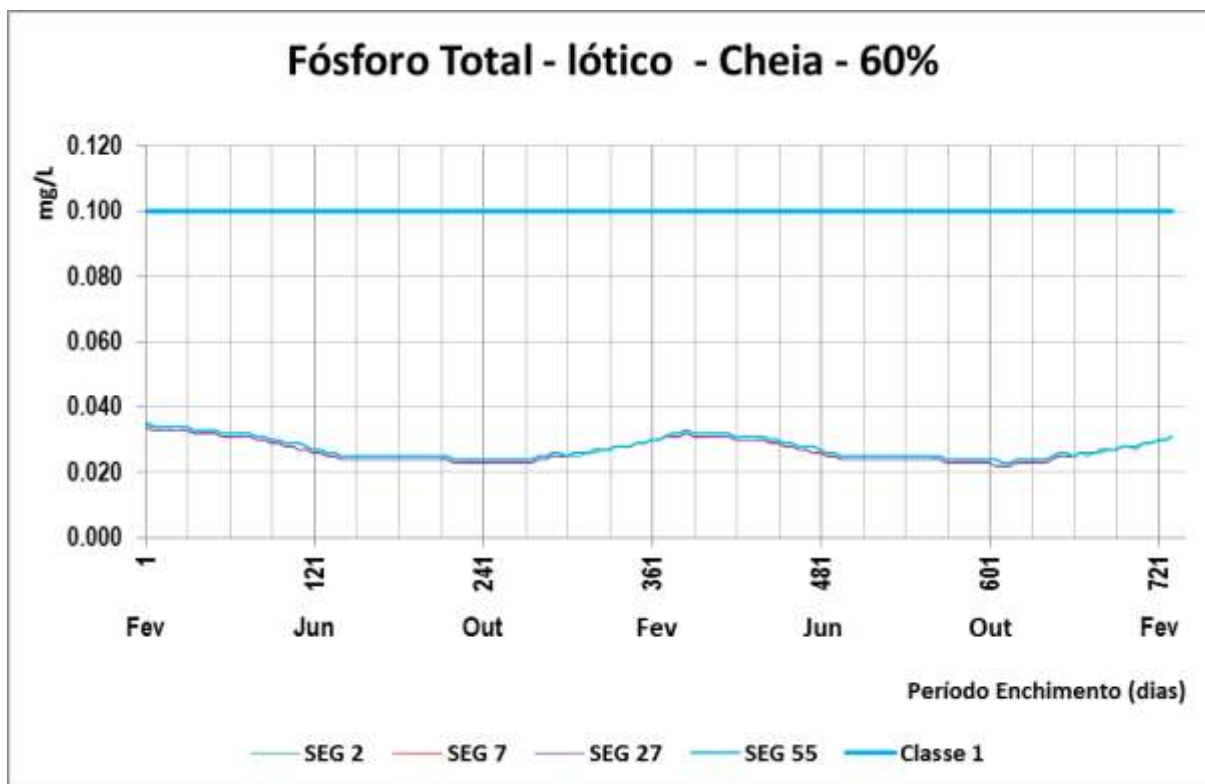


Ilustração 7-225 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Cheia – 60%.

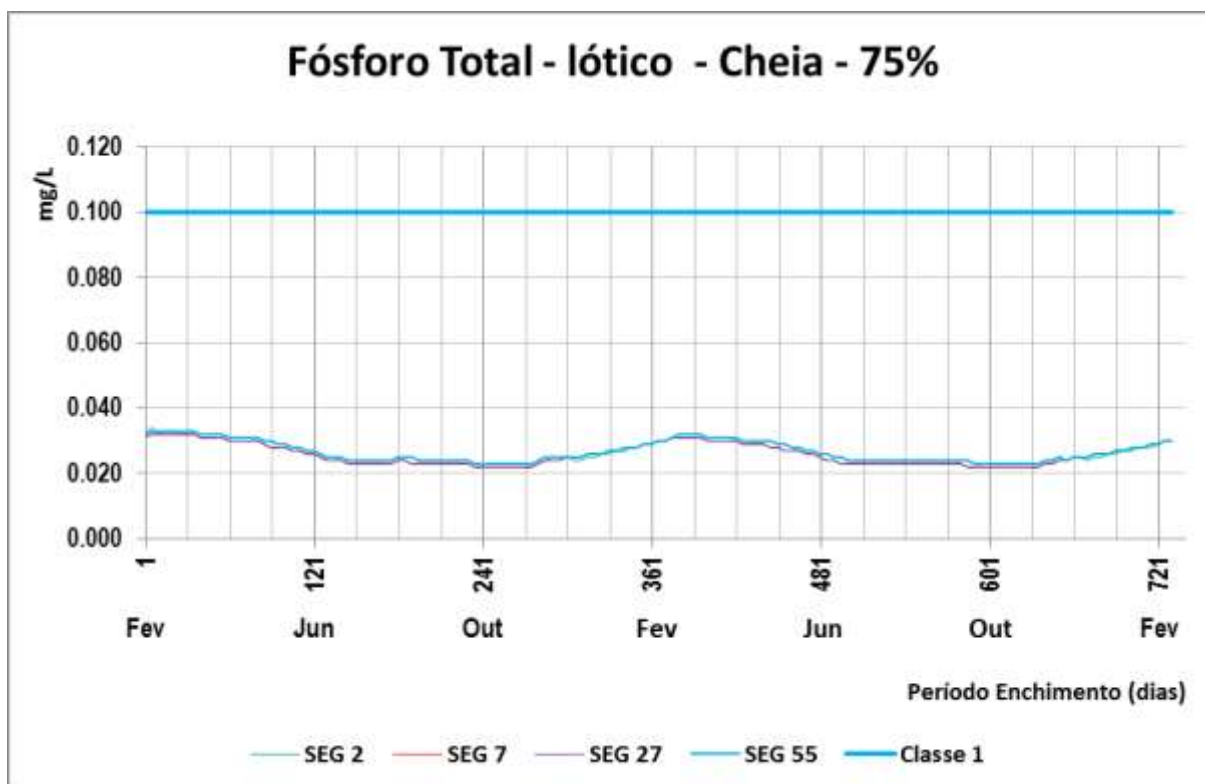


Ilustração 7-226 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Cheia – 75%.

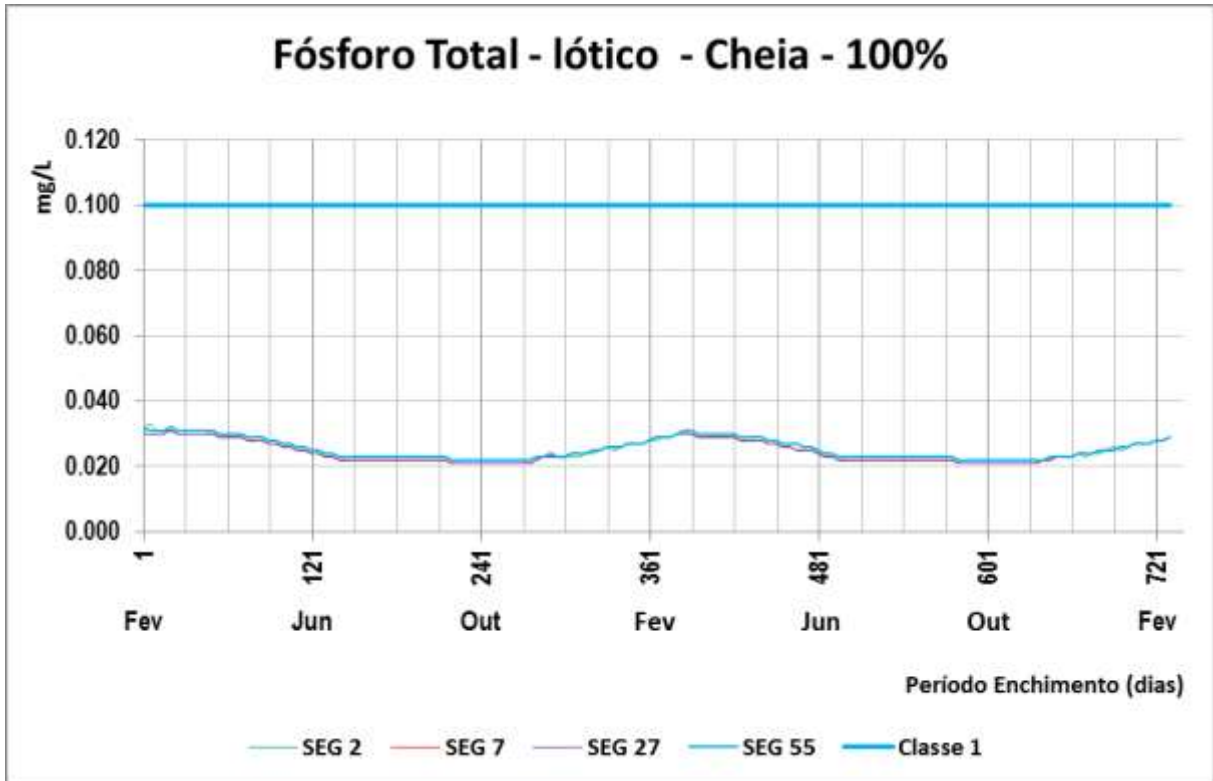


Ilustração 7-227 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Cheia – 100%.

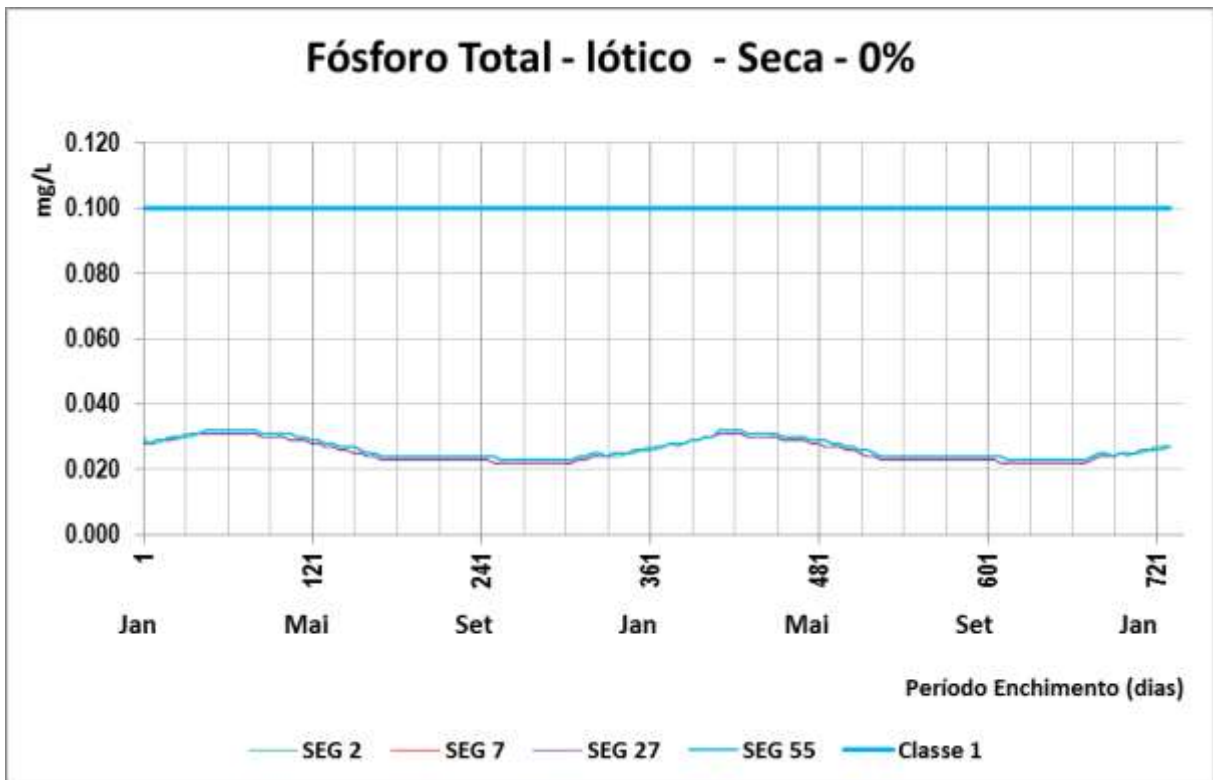


Ilustração 7-228 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Seca – 0%.

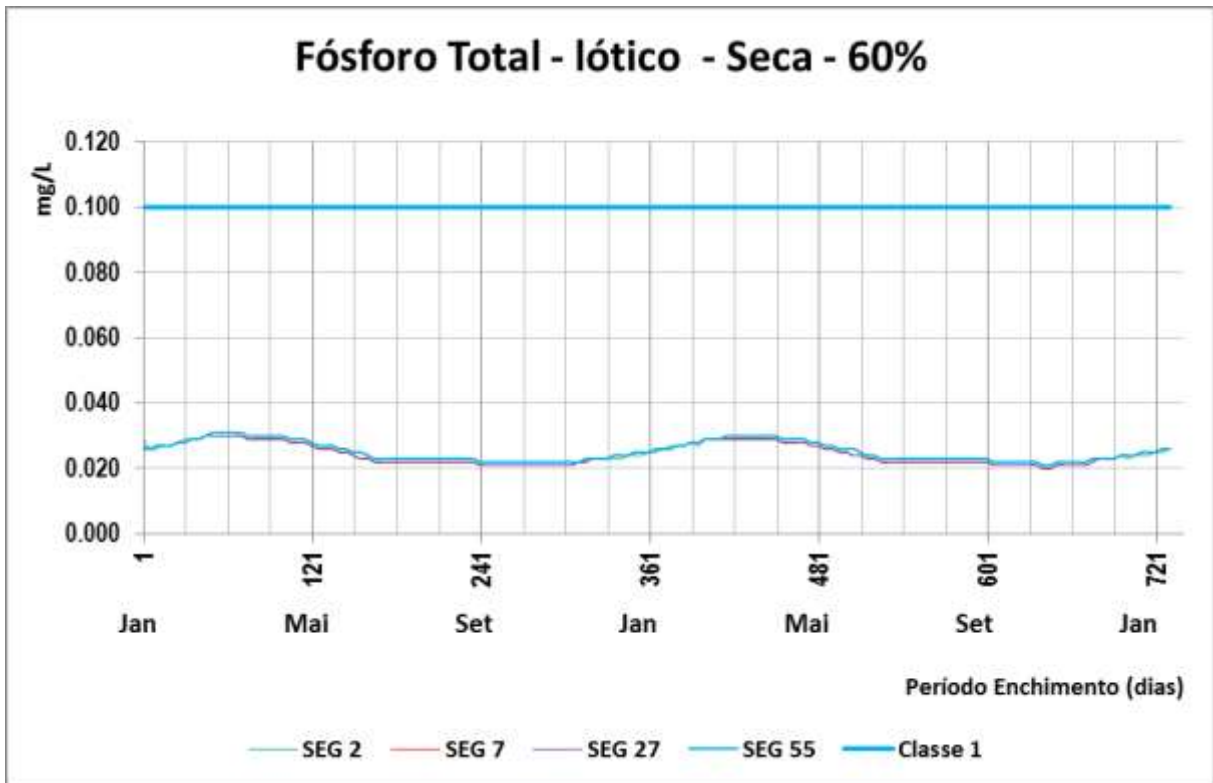


Ilustração 7-229 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Seca – 60%.

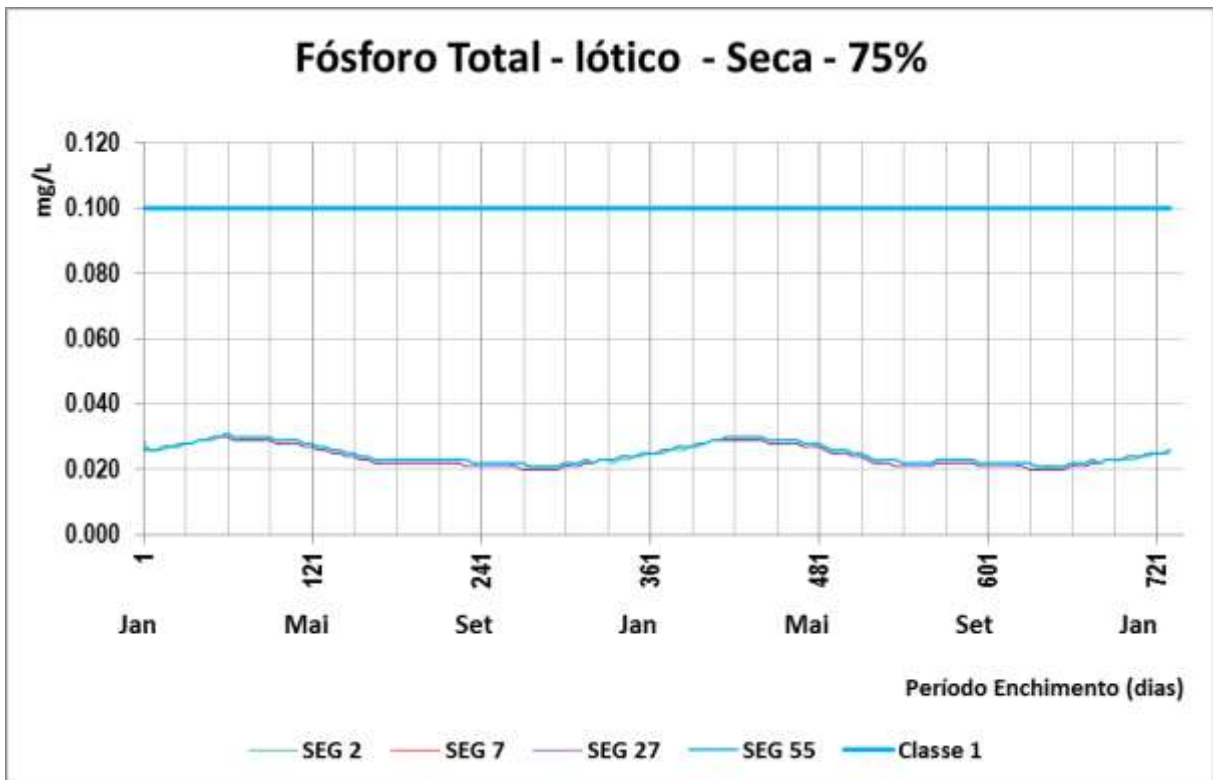


Ilustração 7-230 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Seca – 75%.

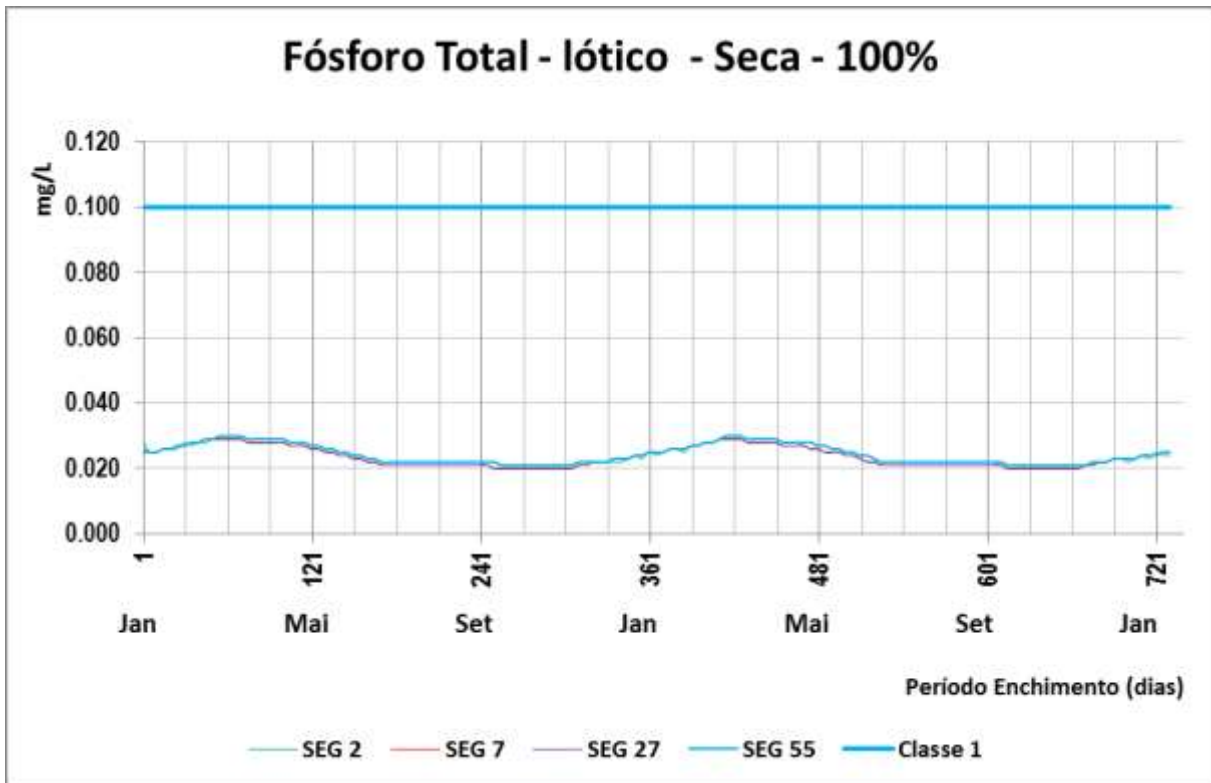


Ilustração 7-231 – Teores de Fósforo Total a jusante do barramento – Período de Seca – 100%.

8. CONCLUSÕES

Neste estudo foram avaliados diferentes cenários de desmatamento da bacia de alagado do Reservatório do AHE Canto do Rio com vistas a prognosticar seus efeitos juntamente com a qualidade dos fluxos atuais afluentes no contexto do sistema formado, considerando-se dois períodos de início do enchimento quais sejam, Cheia e Seca. Para tanto o modelo hidrodinâmico de qualidade de água CE-Qual-W2 v3.7 foi parametrizado. Neste modelo, o sistema do AHE Canto do Rio foi discretizado computacionalmente, sendo representado por um conjunto de braços - segmentos e células computacionais, para representar tanto o reservatório a ser formado quanto os 22,2 km do Rio Parnaíba a jusante do barramento, configurando-os quanto as diferentes estruturas de geração, vertimento e captação de fluxos associadas, bem como foram criadas séries temporais de qualidade de água e vazões afluentes que representassem o comportamento médio hoje existente, do mesmo modo que foi calculada a contribuição, em termos de matéria orgânica, imposta ao sistema em diferentes percentuais de desmatamento considerados.

Cabe destacar que a técnica de modelagem matemática é uma ferramenta amplamente utilizada em estudos e avaliações de Impacto Ambiental, porém, os resultados obtidos com essa técnica representam as tendências do ambiente ajustado e não seus valores reais, portanto, os resultados apresentados não devem ser tomados como valores absolutos, uma vez que os condicionantes da natureza são de difícil previsão.

Além da presente modelagem permitir que se avalie as condições da qualidade da água em diferentes cenários, a montante e a jusante do reservatório, forneceu subsídios ainda para o estabelecimento de um prognóstico para as comunidades aquáticas e para proposição de supressão vegetal, conforme destacado a seguir.

Qualidade das águas

A avaliação da qualidade das águas do sistema AHE Canto do Rio foi processada considerando-se duas etapas distintas, mas conectadas entre si. A primeira etapa foi a avaliação da qualidade das águas do sistema durante a fase de enchimento do reservatório, e a segunda etapa, relativa a fase de estabilização/operação do empreendimento quanto ao reservatório e trecho de jusante do barramento.

Na avaliação da qualidade das águas do reservatório o sistema foi avaliado sob a ótica da qualidade dos fluxos afluentes atuais sob diferentes cenários de contribuição da biomassa vegetal submersa remanescente. Adotando-se percentuais de 0%, 60%, 75% e 100% de desmate da bacia de alague procedeu-se a rodagem de simulações. A DBO incorporada pela biomassa de vegetação remanescente calculada através de metodologia já empregada em outros empreendimentos do setor hidroenergético resultou em teores que variaram de 0,21 mg/L a 0,66 mg/L no período de Cheia e de 0,09 mg/L a 0,34 mg/L no período de Seca, com densidades de biomassa variando de 3,73 kg-CO/m² (período de Cheia) a 14,47 kg-CO/m² (período de Seca).

Os resultados projetados pelo modelo nas simulações da qualidade das águas do reservatório na fase de enchimento indicaram que o reservatório tende a manter uma boa qualidade da água no período. Durante o enchimento do reservatório considerando as condições assumidas nas simulações, ocorreria o estabelecimento de uma fraca estratificação térmica nos trechos mais profundos localizados junto ao barramento refletindo-se na estratificação dos teores de oxigênio dissolvido, onde no epilíminio mantiveram-se compatíveis com águas da classe 1 (6,0 mg/L) para todos os cenários avaliados, enquanto no hipolíminio, mantiveram-se inferiores a 4,0 mg/L em todos os cenários. Os baixos teores parecem ser mais influenciados pela morfometria do reservatório e estruturas hidráulicas.

Os resultados projetados pelo modelo nas simulações da qualidade das águas do reservatório na fase de estabilização/operação indicam que a qualidade das águas reservadas e efluentes do sistema apresentariam pouquíssima diferença entre os cenários percentuais de remoção de biomassa vegetal da área de alague. Esta constatação é reflexo dos baixos teores de matéria orgânica imputados ao sistema através da metodologia utilizada. Nestas simulações o modelo projetou que o reservatório se apresentará compartimentado basicamente em duas zonas hidrodinâmicas, acima da cota 264 m e abaixo desta. Os teores de oxigênio dissolvido que refletem as condições afluentes e os cenários de desmatamento ao longo do período simulado, demonstraram que o reservatório teria um percentual da ordem de 52.9% do seu volume apresentando águas de classe 1 (OD > 6 mg/L) quanto aos teores de OD, e um percentual da ordem de 10% de águas de classe 2 (OD > 5), sendo os teores mais restritivos verificados abaixo da cota 264 m em trechos mais próximos ao barramento, tanto na Cheia quanto na Seca para fins de enchimento. Em termos de nitrogênio, as simulações demonstraram condições satisfatórias em termos de nitrogênio amoniacal, nitrato-nitrito e NTK, verificando-se os menores teores de N-Amoniacal e NTK à medida que o percentual de desmate aumenta. Para o fósforo total o modelo projetou, independentemente do cenário de desmatamento, um percentual mínimo da ordem de 88% do volume do reservatório apresentando águas de classe 1.

Assim, os fluxos efluentes do sistema através do circuito gerador – tomada d'água nos diferentes cenários avaliados na fase de estabilização/operação seriam caracterizados por águas com teores de OD com pouca variação entre os cenários de desmatamento considerados e que atenderiam na maior parte do tempo de simulação a classe 4 da Resolução CONAMA N° 357/05; em relação ao conteúdo nitrogenado o modelo projeta teores efluentes com maior variação (ainda que de baixa significância) entre os cenários de desmatamento

considerados, onde os teores de N-Amoniacal e Nitrato+nitrato efluentes seriam representativos de águas de classe 1 estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/05; em termos de Fósforo Total, os teores efluentes poderiam ser considerados representativos de águas de classe 1 em 100% do tempo de simulação quando comparados ao conteúdo associado a ambientes lóticos, se analisados em termos de ambiente lêntico na maior parte do tempo seriam representativos de águas da classe 2.

As condições a jusante são semelhantes às modeladas no reservatório a ser construído, nas seções próximas ao circuito gerador, tomada d'água e no vertedouro. Destaca-se que as condições de contorno adotadas na modelagem não levaram em conta qualquer processo de incorporação de oxigênio nos fluxos derivados do reservatório, devendo seus resultados serem vistos como conservadores e objeto de monitoramento em campo, notadamente nos períodos de baixa vazão onde do reservatório tende a apresentar-se mais estratificado em termos de OD.

Comunidades Aquáticas

Do ponto de vista das comunidades aquáticas, o processo de enchimento do reservatório pode criar condições que possam limitar a permanência destes organismos, podendo causar mortandade, principalmente de peixes. Deste modo, especial atenção deve ser dada à temperatura da água, nitrato e nitrito, amônia, fósforo e principalmente a disponibilidade de oxigênio.

A modelagem matemática mostra qual o cenário de qualidade da água durante o período de enchimento do reservatório, sendo que deverá ser observada uma variação de temperatura da ordem de 5°C, oscilando entre 26 e 31°C, enchendo-se na cheia ou na seca. De acordo com estes resultados a temperatura da água do reservatório da UHE Canto do Rio não será restritiva à sobrevivência da biota aquática, tendo em vista que BALDISSEROTTO (2013) afirma que estes organismos apresentam uma tolerância de variação de até 30 oC.

Quanto ao oxigênio dissolvido (OD), considerando o enchimento do reservatório no período de cheia, os teores médios de OD tendem a se apresentar estratificados ao longo do braço principal (Rio Parnaíba) notadamente em direção ao barramento, verificando-se teores abaixo de 4,0 mg/L, de forma geral, para todos os cenários de desmatamento abaixo das cotas 264m e 263m. Quanto ao enchimento na seca, os teores médios de OD tendem a ser mais elevados, ainda que pouco significativo, quando comparados ao período de Cheia, verificando-se teores abaixo de 4,0 mg/L, de forma geral, para todos os cenários de desmatamento abaixo das cotas 259m e 258m. No cenário selecionado (60% de desmatamento), de maneira geral no reservatório as concentrações de oxigênio serão maiores que 5,0 mg/L, atendendo ao recomendado pela Resolução CONAMA no 357/2005 para águas de Classe II, entretanto, os segmentos mais próximos a barragem (o que representa a condição no canal de alimentação das turbinas e do vertedouro) se espera concentrações de oxigênio dissolvido próximo de 2,0 mg/L nas camadas mais profundas (abaixo da cota 253m). Esta baixa concentração de oxigênio na camada mais profunda se dará por conta da estratificação térmica que deverá ocorrer, conforme preconiza o modelo, e não por grande disponibilidade de matéria orgânica.

A concentração de 2,0 mg/L de oxigênio dissolvido não é letal para os peixes, haja visto que BALDISSEROTTO (2013) afirma que apenas níveis inferiores a 1,0 mg/L são letais para estes organismos. Além disso, o volume de água, e por consequência a área, onde a concentração de oxigênio ficará baixa é relativamente pequena frente ao volume do reservatório. Além disso, os peixes são organismos que apresentam capacidade de evitar condições de baixas concentrações de oxigênio, como afirmam vários autores. VAL et al (1996) afirmam que os peixes são capazes de subir e captar o oxigênio da camada superficial da água, que é a camada mais oxigenada. Ainda neste sentido, FROSSARD & CAETANO FILHO (2016) apontam que durante o período de estratificação os peixes se concentram nas camadas superiores da coluna d'água que permanecem oxigenadas. Deste modo, se as concentrações de oxigênio dissolvido se mantiverem de acordo com o modelo (acima de 5,0 mg/L na superfície e

próximo a 2,0 mg/L na camada mais profunda), no reservatório da UHE Canto do Rio, não haverá restrição à sobrevivência das comunidades aquáticas, com relação ao oxigênio dissolvido.

Os teores de nitrogênio amoniacal, no cenário de 60% de desmatamento (0,20 a 0,80 mg/L) estão abaixo das concentrações limites estabelecidas pela resolução CONAMA no 357/2005, que limita em 3,7mg/L de amônia para águas com $\text{pH} \leq 7,5$. Assim, esta variável não deverá ser restritiva à sobrevivência das comunidades aquáticas no reservatório da UHE Canto do Rio.

No cenário de 60% de desmatamento as concentrações de nitrato+nitrito previstas deverão se manter entre 0,3 e 0,5 mg/L, sendo inferiores aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA no 357/2005, que estabelece 1,0 mg/L de nitrito e 10 mg/L de nitrato, para águas de Classe II, que é o caso da área de influência direta da UHE Canto do Rio, portanto, também não haverá restrição às comunidades aquáticas.

Os teores médios de fósforo total previstos pela modelagem são relativamente baixos, haja vista que são previstos valores médios entre 0,025 e 0,042 mg/L, considerando o enchimento no período de cheia. Estas concentrações são inferiores ao limite estabelecido pela resolução CONAMA no 357/2005 para águas de classe II, com tempo de residência intermediário (0,050 mg/L), e assim não será uma restrição a existência de espécies aquáticas.

Com relação à existência de trechos críticos no reservatório, considerando o cenário de supressão de 60%, definido à partir da modelagem matemática de qualidade da água, nos segmentos mais próximos à barragem a concentração de oxigênio dissolvido será mais baixa, principalmente nas camadas mais profundas, entretanto, de acordo com o modelo utilizado, as concentrações não devem ser letais para a biota aquática, pois os valores de oxigênio dissolvido nesta região deverão se manter próximo a 2,0 mg/L, e como mencionado anteriormente a concentração letal é de 1,0 mg/L, além disso, as espécies aquáticas tem a capacidade de se deslocarem para áreas onde a disponibilidade de oxigênio é maior, conforme mencionado anteriormente.

A vazão remanescente é considerada como sendo a vazão mínima necessária em um curso d'água para garantir a preservação do equilíbrio natural e a sustentabilidade dos ecossistemas aquáticos (ANA, 2004). No que tange a vazão remanescente, que será liberada a jusante do barramento, durante o enchimento, independente da fase de enchimento foi adotada como sendo igual a 97,9 m³/s referente a vazão Q95. Esta vazão com 95% de permanência é recomendada a ser mantida pela Coordenação de Regulação – COREG, vinculada à Agência Nacional de Águas e pelo Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos (ANA, 2009). Se comparada esta vazão, com os valores médios de vazão do rio Parnaíba no eixo do barramento (Quadro 5-1 da modelagem), percebe-se que o valor definido como de vazão remanescente equivale a 92,32% da menor vazão média registrada no período de 1931 à 2013.

Além disso, esta vazão remanescente é 10,0% maior que a mínima vazão registrada no período de seca (agosto), no rio Parnaíba entre 1931 e 2013 (EIA, Tabela 6.1.9.1.9). Em condições normais, quando ocorre redução da vazão por indisponibilidade hídrica, as comunidades aquáticas de rios tendem a se concentrar na calha principal, o que evita a morte dos mesmos. Em pesquisa realizada em mídia e na literatura, não são relatados casos de morte de peixes no rio Parnaíba devido à redução natural do nível das águas, o que é de se esperar, já que esta redução é gradual. No caso do enchimento da UHE Canto do Rio, como a vazão remanescente simulará uma condição de restrição hídrica por algum tempo, a vazão remanescente prevista será suficiente para a manutenção da biota aquática durante o enchimento do reservatório. Entretanto, há que se destacar que a redução da vazão no momento do fechamento das comportas deve ser gradual, para se evitar mortandade de peixes a jusante do barramento. Além disso, neste momento deve ser executado o Programa de Salvamento e Resgate da Ictiofauna a jusante da barragem.

Com relação à qualidade da água a jusante, as seguintes considerações devem ser feitas, as comportas do vertedouro com 12 metros de altura e a tomada de água para as turbinas a 22,5 metros de profundidade. Deste

modo, a água turbinada ou vertida refletirá a condição de qualidade nas referidas profundidades. O modelo mostra que em termos de temperatura da água, nitrito, nitrato e fósforo, mesmo nas camadas mais profundas, não haverá restrição à sobrevivência dos organismos aquáticos.

Já para oxigênio dissolvido, no cenário de remoção de 60% da vegetação, as concentrações permanecerão próximas de 2,0 mg/L, entretanto, há que se destacar que esta estimativa é conservadora, pois não considerou nenhuma aeração incorporada pelo vertimento ou pelo turbinamento da água. De maneira geral, quando a água é vertida ou turbinada, além de ocorrer uma mistura entre a água de fundo e de superfície pode ocorrer aeração desta água, de maneira que as concentrações de oxigênio a jusante sejam algo intermediário daquelas observadas na superfície e no fundo do reservatório próximo a barragem.

Poucas são as informações disponíveis na literatura, que comparam as concentrações de oxigênio no reservatório, próximo da barragem, com aquelas a jusante, entretanto, o trabalho de PY-DANIEL et al (2012) permite fazer estas comparações para o reservatório de Balbina, estes autores registraram concentrações entre 7,14 e 7,64 mg/L de OD na superfície próximo a barragem e entre 0,02 e 2,08 mg/L de OD no fundo também próximo a barragem, enquanto que na jusante foram registradas concentrações de $4,43 \pm 0,27$ mg/L de OD. Estes resultados demonstram que há uma redução de aproximadamente 40% na concentração a jusante em comparação com aquela da superfície, porém há um incremento de 207% em relação às concentrações observadas no fundo daquele reservatório.

Os dados de disponibilidade de oxigênio dissolvido no reservatório da usina de Salto Santiago (INEO, 2016), também permitem esta comparação, naquele reservatório foram registradas concentrações médias na superfície de $7,96 \pm 1,73$ mg/L de OD e no fundo de $4,51 \pm 2,09$ mg/L de OD, enquanto que na jusante foram de $7,31 \pm 1,49$ mg/L de OD. Assim, observa-se na jusante um incremento de 76,42% em relação ao fundo e um aumento de 8,92% em relação às concentrações na superfície do reservatório. Deste modo, fica evidente que no vertimento e turbinamento ocorre aeração da água. Assim as concentrações de oxigênio a jusante da barragem identificadas pelo modelo, com valores de oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L, não serão restritivas à sobrevivência das comunidades aquáticas, conforme discutido anteriormente, e que estas concentrações deverão sofrer aeração provocada pelo vertimento ou turbinamento da água, aumentando assim as concentrações de oxigênio durante a operação do empreendimento.

O sistema de desvio do rio é constituído, na primeira etapa, por uma ensecadeira longitudinal na margem esquerda do rio Parnaíba, que permite a construção do Vertedouro e da Casa de Força, sem estrangular a calha principal. Na segunda etapa, o desvio é feito através de oito adufas localizadas sob o Vertedouro, enquanto as obras da barragem do leito do rio são protegidas por ensecadeiras de montante e jusante. Durante a construção das ensecadeiras poderá ocorrer um leve aumento da turbidez da água, porém, como a de materiais (terra e rocha) é lenta, este aumento da turbidez não deve influenciar na sobrevivência das comunidades aquáticas. No Brasil foram construídas inúmeras barragens para geração de energia, em que foram construídas ensecadeiras, e não se tem histórico de registro de mortalidade de organismos aquáticos devido ao aumento da turbidez da água provocada pela construção destas estruturas. Normalmente o aumento da turbidez devido a construção destas estruturas não alcança os níveis de turbidez observados durante o período de enchente e cheia, quando são registrados os maiores valores de Turbidez. De toda forma, deverá ser realizado o resgate e salvamento dos peixes aprisionados entre as ensecadeiras. Esta ação está prevista no programa de Resgate e Salvamento da Ictiofauna nas ensecadeiras e tubo de sucção.

Supressão da Vegetação

Dos resultados se verifica que um percentual de desmatamento da ordem de 60 % da biomassa vegetal da área de alague do AHE Canto do Rio seria suficiente para a manutenção da qualidade das águas deste reservatório

em níveis compatíveis para o suporte de diferentes usos como o abastecimento para consumo humano, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, à irrigação e ao desenvolvimento da aquicultura e pesca, de modo que esse cenário apresenta-se como o mais vantajoso em termos ambientais e econômicos.

A princípio, as áreas mais indicadas para o desmate caracterizam-se por aquelas localizadas mais próximas ao barramento, onde sugere-se que em uma extensão de 1 km a partir da estrutura seja realizado desmate completo; naquelas localizadas nos braços secundários mais densamente vegetados, quais sejam os braços 3 (Pureza), 4, 5, 7 (Sucuruju), 8, 10 e 11 no contexto da grade de modelagem.- Nestes locais os efeitos de represamento imputados pela hidrodinâmica do braço principal (Parnaíba) condicionam um maior consumo de OD acúmulo de nutrientes; e o trecho inicial do reservatório onde o Reservatório será menos profundo e a ausência de supressão da vegetação poderia formar “paliteiros”, prejudicando o contexto cênico da área e a navegação. Ou seja, as áreas mais indicadas para a supressão da vegetação seriam aquelas localizadas mais próximas ao barramento e aquelas localizadas nos braços secundários mais densamente vegetados onde os efeitos de represamento imputados pela hidrodinâmica do braço principal (Parnaíba) condiciona maiores tempos de detenção permitindo um maior consumo de OD nestes e acúmulo de nutrientes.

Recomenda-se ainda que o desmate das áreas indicadas seja mais efetivo principalmente acima da cota 264 m, cujo compartimento apresenta menor circulação de forma geral nas projeções do modelo, onde destaca-se notadamente o braço 4 (afluente do Pureza), que apresentou resultados mais restritivos em função de um maior confinamento de suas águas no contexto hidrodinâmico do sistema. Da mesma forma áreas que comprometam a segurança da navegabilidade também deverão ser objeto de desmate mais efetivo devendo ser bem sinalizadas quando da entrada em operação do empreendimento.

Por outro lado, além das características indicadas para desmate considerando a qualidade da água, será importante manter a vegetação de algumas áreas específicas, como aquelas que incluem os locais de elevada declividade em relevo escarpado, onde a susceptibilidade à erosão é maior.

Além disso, é preciso considerar também a manutenção da vegetação em locais onde o estudo do ictioplâncton revelou a ocorrência de atividade reprodutiva para várias espécies de peixes do rio Parnaíba, principalmente no canal principal a montante da sede do município de Alto Parnaíba, próximo a foz do riacho Chapada, indicando que, de maneira geral, a maior atividade reprodutiva ocorre com maior intensidade no terço final do reservatório e a montante da área do empreendimento. Desse modo, destaca-se a importância da manutenção de parte da vegetação a ser alagada para permitir o desenvolvimento do perifíton e assim aumentar as opções alimentares da ictiofauna, desde que a área a ter a vegetação mantida não comprometa a qualidade da água e os usos múltiplos do reservatório, conforme demonstrado no presente Estudo de Modelagem de Qualidade da Água. Neste sentido, a manutenção de 40% da vegetação é adequada para a sobrevivência das comunidades aquáticas.

Com base nesses aspectos levantados (qualidade da água, reprodução da ictiofauna e susceptibilidade à erosão), entre outros, foi elaborado o mapa de Supressão da Vegetação (MAPA EIA-048-CR), com a proposição das áreas a serem desmatadas.

9. BIBLIOGRAFIA DE APOIO

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos. Manual do Usuário. ANA, 2009
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA - 2004. Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco -PBHSF (2004-2013) - Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – N° 16: Alocação de Água. Brasília – Distrito Federal.
- ANNEAR, R. L. AND WELLS, S. A. (2002). The Bull Run River-Reservoir System Model. Hydrological Science and Technology, 2002 AIH Annual Meeting, Hydrologic Extremes: Challenges for Science and Management, October 13-17, 2002, Portland, Oregon, Volume 19, No. 1-4, 2003, American Institute of Hydrology.
- BALDISSEROTTO, B. 2013. Fisiologia de Peixes aplicada à Piscicultura. 3. Ed. Santa Maria, Ed. Da UFSM. 352p.
- BRANCO, S., 1975, Poluição, Proteção e Usos Múltiplos de Represas. Cetesb, S. Paulo.
- BIANCHINI JR., I., CUNHA-SANTINO, M. B. Model parameterization for aerobic de-composition of plant resources drowned during man-made lakes formation. Ecological Modelling 222, Elsevier B.V., 2011.
- CEERCO, C. AND COLE, T., 1993. Three-Dimensional Eutrophication Model of Cheasepeake Bay, Env. Eng. Div., ASCE, Vol. 119, No. 6.
- CHR / RS, 1997. Avaliação Quali-Quantitativa das Disponibilidades e Demandas de Água na Bacia Hidrográfica do rio Caí.,P. Alegre.
- COLE, T.; WELLS, S.A. CE-QUAL-W2, V 3.5, 2007. A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.5. Engineering and Research Development Center, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- COLE, T.; WELLS, S.A. CE-QUAL-W2, V 3.71, 2011. A Two-Dimensional, Laterally Averaged, Hydrodynamic and Water Quality Model, Version 3.7. Department of Civil and Environmental Engineering Portland State University.
- CONAMA. 2005. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução 357 de 17/03/2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências – Revoga a Res. 020/1986.
- DE LUCA, S. J. Simulação matemática da qualidade ambiental dos recursos hídricos do lago Paranoá. Cenários de sustentabilidade ambiental - modelo CE QUAL w2 v.3.1. Plano diretor de águas e esgotos do distrito federal e entorno, 2003.
- DE LUCA, S. J.; PICKBRENNER, K.; PEREIRA, D. 2004. Previsão de Impactos nos Recursos Hídricos Empregando Modelo CE-QUAL-W2 V3.1. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- DE LUCA, S.J. E PRATES, S.H. 2000. Simulação da Influência na Qualidade da Água dos Cenários de Desmatamento da UHE Dona Francisca, Anais do XX Congresso AIDIS, Dez, Porto Alegre/RS,
- DE LUCA. 2005. Simulação Matemática de Impactos Ambientais Sanitários da Disposição Final de Efluentes não Tratados em Corpo Receptor. Estudo De Caso: Sub-Bacia Do Arroio Demétrio, Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí/RS. Relatório Final. Programa de Pesquisa em Saúde e Saneamento, 56p.
- DESENVIX. Estudo de Impacto Ambiental do AHE Canto do Rio - Rio Canoas. ETS. Dezembro – 2009.

- ECOSSISTÊMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE – 2009. Simulação matemática da qualidade da água em diferentes cenários de desmatamento dos reservatórios das PCH's Criúva e Palanquinho – Rio Lajeado Grande/RS.
- ECOSSISTÊMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE – 2012. Simulação da qualidade das águas em diferentes cenários de desmatamento – PCH Toca do Tigre, Rio Turvo, municípios de Braga e Bom Progresso/RS. CJ Hydro.
- ELETROSUL S/A, 1997. Potencial de Fitomassa da Área de Inundação, UHE Machadinho.DT 009 Florianópolis/SC.
- ELETROSUL,1998. EIA/RIMA UHE Machadinho, Florianópolis / SC.
- EPA/600/3-85/040, 1985. Rates, Constants, and Kinetics Formulations in Surface Water Quality Modeling, 2nd ed., June.
- ESTEVEZ, F.A. Fundamentos de Limnologia. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998.
- FEARNSIDE, P., 1995. Hydroelectric Dams in the Brazilian Amazon as Sources of “Greengouse”Gases. Env. Conserv., 22, No 1, pp 7 a 19.
- FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA S/A, 2010, Parametrização do Modelo CE QUAL W2 para estimar o efeito da Biomassa Inundada na Qualidade da Água do Reservatório do AHE Foz do Chapecó. Florianópolis/SC.
- FOZ DO CHAPECÓ ENERGIA S/A, 2008. Estudo e Fitossociologia, Relatório de Inventário Florestal e de Supressão Vegetal, Vol 1 e 6, Anexos 1,2,3,e 5., Florianópolis/SC.
- FROSSARD, H.; CAETANO FILHO, M. 2016. Limnologia para criação de peixes. Disponível em <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfaWwAL/limnologia#> Acessado em 22/09/2016.
- GESAI, CONSÓRCIO – Geração Santa Isabel. Estudo de Impacto Ambiental-EIA do Aproveitamento Hidrelétrico-AHE Santa Isabel. 2010.
- GERTSEV, V. AND GERTSEVA, V., 1999. A Model od Sturgeon Distribution under a Dam of a Hydroelectric Power Plant. Ecol. Modelling, 119:21-28.
- GIMENES, K. Z., CUNHA-SANTINO, M. B., BIANCHINI JR, I. Decomposição de matéria orgânica alóctone e autóctone em ecossistemas aquáticos. Oecologia Australis. Dezembro 2010.
- GOLDSMITH, E. E HILDYARD, N., 1984. The Social and Environmental Effects of Large Dams., Sierra Club Books, S. Francisco.
- GUNDUZ, O, SOYUPAK, S. E YURTERI, C., 1998, Development of Water Quality Management Strategies for The Proposed ISIKLI Reservoir, Wat. Sci. & Tech., 37, no 2, pp 369-376.
- HAGGARD B. E.; GREEN, W. R. Simulation of Hydrodynamics, Temperature, and Dissolved Oxygen in Beaver Lake, Arkansas, 1994-1995. Water-Resources Investigations Report 02-4116, Little Rock, Arkansas, 21p, 2002.
- HAMILTON, D AND SCHLADOW, S., 1997. Prediction of Water Quality in Lakes and Reservoirs. Part I e II. Ecol. Modelling, 96: 91-123.
- HESPANHOL, I. Impactos ambientais por reservatórios de água: o caso particular da vegetação inundada. Rev. Politécnica, 183: 16-20, 1984
- HIDROTÉRMICA - 2008. Simulação matemática das Pequenas Centrais Hidrelétricas Caçador, Boa Fé, São Paulo

e Autódromo – Reservatórios e Alças de vazão reduzida – Rio Carreiro.

HIDROTÉRMICA - 2009. Simulação matemática de Alternativas de Barramento para PCH São Paulo – Reservatório e Alça de vazão reduzida – Rio Carreiro.

INEO. INSTITUTO NEOTROPICAL DE PESQUISAS AMBIENTAIS. 2016. Monitoramento Limnológico e Ictiológico na UHE Salto Santiago. Toledo, 250p. (relatório técnico).

JAMES, A., 1993. Water Quality Modelling, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York.

JORGENSEN, S.E., 1986. Fundamentals of Ecological Modelling. Elsevier, Amsterdam.

KLEIN, R.M. Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. In: REITZ, R. Flora Ilustrada Catarinense, Itajaí, 1978. parte V, 24p.

KUO, J. T.; LUNG, W. S.; YANG, C. P.; LIU, W. C.; YANG, M. D.; TANG, T. S. Eutrophication modelling of reservoirs in Taiwan. Environmental Modelling & Software. 2005.

MAESA/RTK. 1999. Determinação das Vazões e dos Níveis do rio Pelotas a Jusante da Barragem da UHE Machadinho, durante a Fase de Enchimento do Reservatório. Relatório Interno, Florianópolis / SC.

ORLOB, 1983. Mathematical Modeling of Water Quality: Steams, Lakes and Reservoirs. ISASS, Wiley-Interscience, New York.

PEREIRA, A, TASSIN, B E JOERGENSEN, S., 1994. A Model for the Decomposition of the Drawn Vegetation in an Amazonian Reservoir. Ecological Modelling, 75/76, pp 447-458.

PEREIRA, A. E TASSIN, B., 1995. Modelagem Matemática do Regime Térmico da UHE Tucuruí, RBE, Cad. Rec. Hídr., Junho, Vol 13, No. 1.

PY-DANIEL, S.S.; KASPER, D.; FORSBERG, B. 2012. Efeito da barragem nos níveis de mercúrio em peixes tucunarés (*Cichla spp*) localizados a jusante do reservatório de Balbina, Amazonas. In: I Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPq – PAIC/FAPEAM, Manaus.

RAZVAN, E., 1992. The Environmental Impact of Large Dams. Wat. Power and Dam Constr., October.

ROSMAN, P.C.C. R4 - Relatório de Modelagem Hidrodinâmica e de Qualidade de Água no Reservatório do AHE Jirau - Modelagem de Hidrodinâmica Ambiental, Qualidade de Água e Processos Sedimentológicos em rios conexos ao Aproveitamento Hidrelétrico de Jirau – RO. AECO/PEEnO/COPPE/UFRJ, 2011.

RTK, 1999. Avaliação de Qualidade da Água da Área de Influência da UHE Machadinho, Períodos 88/89 e 97/98. Florianópolis / SC.

SOARES, F. G. Plano ambiental de conservação e uso do entorno dos reservatórios do setor elétrico: uma pesquisa usando o método DELPHI. Universidade Federal de Pernambuco centro de filosofia e ciências humanas - Mestrado em gestão e políticas ambientais. 2005.

SOUSA, I. V. A., SOUZA, R. O. & PAULINO, W. D. Cálculo do índice de estado trófico em reservatório com estudo de caso no reservatório Acarape do Meio. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. São Paulo. 2007.

SOUZA, R. S. Simulação hidrodinâmica da qualidade da água. Estudo de caso: ajuste do modelo ce-qual-w2 à sub-bacia do arroio demétrio, bacia hidrográfica do rio gravataí/rs. Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 2006.

THERIEN, N., SPILLER, G E COUPAL, B., 1982, Simulation de la Decomposition de Matière Vegetale e de Sols

-
- Inondees dans le Reservoirs de la Region de la Baie de James., CWRA Journ., 7, 1:375-396.
- VAL, A.L.; ALMEIDA-VAL, V.M.; RANDALL, D.J. 1996. Physiology and byochemistry of the fishes os the amazon. Manaus, Editora do Inpa. 402p.
- VILAS BOAS, C. L. Modelo multicritério de apoio a decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: Estudo da barragem do ribeirão João Leite. Universidade de Brasília – Departamento de Economia – Mestrado em gestão econômica do meio ambiente. 2006.
- WELLS, S. 2005. Surface Water Hydrodynamic and Water Quality Models: Use and Misuse. 23rd Annual Water Law Conference. San Diego, CA. February, 10p.
- WILLIAMS, N. T. Modeling dissolved oxygen in lake powell using ce-qual-w2. Department of Civil and Environmental Engineering Brigham Young University. 2007.
- WLOSNSKI, J e Collins, C., 1985. Evaluation of a Water Quality Model (CE-QUAI-R1) using Data from a Small Wisconsin Reservoir, Ecol. Modelling, 29:303-313.
- XUEMIN, C., 1992. Reservoir Sedimentation at Chinese Hydro Schemes., Water Power and Dam Construcion, October.
- ZHEN-GANG JI. Hydrodynamics and water quality: Modelling rivers, lakes, and estuaries. New Jersey. 2008.

10. ANEXOS

- MAPA DE DISCRETIZAÇÃO
- MAPA DE ESTAÇÕES DA ANA
- MAPA DE PONTOS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA

