

Ferrovias Transnordestina

PLANO BÁSICO AMBIENTAL – PBA

**GESTÃO AMBIENTAL E IMPLEMENTAÇÃO DE PROGRAMAS
SOCIOAMBIENTAIS NO ÂMBITO DAS OBRAS DA FERROVIA
TRANSNORDESTINA**

QUALIDADE DA ÁGUA E LIMNOLOGIA

14 a 22 de Janeiro de 2011

Trecho 2: Salgueiro/PE – Suape/PE

São Paulo

Abril/2011

IDENTIFICAÇÃO DO EMPREENDEDOR

TLSA – Transnordestina Logística S.A

CNPJ: 02.281.836/0001-37

Endereço: Av. Francisco Sá, 4829

Bairro: Álvaro Weyne

Município: Fortaleza/CE CEP: 60 310-002

Contato: Ludmila Alves de Brito

E-mail: ludmila.brito@tlsa.com.br

Telefone: (85) 4008-2771 Fax: (85) 4008-2507

IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA RESPONSÁVEL

ARCADIS Tetraplan S/A – São Paulo

Avenida Nove de Julho, 5966 - Térreo

São Paulo/SP CEP 01407-200

Fone/fax: (11) 3060.8457

www.tetraplan.com.br

Contato: Rodrigo Kato

E-mail: rodrigo.kato@tetraplan.com.br

1. Apresentação

O presente relatório, elaborado pela empresa Arcadis Tetraplan, consolida a Oitava Campanha do Programa de Monitoramento da Qualidade da Água e a Primeira Campanha de Limnologia no contexto do Plano Básico Ambiental – PBA da Ferrovia Transnordestina compreendendo o Trecho 2 - Salgueiro (PE) a Suape (PE).

O trabalho foi realizado nos dias 14 a 22 de janeiro de 2011, no período chuvoso. As atividades foram desenvolvidas com base no Parecer Técnico COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA n.º 030/2009, de 16 de março de 2009 (Processo: 02001.004158/2007-59), referente à análise do EIA da Ferrovia Nova Transnordestina, no Trecho Salgueiro (PE) a Suape (PE).

Com essa orientação, este documento compreende oito itens principais, incluindo a apresentação:

O item 2 refere-se aos objetivos deste programa.

No item 3, citam-se as características do projeto.

No item 4 descreve-se a metodologia adotada, incluindo a rede de amostragem e os métodos de coleta e análise das amostras de água e das comunidades aquáticas.

No item 5 são apresentados os resultados obtidos para qualidade da água e limnologia.

No item 6 são apresentadas as conclusões e recomendações.

No item 7 consta a relação da equipe técnica responsável pelos trabalhos, enquanto que no item 8 listam-se as referências bibliográficas.

2. Objetivos

O *Programa de Monitoramento da Qualidade da Água e Limnologia* tem como principais objetivos:

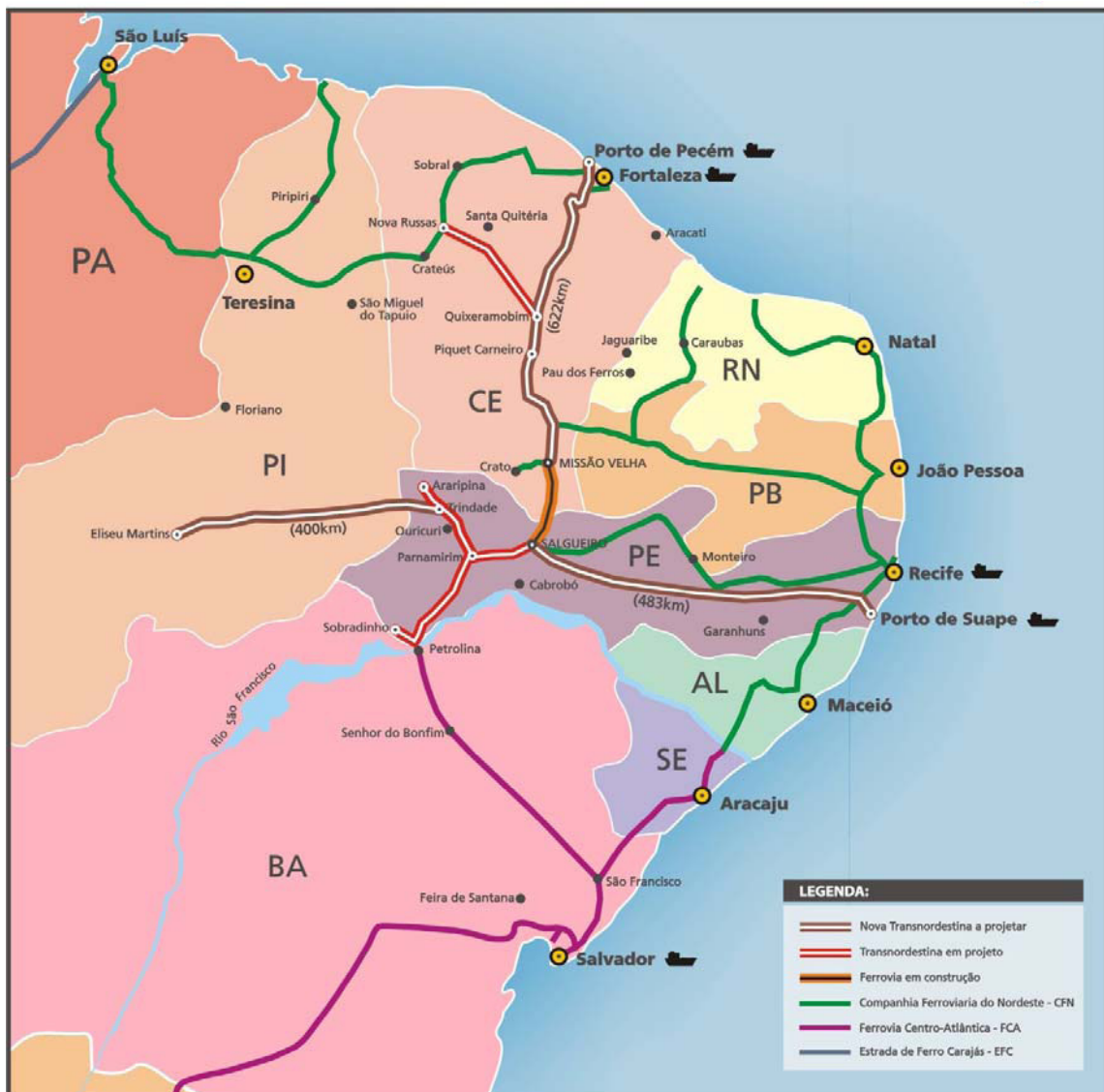
- Monitorar a qualidade das águas das principais drenagens a serem cruzadas pela Transnordestina no trecho Salgueiro (PE) – Suape (PE), denominado SPS, a partir de análises físico, químicas e bacteriológicas.
- Monitorar a biota aquática por meio de análises qualitativas e quantitativas das comunidades fitoplanctônicas, perifíticas, zooplanctônicas e invertebrados bentônicos.
- Analisar eventuais interferências nas águas decorrentes de ações antrópicas exógenas às atividades do empreendimento, como lançamento de esgotos domésticos e lixo no ambiente, além do aporte de dejetos de animais, entre outras cargas poluidoras geradas na respectiva bacia de drenagem.
- Apontar medidas preventivas e corretivas necessárias à preservação do ecossistema aquático.

3. Características do Projeto

O Trecho 2 da Ferrovia Transnordestina, também denominado SPS, interligará a cidade de Salgueiro com a cidade de Ipojuca no Estado de Pernambuco, conforme **Figura 3-1**, a seguir apresentada. Através de outras linhas da Transnordestina, formará um sistema com tecnologia avançada em transporte de cargas agrícola e mineral, até os portos de Pecém (CE) e Suape (PE).

Esse trecho, com 522 km de extensão, está subdividido em nove lotes principais, denominados 1 a 9. No período da oitava campanha de qualidade da água e limnologia, as frentes de obras do projeto encontravam-se parcialmente em desenvolvimento nos lotes 1 e 2.

Figura 3-1 - Mapa de Localização do Empreendimento



4. Metodologia e Ações Gerais de Desenvolvimento do Programa

A seguir descreve-se a metodologia adotada na oitava campanha de Monitoramento da Qualidade da Água e na Primeira Campanha de Limnologia da Ferrovia Transnordestina, incluindo a rede de amostragem (item 4.1) e os métodos de coleta e análise das amostras (item 4.2). No item 5 são apresentados os resultados obtidos.

4.1 Rede de Amostragem

De acordo com as orientações do PBA da Ferrovia Transnordestina (Arcadis Tetraplan, 2009) e do Parecer Técnico COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA n.º 030/2009, a rede de amostragem estabelecida no Trecho 2 compreende um total de 41 pontos, distribuídos nas seguintes sub-bacias: Terra Nova, Pajeú, Moxotó, Ipanema, Una, Sirinhaém e Ipojuca. **(Figura 4.1-1).**

Nessa oitava campanha de qualidade da água, realizada nos dias 14 a 22 de janeiro de 2011, foram avaliadas as drenagens inserida nas frentes de trabalho, compreendendo quatro pontos, situados nos rios Pajeú (PE 07) e Exu Velho (PE 07A), além de dois pontos representativos de ambientes lênticos: açudes Formiga (PE 01A) e Varzinha (PE 09).

No rio Pajeú coletaram-se duas amostras, as quais receberam a denominação M (montante) e J (jusante), segundo seu posicionamento em relação ao ponto avaliado. No rio Exu Velho, a coleta de água foi realizada apenas a montante das obras, devido à ausência de escoamento superficial a jusante da linha férrea. Nos açudes Formiga e Varzinha, coletaram-se duas amostras. Nesse sentido, a avaliação da qualidade da água nessa oitava campanha compreendeu um total de cinco amostras.

Nesse mesmo período foi realizada a primeira campanha de limnologia, onde foram inspecionados 41 pontos, distribuídos nas sub-bacias dos rios Terra Nova (5 pontos), Pajeú (8 pontos), Moxotó (11 pontos), Ipanema (7 pontos), Una (7 pontos), Sirinhaém (2 pontos) e Ipojuca (1 ponto)

Nesse conjunto de drenagens inspecionadas, grande parte é intermitente e, mesmo no período chuvoso, muitos cursos d'água encontravam-se sem escoamento superficial.

Dentre os pontos inspecionados, em quinze cursos d'água foi possível realizar a coleta das comunidades fitoplanctônica, zooplanctônica e de invertebrados bentônicos:

- bacia do rio Terra Nova: açude Formiga (PE 01A), situado no lote 1.
- bacia do rio Pajeú: rio Exu Velho (PE 07A), rio Pajeú (PE 07) e açude Varzinha (PE 09), situados no lote 2.
- bacia do rio Moxotó: riacho do Mel (PE 23), situado no lote 4.
- bacia do rio Ipanema: afluente do rio Ipanema (PE 26), no lote 5, e o açude dos Tambores (PE 28), no lote 6.

- bacia do rio Una: riacho do Riachão (PE 32) e rio da Prata (PE 34), no lote 7, rio Camevó (PE 35), açude Coiceiro (PE 37) e rio Preto (PE 38), no lote 8.
- bacia do rio Sirinhaém: rio Sirinhaém (PE 39) e rio Amaraji (PE 40), no lote 9.
- bacia do rio Ipojuca: rio Ipojuca (PE 41), no lote 9.

Para a comunidade periférica, adotou-se a mesma rede amostral mencionada acima, com exceção do trecho a montante do rio Pajeú (PE 07M). Nestes locais, no momento da coleta, não foram encontrados substratos colonizados com esses organismos.

Em campo, foram anotadas informações visando fornecer subsídios à interpretação dos resultados analíticos: identificação do ponto com os códigos especificados no projeto, curso d'água, sub-bacia ou unidade de planejamento ambiental, localização geográfica com GPS, data e hora de coleta e ocorrência de chuva nas últimas 24 horas.

Também foram observados os usos do solo predominante no entorno, as fontes pontuais e difusas de poluição, o grau de preservação da mata ciliar e o estágio de intervenção das obras da ferrovia nas drenagens correspondentes, com respectivo registro fotográfico.



Figura 4.1-1 – Rede de Amostragem de Qualidade da Água – Oitava Campanha (janeiro de 2011).

4.2 Metodologia de Coleta e Análises

1.2.1.1. 4.2.1 Qualidade da Água

As variáveis adotadas para avaliação da qualidade da água no Trecho 2 da Ferrovia Transnordestina foram baseadas na Resolução Conama 357/05, sendo selecionados os parâmetros passíveis de indicar eventuais interferências resultantes da implantação e da operação do empreendimento, especialmente associados ao transporte de sólidos e ao lançamento de efluentes nos cursos d'água.

No **Quadro 4.2.1-1**, consta a relação das variáveis físicas, químicas e bacteriológicas analisadas, incluindo o Valor Máximo Permitido – VMP definido pela legislação para águas doces classe 2, como é o caso dos corpos d'água em estudo, incluindo também os respectivos limites de detecção do método analítico.

Os dados de temperatura da água e do ar, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, sólidos dissolvidos totais e turbidez foram obtidos diretamente em campo, com uso de aparelhos de medição direta.

Para as demais variáveis, coletaram-se alíquotas em frascos específicos, as quais foram devidamente acondicionadas e preservadas conforme padrões estabelecidos pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21^a edição e encaminhadas ao laboratório da empresa Potare.

Quadro 4.2.1-1 Metodologia Analítica das Variáveis Físico, Químicas e Bacteriológicas Analisadas na Oitava Campanha de Monitoramento (janeiro de 2011)

Parâmetros	Unidade	L.Q ⁽²⁾	VMP ⁽³⁾	Metodologia Analítica
Clorofila-a	µg/L	3	30	SM
Coliformes Termotolerante (fecais)	NMP/100 mL	1,1	1.000	SM
Coliformes Totais	NMP/100 mL	1,1	-	SM
Condutividade ⁽¹⁾	µS/cm	-	-	Sonda Horiba U-52
Cor Verdadeira	mg Pt/L	1	Até 75	L5.117
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg/L	1	5	L5.120
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	1	-	L5.121
Ferro Dissolvido	mg/L	0,05	0,3	L5.126
Fósforo Total	mg/L	0,05	0,03 mg/L ambientes lênticos - 0,10 mg/L ambientes lóticos	L5.128
Fenóis Totais	mg/L	0,001	0,003	L5. 125
Manganês Total	mg/L	0,01	0,1	L5.133
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	0,05	-	L5.139
Nitrogênio Amoniacal	mg/L	0,06	3,7mg/L N, para pH ≤7, 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	L5.136
Nitrogênio Orgânico	mg/L	0,05	-	Cálculo
Nitrogênio – Nitrito	mg/L	0,07	1	L5.138
Nitrogênio – Nitrato	mg/L	2,2	10	L5.137
Óleos e Graxas	mg/L	1	Virtualmente ausentes	L5. 142
Oxigênio Dissolvido – OD ⁽¹⁾	mg/L	-	≥ 5,0	Sonda Horiba U-52
pH ⁽¹⁾	-	-	6,0 – 9,0	Sonda Horiba U-52
Salinidade ⁽¹⁾	‰	-	-	Sonda Horiba U-52
Sólidos Dissolvidos Totais ⁽¹⁾	mg/L	-	500	Sonda Horiba U-52
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	1	-	L5.149
Temperatura do Ar ⁽¹⁾	°C	-	-	Termômetro Digital
Temperatura da Água ⁽¹⁾	°C	-	-	Sonda Horiba U-52

Parâmetros	Unidade	L.Q ⁽²⁾	VMP ⁽³⁾	Metodologia Analítica
Turbidez ⁽¹⁾	UNT	-	100	Sonda Horiba U-52

⁽¹⁾Variáveis determinadas em campo com uso de aparelhos de medição direta; ⁽²⁾L. Q. - Limite de detecção do método analítico; L – Norma Técnica CETESB; SM - Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 21st Edition, 2005; ⁽³⁾VMP – Valores Máximos Permitidos pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2.

4.2.2 Limnologia

A avaliação limnológica no Trecho 2 compreendeu a análise das comunidades fitoplanctônicas, perifíticas, zooplanctônicas e invertebrados bentônicos. Esses organismos respondem de forma temporal e espacial, sobretudo nos cursos d'água permanentes, a eventuais impactos resultantes de intervenções físicas nos terrenos e de introdução de efluentes.

O laboratório da empresa Econsult Estudos Ambientais Ltda responsabilizou-se pela coleta e análise das amostras.

Na sequência são descritos os procedimentos de coleta e preservação de amostras, análises em laboratório e dos dados, e os resultados obtidos são apresentados no item 6.

4.2.2.1. Fitoplâncton

Em cada ponto da rede amostral, foram adotados os seguintes procedimentos:

- Coleta de amostras qualitativas (taxonômica) e quantitativas (densidade) do fitoplâncton. As amostras qualitativas foram tomadas por meio de arrastos, utilizando-se rede de 20 µm de abertura de malha.
- As amostras quantitativas foram realizadas pelo método denominado "Fitoplâncton Total", que consiste em submergir um frasco de 250 mL diretamente na água em profundidade aproximada de 30 cm até seu completo enchimento.
- Para preservação da amostra qualitativa, utilizou-se solução de formol a 4% neutralizada com bicarbonato de sódio. Nas amostras quantitativas, foram adicionadas gotas de lugol.
- Os frascos de coleta foram homogeneizados, etiquetados e encaminhados ao laboratório para identificação e contagem dos principais grupos taxonômicos.

a) Análise em laboratório

Em laboratório, a quantificação do fitoplâncton seguiu o método de sedimentação em câmaras, descrito por Utermöhl (1958). No procedimento de contagem, a metodologia de campos aleatórios foi adotada, utilizando-se microscópio invertido, marca Quimis com aumento de 400 vezes.

Dependendo do número de algas presentes na amostra, utilizaram-se câmaras de volumes diferentes (2,5 ou 10 mL). O tempo de sedimentação foi estimado em três horas (no mínimo) para cada centímetro de altura da câmara, segundo Wetzel & Likens (1991). Cada célula, cenóbio, colônia ou filamento foi considerado um indivíduo.

Realizou-se a contagem dos indivíduos em campos horizontais e verticais, sendo o número mínimo de campos determinado pelo gráfico de estabilização da curva de espécies, obtido a partir de espécies novas adicionadas a cada campo contado (Gemelgo, 2008; Sant'Anna, 2006). A densidade foi calculada de acordo com Weber (1973), sendo expressa em organismos por mililitro (org./mL).

A identificação taxonômica do fitoplâncton foi baseada em bibliografia específica para cada grupo de algas e de cianobactérias, com base nos sistemas de classificação e identificação de Komárek & Anagnostidis (1989, 1999 e 2005). O processo de identificação ocorreu até o nível de gênero ou espécie a partir da análise populacional, utilizando-se microscópio binocular, através de câmera de captação de imagem, com resolução máxima de 1.000 vezes.

b) Análise dos Dados

Na avaliação dos resultados do fitoplâncton foram utilizados os seguintes índices descritores de comunidades:

- **Análise Qualitativa**

- Riqueza de Espécies: aponta o número total de táxons presentes nas amostras.
- Distribuição Espacial: a leitura da distribuição espacial dos organismos na rede de amostragem foi realizada com base na presença ou na ausência de determinado táxon nos pontos de coleta.
- Frequência Relativa: foi calculada de acordo com Mateucci & Colma (1982), dividindo-se o número de registros da espécie pelo número total de amostras analisadas, sendo expresso em percentagem (%).

As espécies que computaram frequência relativa de 100% foram consideradas constantes, entre 50% a 90% freqüentes, entre 49 e 10% esporádicas, e ocasionais entre 9% a 1% (Ávila, 2002).

- **Análise Quantitativa**

- Densidade Numérica: indica a quantidade de organismos presentes nas amostras.
- Abundância Relativa: foi calculada pela seguinte fórmula: $\% Spy = (n \times 100) / N$

Onde:

Spy = grupo ou espécie

n = número total de organismos da espécie

N = número total de organismos na amostra.

Os resultados são expressos em percentagem (%), com base no critério adotado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2000): > 60% abundante; 30-60% muito comum; 5 – 30% comum; 1- 5% ocasional e <1% rara.

- Índice de Diversidade de Espécies: adotou-se o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H'), calculado pela seguinte fórmula:

$$H' = -\sum pi \cdot \log_2 pi \quad e \quad pi = \frac{n}{N}$$

Onde:

H' = Índice de Diversidade de Shannon-Winner, em bit.indivíduo⁻¹

p_i = abundância relativa

n = número de indivíduos coletados da espécie

N = total de indivíduos coletados no ponto

De acordo com a classificação proposta por Shannon (1948), valores acima 4,0 bits.ind⁻¹ indicam diversidade de espécies muito alta, entre 3,0 e 4,0 bits.ind⁻¹ representam diversidade alta, entre 2,0 e 3,0 bits.ind⁻¹ diversidade média, abaixo de 2,0 bits.ind⁻¹ representam valores de diversidade baixa, o que implica sistemas aquáticos mais alterados.

- Índice de Equitabilidade: se refere à distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo proporcional à diversidade e inversamente proporcional à dominância. A medida de equitabilidade ou equidade (uniformidade) compara a diversidade de Shannon-Wiener com a distribuição das espécies observadas. Este índice é obtido através da equação: $J = H' / H'_{\text{máximo}}$

Onde:

H' = índice de Shannon

J = equitabilidade,

H' máximo = logaritmo neperiano de S .

Os resultados de equitabilidade variam de 0 a 1, sendo que valores acima de 0,5 indicam que os indivíduos estão bem distribuídos entre as diferentes espécies, condição normalmente detectada em sistemas aquáticos preservados; o inverso ocorre quando se obtêm valores abaixo de 0,5, mostrando ambientes mais alterados.

- Índice de Similaridade: o grau de semelhança entre os pontos de coleta foi avaliado pelo índice de similaridade de Bray - Curtis a partir dos resultados de densidade, utilizando-se o programa BioDiversity Professional (Neil MacAleece, 1997).

4.2.2.2. Perifíton

Em cada ponto da rede de amostragem, coletaram-se amostras qualitativas de perifíton, sendo realizado um esforço amostral para abranger multi-hábitats.

- Foram delimitadas áreas amostrais, conforme substrato recoberto por organismos disponível.
- As amostras qualitativas foram coletadas com auxílio de escovas e jatos d'água e/ou pá, retirando-se a camada superficial do substrato.
- O material removido foi imediatamente fixado com lugol acético 0,5% em volume conhecido e mantido no escuro a temperatura ambiente (Vercellino, 2006). Os frascos

foram a seguir homogeneizados, etiquetados e acondicionados para envio ao laboratório para identificação dos principais grupos taxonômicos.

a) Análise em laboratório

A identificação taxonômica da comunidade perífita foi baseada em bibliografia específica para cada grupo de algas, com base nos sistemas de classificação e identificação propostos por Komárek & Anagnostidis (1989, 1999 e 2005), Albuquerque & Menezes (1997), Bicudo (2004).

O processo de identificação ocorreu até o nível de gênero ou espécie a partir da análise populacional, utilizando-se microscópio binocular, com filtro azul e cinza, câmera de captação de imagem, com resolução máxima de 1.000 vezes. A identificação foi feita levando-se em consideração as características morfológicas de valor taxonômico, bem como medidas e fotomicrografias.

A densidade de organismos foi calculada pelo método de Utermöhl (Lund et al. 1958), com contagem realizada em transecções horizontais e verticais. O número de campos quantificado estabelecido baseou-se nos critérios de contagem mínima de 100 indivíduos da espécie mais frequentes da amostra e na curva de rarefação de espécies (Bicudo, 1990).

b) Análise dos Dados

Na avaliação dos resultados do perifíton foram utilizados os mesmos índices descritos anteriormente na avaliação da comunidade fitoplânctônica, quais sejam: riqueza de espécies, distribuição espacial, frequência relativa, densidade numérica, abundância relativa, índices de diversidade, equitabilidade e similaridade.

4.2.2.3. Zooplâncton

Em cada ponto da rede amostral, foram adotados os seguintes procedimentos:

- Coleta de amostras qualitativas (taxonômica) e quantitativas (densidade de organismos) do zooplâncton.
- As amostras qualitativas foram tomadas por meio de arraste de rede de 68 µm de abertura de malha, enquanto que a amostragem quantitativa foi realizada em recipientes de 10 L, filtrando-se um total de 100 L de água e concentrando o volume no recipiente da rede para posterior acondicionamento em frascos de 250 mL.
- Na preservação das amostras qualitativas e quantitativas do zooplâncton, foram adicionados 30 mL de água gaseificada. Após 20 minutos acrescentou-se solução de formalina (4%) neutralizada com bicarbonato de sódio.

Os frascos de coleta foram homogeneizados, etiquetados e encaminhados ao laboratório para identificação e contagem dos principais grupos taxonômicos.

a) Análise em laboratório

Em laboratório, as amostras de zooplâncton foram coradas com rosa de bengala 0,1%, para facilitar a visualização dos organismos.

As amostras com pequeno número de organismos foram analisadas integralmente. Aquelas que continham um elevado número de indivíduos foram avaliadas por meio de subamostragem, conforme proposto pela CETESB (2000). Nesse caso, a amostra foi transferida para um béquer (250 mL), homogeneizada e analisada a partir de alíquotas de 1 mL.

Os indivíduos dos grupos dos cladóceros e copépodes foram identificados com auxílio de microscópio óptico, sendo contados em placa de Petri com fundo quadriculado, sob lupa. Organismos menores, tais como os rotíferos, foram identificados e contados na câmara de Sedgwick-Rafter, sob microscópio, sempre que possível ao nível de espécie, utilizando-se chaves de identificação e descrições disponíveis em literatura especializada, com destaque para Coelho-Botelho (2006), Koste (1991), entre outros.

A densidade numérica é expressa em organismos por metro cúbico (org/m³).

b) Análise dos Dados

Na avaliação dos resultados da comunidade zooplancônica foram utilizados os mesmos índices descritos anteriormente na avaliação da comunidade fitoplanctônica, quais sejam: riqueza de espécies, distribuição espacial, frequência relativa, densidade numérica, abundância relativa, índices de diversidade, equitabilidade e similaridade.

4.2.2.4. Invertebrados Bentônicos

A metodologia empregada para coleta, identificação e contagem da comunidade de invertebrados bentônicos foi orientada pela Normatização Técnica – CETESB L. 5.309 - Determinação de Bentos de Água Doce - Macroinvertebrados Bentônicos - Método Qualitativo e Quantitativo (2003).

A comunidade bentônica foi avaliada por meio de análises qualitativas e quantitativas.

- Nos açudes, as amostras de sedimento foram coletadas com o pegador do tipo Eckman-Birge, indicado para fundos lodosos. Em riachos de pequena profundidade, utilizou-se o amostrador Corer.
- Em campo, as amostras foram previamente lavadas com malha de abertura 250 µm e preservadas com solução de formol a 4% neutralizado com bicarbonato de sódio, sendo encaminhado posteriormente ao laboratório.

a) Análise em laboratório

Em laboratório, as amostras foram coradas com rosa de bengala 0,1% por um período mínimo de 48 horas. Aplicou-se cerca de 10 a 20 mL do corante, de acordo com a concentração de matéria orgânica presente no substrato.

As amostras com conteúdo elevado de areia foram submetidas ao processo de flutuação, que consiste em acrescentar solução salina em uma bandeja, onde os organismos tendem a flutuar. Após a retirada desses organismos, procedeu-se novamente a passagem do sobrenadante em peneira com malha de 250µm.

As amostras foram triadas em placas de Petri quadriculadas com auxílio de estereomicroscópio com aumento de 40 vezes. Os exemplares foram separados em frascos de 20 mL com álcool 70^o, de acordo com o grupo taxonômico. Esses organismos foram identificados ao menor nível taxonômico possível, com uso de chaves publicadas por Mccafferty (1981); Merritt & Cummins (1984); Epler (1992); Trivinho-Strixino & Strixino (1995), Pérez (1988) entre outras.

Os resultados de densidade são expressos em organismos por metro quadrado (org/m²).

b) Análise dos Dados

Na avaliação dos resultados da comunidade invertebrados bentônicos foram utilizados os mesmos índices descritos anteriormente na avaliação da comunidade fitoplanctônica, quais sejam: riqueza de espécies, distribuição espacial, frequência relativa, densidade numérica, abundância relativa, índices de diversidade, equitabilidade e similaridade.

5. Resultados Obtidos

5.1. Qualidade da Água

Os resultados do Trecho 2 da Ferrovia Transnordestina obtidos nesta oitava campanha de monitoramento são apresentados no contexto da bacia hidrográfica (**item 5.1.1**), sendo realizada ainda uma avaliação geral das variáveis analisadas (**item 5.1.2**). No **Anexo I**, constam os laudos analíticos emitidos pela empresa Potare, responsável pelas análises em laboratório.

5.1.1. Resultados por Bacia Hidrográfica

5.1.1.1. Bacia Hidrográfica Terra Nova

A) Aspectos Gerais

A bacia hidrográfica do rio Terra Nova está localizada no Sertão de Pernambuco. Insere-se nas microrregiões de Salgueiro e Petrolina. Limita-se ao norte com o Estado do Ceará; ao sul com o quarto e quinto grupos de bacias de pequenos rios interiores e o rio São Francisco; a leste com a bacia hidrográfica do rio Pajeú; e a oeste com a bacia hidrográfica do rio Brígida. Esta bacia apresenta uma área de drenagem de 5.015 km².

O rio Terra Nova tem extensão de 40 km, e é formado a partir da confluência dos riachos Macacos e Traíra a montante da cidade de Terra Nova. Os municípios inseridos nessa bacia atravessados pelo traçado da ferrovia são Salgueiro, São José do Belmonte e Verdejante.

O eixo da ferrovia passará apenas por trechos de rios intermitentes. Sob o aspecto de ecossistemas aquáticos, a ferrovia atravessará leitos de drenagens secos na maior parte do ano, que servirão de escoamento para as águas pluviais no período chuvoso.

Nessa bacia, foi coletada uma amostra no açude Formiga (Ponto PE 01A) que estava sob influência das obras de implantação da linha férrea.

Adicionalmente, foram inspecionados os Pontos PE 01B (riacho São José), PE 01 (riacho dos Milagres), PE 03 e PE 04, ambos são rios contribuintes da barragem de Salgueiro. Nesses locais não foi possível realizar a coleta de águas superficiais, pois encontravam-se secos, conforme apresentado nas **Fotos 5.1.1-1 a 5.1.1-4**.



Foto 5.1.1-1– Riacho São José (PE 01B): ausência de escoamento superficial.



Foto 5.1.1-2– Riacho Milagres (PE 01): leito completamente seco.



Foto 5.1.1-3– Rio contribuinte da barragem de Salgueiro (PE 03): ausência de escoamento superficial.



Foto 5.1.1-4– Rio contribuinte da barragem de Salgueiro (PE 04): ausência de escoamento superficial.

B) Qualidade da Água

▪ *Lote 1: Açude Formiga (PE 01A)*

Predomina no entorno desse curso d'água o uso do solo rural, e pequeno povoado, tendo como fonte de poluição a contribuição de dejetos de animais (bovinos e caprinos).

Os resultados das análises do açude Formiga são apresentados no **Quadro 5.1.1.1-1**. Os dados assinalados em vermelho apontam os valores que ultrapassaram os padrões estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2.

No momento da coleta verificou-se no açude Formiga profundidade de 15 m. A mata ciliar encontra-se parcialmente alterada em ambas as margens e constatou-se grande quantidade de macrófitas aquáticas flutuantes, sinalizando processo de assoreamento do leito e eutrofização das águas, conforme **Foto 5.1.1-5**.



Foto 5.1.1-5 – Açude Formiga (PE 01A): evidenciando coloração acentuada das águas.

Nesse ponto, ocorreu ultrapassagem dos limites estabelecidos pela legislação em relação às seguintes variáveis: oxigênio dissolvido (1,3 mg/L), ferro dissolvido (2,84 mg/L), manganês total (5,4 mg/L), cor verdadeira (707 mg Pt/L), turbidez (800 UNT) e fósforo total (0,5 mg/L)


Os demais parâmetros analisados estão condizentes com os padrões instituídos pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2.

Cabe destacar que esse açude apresentou as maiores concentrações de nitrogênio orgânico (82,5 mg/L) em relação aos demais pontos amostrados. Embora esse parâmetro não seja controlado pela legislação, valores elevados de nitrogênio apontam processo de eutrofização das águas, podendo comprometer os usos múltiplos desse manancial.

Quadro 5.1.1.1-1 Resultados das Análises Físico, Químicas e Bacteriológicas na Bacia Hidrográfica Terra Nova – Oitava Campanha (janeiro de 2011).

Parâmetros	Unidade	V.M.P ⁽¹⁾	LQ	PE 01A
Bacia Hidrográfica	-	-	-	Terra Nova
Localização	-	-	-	Açude Formiga
Coordenadas	Norte	-	-	9.119.362
	Leste	-	-	486.480
Regime Hidráulico	-	-	-	Lêntico
Lotes	-	-	-	LOTE 1
Data da Coleta	-	-	-	21/1/2011
Hora da Coleta	-	-	-	14:05
Chuvas nas 24 h	-	-	-	Sim
Clorofila-a	µg/L	30,0	3	<3
Coliformes Termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	1.000	1,1	13
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	1,1	23

Parâmetros	Unidade	V.M.P ⁽¹⁾	LQ	PE 01A
Condutividade*	µS/cm	-	-	313
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	1	707,0
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/L	5	1	3,0
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/L	-	1	34,8
Fenóis Totais	mg/L	0,003	0,001	0,001
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,05	2,84
Fósforo Total	mg/L	0,1/0,03 ²	0,05	0,5
Manganês Total	mg/L	0,1	0,01	5,4
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	-	0,05	82,5
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7/2,0 /1,0 /0,5 ³	0,06	<0,06
Nitrogênio Orgânico	mg/L	-	0,05	82,5
Nitrogênio Nitrito	mg/L	1,0	0,07	0,07
Nitrogênio Nitrato	mg/L	10	2,2	<2,2
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente ausentes	1	<1
Oxigênio Dissolvido - OD*	mg/L	≥5	-	1,3
pH*	-	6,0 a 9,0	-	6,9
Profundidade*	m	-	-	15
Salinidade*	‰	-	-	0,1
Sólidos Dissolvidos Totais*	mg/L	500	-	203
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-	1	557
Temperatura do Ar*	°C	-	-	37
Temperatura da Água*	°C	-	-	24,48
Turbidez*	UNT	100	-	800

Legenda:  Pontos Coletados na Frente de Obras da Ferrovia Transnordestina

¹ V.M.P = Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2

² V.M.P Fósforo Total: até 0,03 mg/L em ambientes lênticos e até 0,10 mg/L em ambientes lóticos

³ Nitrogênio Amoniacal Total: 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 - 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0

1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

(-) Não há referência pela Resolução CONAMA 357/05

* Variáveis determinadas em campo

5.1.1.2. Bacia Hidrográfica Pajeú

A) Aspectos Gerais

A bacia hidrográfica do rio Pajeú, com área de drenagem de 16.838,70 km², está localizada em sua totalidade no Estado de Pernambuco.

O rio Pajeú nasce na serra do Balanço, no município de Brejinho, a uma altitude aproximada de 800 m, próximo ao limite entre os estados de Pernambuco e Paraíba. Percorre uma distância de 347 km, inicialmente no sentido nordeste-sudeste até a localidade de Pajeú e

em seguida, no seu curso inferior, na direção norte-sul, até desaguar no lago de Itaparica, formado pela barragem no rio São Francisco.

Segundo anteriormente citado, a avaliação da qualidade da água na bacia Pajeú nesta oitava campanha compreendeu dois pontos (PE 07 e PE 07A), situados no lote 2, conforme resultados discutidos a seguir no item B.

Adicionalmente, nessa bacia foram inspecionados os Pontos PE 05 (açude Cachoeirinha), PE 06 (riacho São Cristovão) e PE 08 (riacho formador do Pajeú), porém a ausência de escoamento superficial impossibilitou a coleta de água, conforme apresentado nas **Fotos 5.1.1.2-1 e 5.1.1.2-3**



Foto 5.1.1.2-1 – Açude Cachoeirinha (PE 05): ausência de escoamento superficial.



Foto 5.1.1.2-2 – Riacho São Cristovão (PE 06): ausência de escoamento superficial.



Foto 5.1.1.2-3 – Riacho formador do Pajeú (PE 08): ausência de escoamento superficial.

B) Qualidade da Água

- *Lote 2: Rio Exu Velho (PE 07A)*

Trata-se de um dos afluentes da margem direita do rio Pajeú, situado a montante da confluência com o riacho Ingazeira. Esse curso d'água será interceptado pela ferrovia nas proximidades da BR 232, no município de Serra Talhada.

O entorno é ocupado principalmente por atividades rurais (pastagem) e povoados nas imediações. As principais fontes de poluição das águas são difusas relacionadas ao aporte de sólidos e de matéria fecal das áreas de pastagem.

A montante do empreendimento a mata ciliar encontrava-se parcialmente alterada em ambas as margens, sendo parte desse trecho destituída de vegetação. Conforme citado, na porção a jusante das obras, o rio encontrava-se sem escoamento superficial, conforme ilustrado nas **Fotos 5.1.1.2-3 e 5.1.1.2-4**.



Foto 5.1.1.2-3 – Rio Exu Velho(PE 07AM): vista geral a montante.



Foto 5.1.1.2-4 – Rio Exu Velho(PE 07AJ): ausência de escoamento superficial a jusante das obras.

Os resultados das análises da oitava campanha são apresentados, a seguir, no **Quadro 5.1.1.2-1**. Os dados assinalados em vermelho apontam os valores que ultrapassaram os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2.

No período de 24 horas, foi registrada a ocorrência de chuvas. Durante a coleta, verificou-se no rio Exu Velho pequena profundidade (1,5 m).

Os resultados obtidos evidenciam que, para a maioria dos parâmetros analisados, as características físicas, químicas e bacteriológicas das águas do rio Exu Velho são condizentes com os padrões estabelecidos pela Resolução Conama 357/05. As exceções referem-se às concentrações acentuadas de sólidos dissolvidos totais (615 mg/L) e ao déficit de oxigênio dissolvido (2,25 mg/L).

Quadro 5.1.1.2-1 Resultados das Análises Físicas, Químicas e Bacteriológicas na Bacia Hidrográfica Pajeú (PI 07AM) – Oitava Campanha (janeiro de 2011).

Parâmetros	Unidade	V.M.P ⁽¹⁾	LQ	PE 07AM
Bacia Hidrográfica	-	-	-	Pajeú
Localização	-	-	-	Rio Exu Velho
Coordenadas	Norte	-	-	9.115.032
	Leste	-	-	563.342
Regime Hidráulico	-	-	-	Lótico
Lotes	-	-	-	LOTE 2
Data da Coleta	-	-	-	22/1/2011
Hora da Coleta	-	-	-	17:10
Chuvas nas 24 h	-	-	-	Sim
Clorofila-a	µg/L	30,0	3	<3
Coliformes Termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	1.000	1,1	7,8
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	1,1	23
Condutividade*	µS/cm	-	-	962
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	1	14,3
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/L	5	1	2,0
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/L	-	1	27,1
Fenóis Totais	mg/L	0,003	0,001	0,002
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,05	0,05
Fósforo Total	mg/L	0,1/0,03 ²	0,05	0,05
Manganês Total	mg/L	0,1	0,01	0,03
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	-	0,05	1,9
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7/2,0 /1,0 /0,5 ³	0,06	0,1
Nitrogênio Orgânico	mg/L	-	0,05	1,8
Nitrogênio Nitrito	mg/L	1,0	0,07	<0,07
Nitrogênio Nitrato	mg/L	10	2,2	<2,2
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente ausentes	1	<1
Oxigênio Dissolvido - OD*	mg/L	≥5	-	2,25
pH*	-	6,0 a 9,0	-	8,7
Profundidade*	m	-	-	1,5
Salinidade Campo	‰	-	0,1	0,3
Sólidos Dissolvidos Totais*	mg/L	500	1	615
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-	1	<1
Temperatura do Ar*	°C	-	-	33
Temperatura da Água*	°C	-	-	27,5
Turbidez*	UNT	100	-	5,0

Legenda:



¹ V.M.P = Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2

² V.M.P Fósforo Total: até 0,03 mg/L em ambientes lênticos e até 0,10 mg/L em ambientes lóticos

³ Nitrogênio Amoniacoal Total: 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 - 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0

1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

(-) Não há referência pela Resolução CONAMA 357/05

* Variáveis determinadas em campo

▪ **Lote 2: Rio Pajeú (PE 07)**

O leito do rio Pajeú será cruzado pela ferrovia à altura do entroncamento com a BR-232 e PE-365. Predomina no entorno desse local uso do solo urbano da cidade de Serra Talhada. Nesse período, as obras estavam voltadas ao término da construção das colunas de sustentação do eixo ferroviário. O registro fotográfico do rio Pajeú consta abaixo nas **Fotos 5.1.1.2-5 e 5.1.1.2-7**.

O rio Pajeú apresentou igual profundidade (1m) tanto a montante como a jusante do empreendimento. A mata ciliar encontra-se parcialmente alterada em ambas as margens. Constatou-se grande quantidade de macrófitas aquáticas flutuantes desde a primeira campanha, desenvolvida em abril de 2010, sinalizando intenso processo de eutrofização.



Foto 5.1.1.2-5 – Rio Pajeú (PE 07M): espelho d'água totalmente recoberto com macrófitas aquáticas flutuantes (*Eichhornia*).



Foto 5.1.1.2-6 – Rio Pajeú (PE 07): colunas de sustentação da linha férrea.



Foto 5.1.1.2-7 – Rio Pajeú (PE 07J): vista geral a jusante das obras, em trecho recoberto por macrófitas aquáticas.

Os resultados das análises da oitava campanha são apresentados, a seguir, no **Quadro 5.1.1.2-2**. Os dados assinalados em vermelho apontam os valores que ultrapassaram os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2.

No período de 24 horas, foi registrada a ocorrência de chuvas. Nesse ponto, ocorreu ultrapassagem dos limites estabelecidos pela legislação em relação às seguintes variáveis amostradas a montante e a jusante das obras, respectivamente: coliformes termotolerantes (920.000 e 35.000 NMP/100mL), Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (6 mg/L, em ambos), fósforo total (1,8 mg/L, em ambos), manganês total (0,54 e 0,55 mg/L), nitrogênio amoniacal total (9,8 e 9,2 mg/L) e sólidos dissolvidos totais (675 e 661 mg/L)

Foram obtidos também níveis de oxigênio dissolvido abaixo do padrão considerado adequado pela legislação para a manutenção da fauna aquática, indicando um ambiente anóxico.


Os demais parâmetros analisados estão condizentes com os padrões instituídos pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2.

Os resultados analíticos indicam que o rio Pajeú é receptor de elevada carga de sólidos a partir da bacia de drenagem, tanto a montante como a jusante das obras, além de cargas de origem difusa e efluentes domésticos e industriais, conforme atestam os resultados de nitrogênio amoniacal, fenóis totais e coliformes termotolerantes.

Quadro 5.1.1.2-2 Resultados das Análises Físicas, Químicas e Bacteriológicas na Bacia Hidrográfica Pajeú (PE 07) – Oitava Campanha (janeiro de 2011).

Parâmetros	Unidade	V.M.P ⁽¹⁾	LQ	PE 07M	PE 07J
Bacia Hidrográfica	-	-	-	Pajeú	
Localização	-	-	-	Rio Pajeú	Rio Pajeú
Coordenadas	Norte	-	-	9.115.068	9.115.036
	Leste	-	-	575.593	575.465
Regime Hidráulico	-	-	-	Lótico	Lótico
Lotes	-	-	-	LOTE 2	
Data da Coleta	-	-	-	22/1/2011	22/1/2011
Hora da Coleta	-	-	-	15:09	16:00
Chuvas nas 24 h	-	-	-	Sim	Sim
Clorofila-a	µg/L	30,0	3	15,0	5,0
Coliformes Termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	1.000	1,1	920.000	35.000
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	1,1	1.600.000	92.000
Condutividade*	µS/cm	-	-	1.060	1.030
Cor verdadeira	mg Pt/L	75	1	40,0	42,2
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/L	5	1	6,0	6,0
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/L	-	1	65,8	64,3
Fenóis Totais	mg/L	0,003	0,001	0,003	0,003
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,05	0,07	0,08
Fósforo Total	mg/L	0,1/0,03 ²	0,05	1,8	1,8
Manganês Total	mg/L	0,1	0,01	0,54	0,55
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	-	0,05	16,0	18,1
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7/2,0 /1,0 /0,5 ³	0,06	9,8	9,2
Nitrogênio Orgânico	mg/L	-	0,05	6,2	8,9
Nitrogênio Nitrito	mg/L	1,0	0,07	<0,07	<0,07
Nitrogênio Nitrato	mg/L	10	2,2	<2,2	<2,2
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente ausentes	1	<1	<1
Oxigênio Dissolvido - OD*	mg/L	≥5	-	0	0
pH*	-	6,0 a 9,0	-	7,14	7,13

Parâmetros	Unidade	V.M.P ⁽¹⁾	LQ	PE 07M	PE 07J
Profundidade*	M	-	-	1	1
Salinidade*	‰	-	-	0,5	0,5
Sólidos Dissolvidos Totais*	mg/L	500	-	675	661
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-	1	35,2	7,2
Temperatura do Ar*	°C	-	-	33	33
Temperatura da Água*	°C	-	-	26,9	24,9
Turbidez*	UNT	100	-	29,1	26,5

Legenda:  Pontos Coletados na Frente de Obras da Ferrovia Transnordestina

¹ V.M.P = Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2

² V.M.P Fósforo Total: até 0,03 mg/L em ambientes lênticos e até 0,10 mg/L em ambientes lóticos

³ Nitrogênio Amoniacal Total: 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 - 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0

1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

(-) Não há referência pela Resolução CONAMA 357/05

* Variáveis determinadas em campo

▪ **Lote 2: Açude Varzinha (PE 09)**

Esse açude é formado pelo riacho da Serra, cuja barragem coincide com o eixo da rodovia BR-232, situada a jusante do traçado da linha férrea. A margem esquerda desse açude é ocupada pela comunidade Varzinha, no município de Serra Talhada. Suas águas são utilizadas para pesca, recreação, entre outros usos, porém, não são destinadas ao abastecimento público.

Predomina no entorno desse ponto uso do solo rural, com plantio de cana-de-açúcar e urbano (comunidade Varzinha), tendo como fonte de poluição a contribuição de insumos agrícolas, dejetos de animais (bovinos e caprinos) e principalmente esgotos domésticos canalizados que são encaminhados para as águas desse manancial. A mata ciliar encontrava-se alterada em ambas as margens, sendo parte do trecho inspecionado destituído de vegetação marginal, conforme **Foto 5.1.1.2-8**.



Foto 5.1.1.2-8 – Açude Varzinha (PE 09): ausência de mata ciliar.

Os resultados da avaliação da qualidade da água no açude Varzinha são apresentados, a seguir, no **Quadro 5.1.1.2-3** Os dados assinalados em vermelho apontam os valores que

ultrapassaram os padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2.

No período de 24 horas, foi registrada a ocorrência de chuvas. Durante a amostragem, registrou-se profundidade de 5 m no açude Varzinha.

Nesse ponto, ocorreu ultrapassagem dos limites estabelecidos pela legislação em relação às seguintes variáveis: Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO (6 mg/L), fósforo total (0,09 mg/L), sólidos dissolvidos totais (981 mg/L) e oxigênio dissolvido (0,82 mg/L). Esses resultados sugerem que o açude Varzinha é receptor de sólidos gerados na bacia de drenagem, além de introdução de matéria orgânica, o que possivelmente favoreceu os déficits de oxigênio.

Os demais parâmetros avaliados estão compatíveis com a Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2.

Quadro 5.1.1.2-3 Resultados das Análises Físicas, Químicas e Bacteriológicas na Bacia Hidrográfica Pajeú (PE 09)– Oitava Campanha (janeiro de 2011).

Parâmetros	Unidade	V.M.P ⁽¹⁾	LQ	PE 09
Bacia Hidrográfica	-	-	-	Pajeú
Localização	-	-	-	Açude Varzinha
Coordenadas	Norte	-	-	9.111.850
	Leste	-	-	597.074
Regime Hidráulico	-	-	-	Lêntico
Lotes	-	-	-	LOTE 2
Data da Coleta	-	-	-	22/1/2011
Hora da Coleta	-	-	-	11:04
Chuvas nas 24 h	-	-	-	Sim
Clorofila-a	µg/L	30,0	3	<3
Coliformes Termotolerantes (fecais)	NMP/100mL	1.000	1,1	22
Coliformes Totais	NMP/100mL	-	1,1	350
Condutividade*	µS/cm	-	-	1.530
Cor Verdadeira	mg Pt/L	75	1	14,7
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	mg/L	5	1	6,0
Demanda Química de Oxigênio - DQO	mg/L	-	1	60,0
Fenóis Totais	mg/L	0,003	0,001	0,002
Ferro Dissolvido	mg/L	0,3	0,05	<0,05
Fósforo Total	mg/L	0,1/0,03 ²	0,05	0,09
Manganês Total	mg/L	0,1	0,01	0,04
Nitrogênio Kjeldahl Total	mg/L	-	0,05	3,7
Nitrogênio Amoniacal Total	mg/L	3,7/2,0 /1,0 /0,5 ³	0,06	0,1
Nitrogênio Orgânico	mg/L	-	0,05	3,6

Parâmetros	Unidade	V.M.P ⁽¹⁾	LQ	PE 09
Nitrogênio Nitrito	mg/L	1,0	0,07	<0,07
Nitrogênio Nitrato	mg/L	10	2,2	<2,2
Óleos e Graxas	mg/L	Virtualmente ausentes	1	<1
Oxigênio Dissolvido - OD*	mg/L	≥5	-	0,82
pH*	-	6,0 a 9,0	-	8,05
Profundidade*	m	-	-	5
Salinidade*	‰	-	-	0,8
Sólidos Dissolvidos Totais*	mg/L	500	-	981
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	-	1	11,2
Temperatura do Ar*	°C	-	-	37
Temperatura da Água*	°C	-	-	27,4
Turbidez*	UNT	100	-	2,2

Legenda:

¹ V.M.P = Valor Máximo Permitido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas classe 2

² V.M.P Fósforo Total: até 0,03 mg/L em ambientes lênticos e até 0,10 mg/L em ambientes lóticos

³ Nitrogênio Amoniacal Total: 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 - 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0

1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5

(-) Não há referência pela Resolução CONAMA 357/05

* Variáveis determinadas em campo

5.1.2.Avaliação Geral da Qualidade da Água

A seguir, descreve-se uma síntese das principais variáveis analisadas na oitava campanha de monitoramento relativa à etapa de construção da Ferrovia Transnordestina, possibilitando estabelecer uma comparação entre os pontos analisados nas distintas bacias hidrográficas que compõem o Trecho 2. Na representação gráfica a linha tracejada vermelha representa o valor máximo permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2.

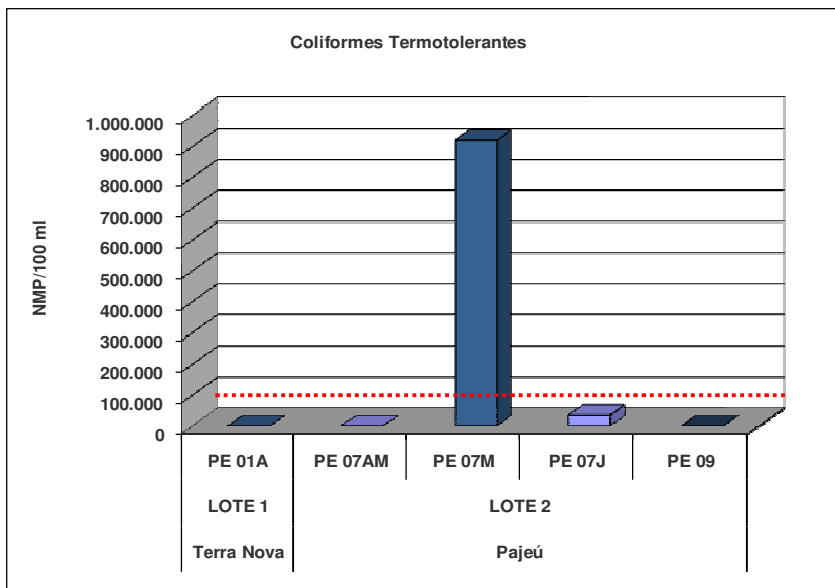
- *Coliformes Termotolerantes*

Coliformes termotolerantes (ou fecais) são bactérias presentes nas fezes humanas e de animais homeotérmicos, constituindo importante indicador da existência de microorganismos patogênicos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera.

A presença de coliformes fecais nas águas em toda a região consiste e um problema de grande relevância para a saúde pública, sobretudo nos mananciais destinados ao consumo humano sem prévio tratamento. A Resolução Conama 357/2005 estabelece o máximo de 1.000 NMP/100 mL para águas classe 2.

Os resultados de coliformes termotolerantes indicam ultrapassagem do padrão permitido pela legislação no rio Pajeú (PE 07M/J), indicando comprometimento sanitário das águas, em especial no trecho a montante das obras, com 920.000 NMP/100 mL, reduzindo para 35.000 NMP/100 mL, na porção a jusante do empreendimento, conforme ilustra a **Figura 5.1.2-1**. Esses dados estão relacionados à contribuição de esgotos domésticos lançados sem tratamento da cidade de Serra Talhada, além do aporte de dejetos de animais.

Figura 5.1.2-1 – Coliformes Termotolerantes

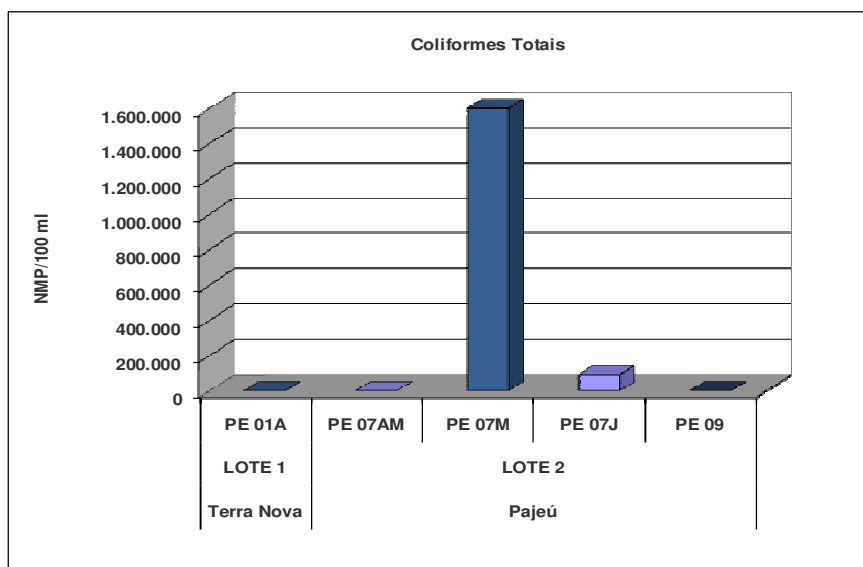


Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

- **Coliformes Totais**

Resultados de coliformes totais representam, em cada amostra, a soma dos coliformes de origem fecal e não fecal, sendo estes últimos associados aos materiais em decomposição nos solos e no ambiente aquático. A Resolução Conama 357/05 não apresenta limites para este parâmetro. Foi computado o maior índice de coliformes totais no rio Pajeú, a montante do empreendimento (PE 07M), com 1.600.000 NMP/100 mL (**Figura 5.1.2-2**).

Figura 5.1.2-2 – Coliformes Totais



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

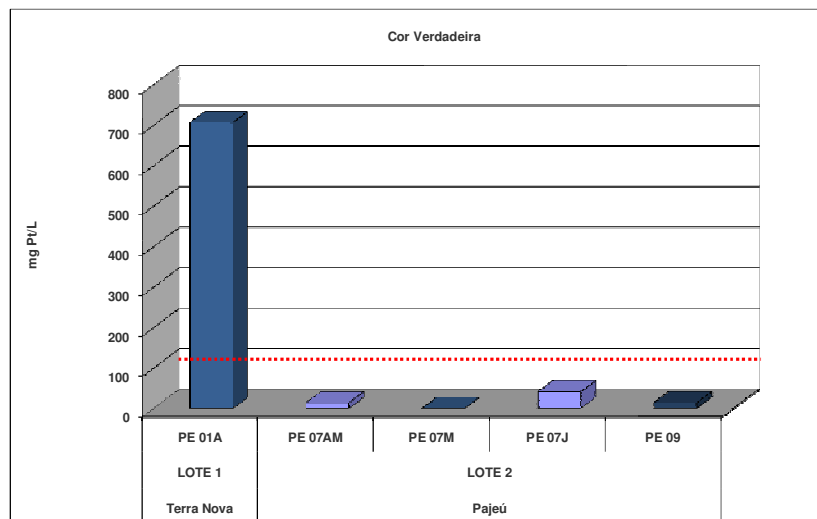
- *Cor Verdadeira*

A cor verdadeira da água deve-se à presença de substâncias em solução, geralmente resultantes da decomposição de restos vegetais, tais como ácidos fúlvicos e húmicos, que conferem aos cursos d'água uma coloração amarelada a marrom, assumindo tonalidade mais escura na presença de compostos de ferro. A introdução de sólidos a partir da bacia de drenagem, a ressuspensão dos sedimentos e o desenvolvimento do fitoplâncton, em geral, afetam as propriedades óticas de um corpo d'água através do aumento da cor e também da turbidez.

A cor é um parâmetro estético, de especial interesse para mananciais destinados ao abastecimento público, já que níveis de coloração intensa tendem a causar rejeição das águas para consumo humano. Porém, níveis elevados de cor podem estar associados a parâmetros de interesse sanitário, como floração de algas, presença de metais e de outros contaminantes que causam problemas de saúde pública.

A Resolução Conama 357/05 determina o máximo de 75 mg Pt/L de cor verdadeira para águas doces classe 2. Na maioria dos cursos d'água avaliados na oitava campanha, os níveis de cor estiveram condizentes com o padrão de qualidade da legislação em vigor, exceto no açude Formiga (PE 01A), com 707 mg Pt/L, conforme **Figura 5.1.2-3**.

Figura 5.1.2-3 – Cor verdadeira



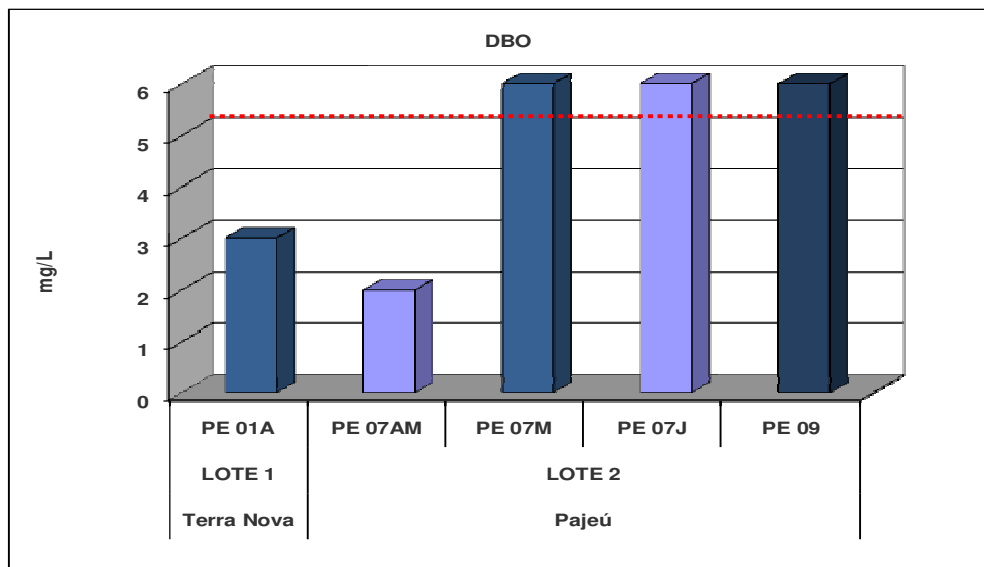
Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

- *DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio*

A DBO de uma amostra de água é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por meio de decomposição biológica aeróbia, formando subprodutos na forma inorgânica estável. Os teores de DBO limite estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 para águas doces classe 2 é de no máximo 5.

Os resultados indicam as maiores concentrações de matéria orgânica, expressa em DBO, nos Pontos PE 07M/J (rio Pajeú) e PE 09 (açude Varzinha), ambos com 6 mg/L, conforme **Figura 5.1.2-4**.

Figura 5.1.2-4 – Demanda Bioquímica de Oxigênio

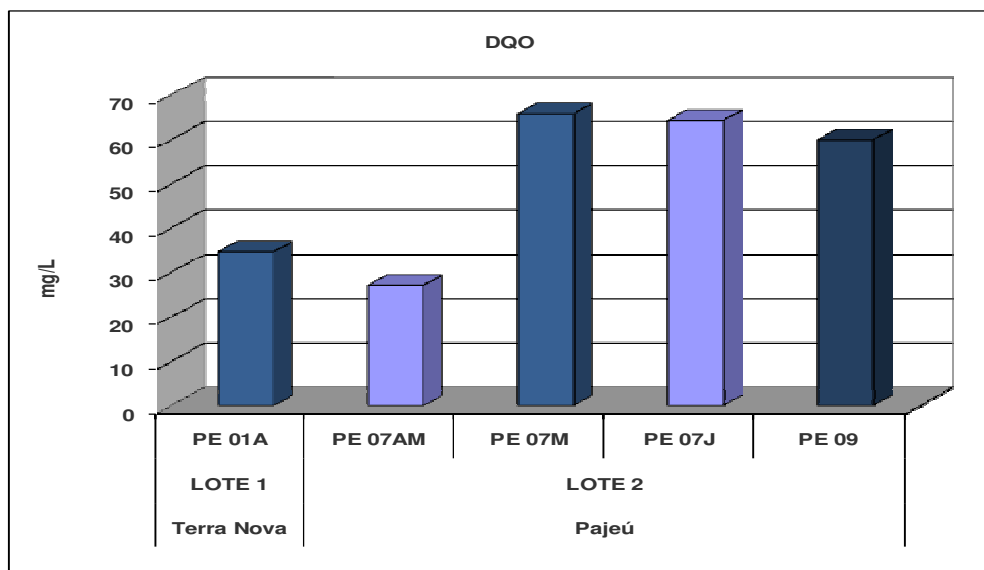


Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

- DQO – Demanda Química de Oxigênio

A DQO é a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica através de um agente químico. Como a DBO afere apenas a fração biodegradável, quanto mais esse valor se aproximar da DQO, maior é o potencial de degradação biológica dos compostos presentes em determinada amostra. A maior concentração de DQO foi computada no rio Pajeú, a montante das obras (PE 07M), com 65,8 mg/L (**Figura 5.1.2-5**). Não há na Resolução Conama 357/05 valor máximo permitido para esta variável.

Figura 5.1.2-5 – Demanda Química de Oxigênio



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

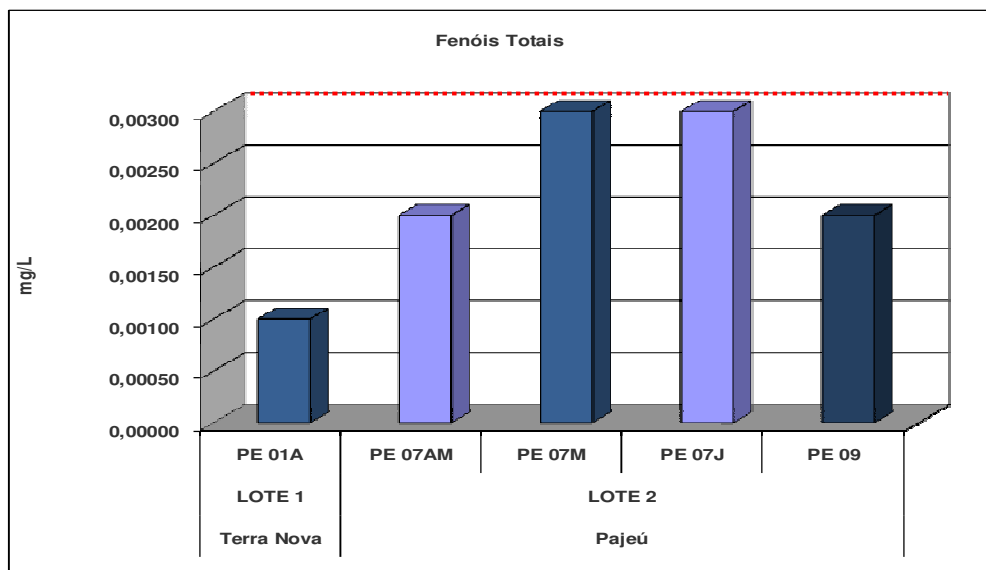
- *Fenóis Totais*

Os compostos fenólicos compreendem uma variedade de substâncias orgânicas, em função do número de grupos hidroxila ligados ao anel aromático. São produzidos em diversos processos industriais, como refinarias e indústrias químicas, no processamento de madeira e de carvão.

Aparecem nas águas naturais através das descargas de efluentes domésticos e industriais. Os fenóis são tóxicos em concentração de 1 a 10 mg/L, afetando principalmente a fauna aquática. O padrão estabelecido pela Resolução Conama 357/05 é de 0,003 mg/L para águas doces classe 2.

As concentrações de compostos fenólicos foram condizentes com a legislação vigente em todos os ambientes analisados, porém no rio Pajeú (PE 07M/J) os níveis desse poluente foram iguais ao valor máximo permitido pela Resolução Conama 357/05 (0,003 mg/L), o que sugere despejos de efluentes industriais da cidade de Serra Talhada (**Figura 5.1.2-6**).

Figura 5.1.2-6 – Fenóis Totais



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

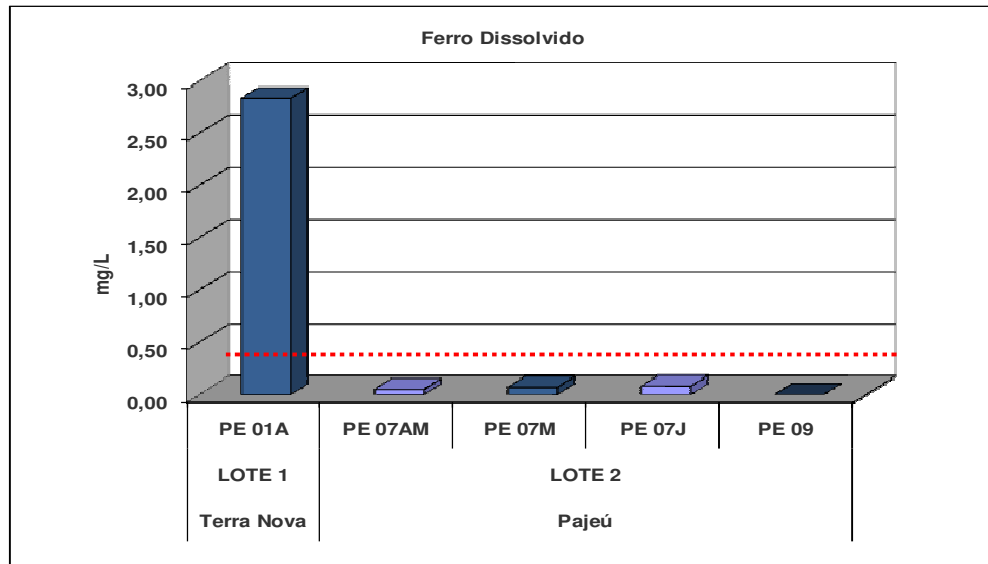
- *Ferro Dissolvido*

Nas águas superficiais, a presença de ferro está associada às características geoquímicas regionais, quase sempre acompanhado pela ocorrência de manganês. Apesar de não ser um elemento tóxico, esse metal pode levar ao desenvolvimento de bactérias ferruginosas e produzir obstrução em canalizações.

O ferro encontra-se dissolvido na água na forma de bicarbonato (solúvel); na presença do oxigênio, transforma-se em hidróxido férrico (insolúvel), que se precipita nos sedimentos, sobretudo em pH alcalino. Quando absorvido pelo ferro, o fósforo também tende a se precipitar, sendo novamente liberado na coluna d'água em ambientes anaeróbios e com pH inferior a 7. A Resolução Conama 357/05 (classe 2) determina o limite de 0,3 mg/L para ferro dissolvido.

Nos cursos d'água analisados foram obtidos níveis de ferro dissolvido condizentes com o padrão de qualidade da legislação, exceto no açude Formiga, com valores variando de <0,05 mg/L (PE 09, açude Varzinha) e 2,84 mg/L (PE 01A, açude Formiga), conforme ilustrado na **Figura 5.1.2-7**.

Figura 5.1.2-7 – Ferro Dissolvido



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

▪ Fósforo Total

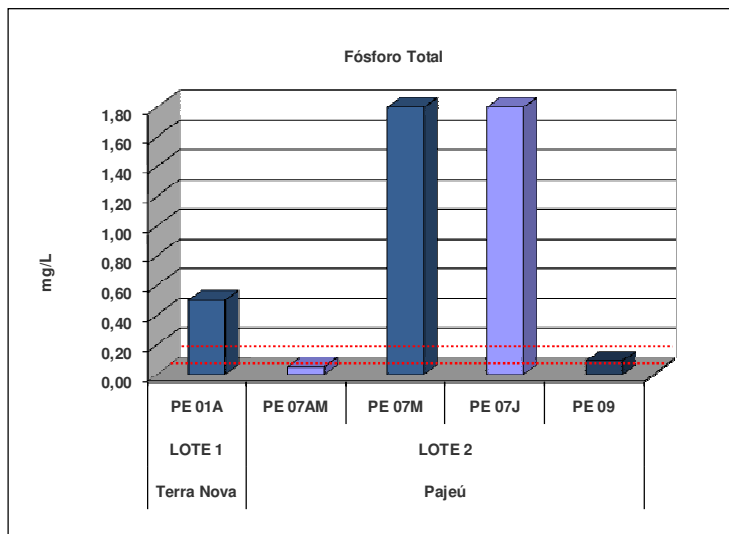
O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos são biodisponíveis e, uma vez assimilados, são convertidos em fosfato orgânico e em fosfatos condensados. Após a morte de um organismo, os fosfatos condensados são liberados na água, passando a ser assimilados pelas algas após sua conversão a ortofosfato, processo executado por bactérias.

Em comparação com outros componentes estruturais dos seres vivos, o fósforo é o menos abundante e em geral o principal fator limitante à produtividade dos sistemas hídricos. Concentrações de fósforo total de ambientes lênticos superiores a 0,01 mg/L propiciam a eutrofização das águas. Sua liberação dos sedimentos depende principalmente do pH e das condições redox prevalentes.

As principais fontes de fósforo nas águas nas áreas urbanas estão associadas principalmente à introdução de esgotos domésticos, enquanto que nas zonas rurais prevalecem as fontes difusas, associadas aos dejetos de bovinos, caprinos, além de fertilizantes agrícolas. A Resolução Conama 357/2005 define para ambientes lóticos e lênticos (classe 2) o limite máximo de 0,1 e 0,03 mg/L de fósforo total, respectivamente.

Os teores de fósforo extrapolaram o valor máximo permitido pela legislação na maioria dos cursos d'água amostrados, exceto no rio Exu Velho (PE 07AM), com máximo de 1,8 mg/L, no rio Pajeú (PE 07M/J), conforme representado na **Figura 5.1.2-8**. O excesso de fósforo nas águas do rio Pajeú conduziu ao processo de eutrofização, condição constada desde a primeira campanha de amostragem (abril de 2010).

Figura 5.1.2-8 – Fósforo Total



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

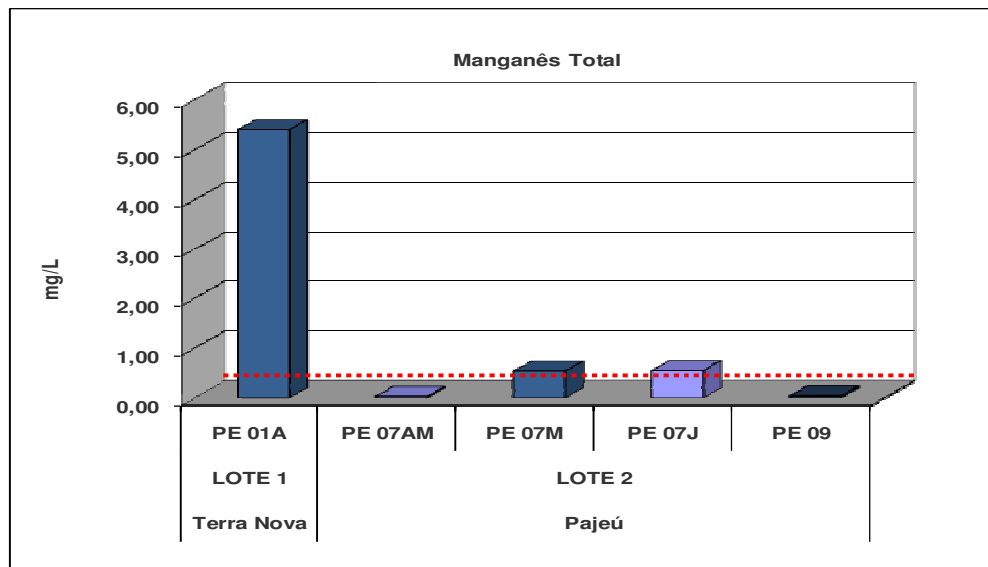
Legenda: As linhas tracejadas vermelhas representam o valor máximo permitido de fósforo para ambientes lóticos (0,10 mg/L) e lênticos (0,03 mg/L).

▪ Manganês Total

O manganês é um elemento encontrado na maioria das rochas ígneas, estando associado freqüentemente ao ferro, com o qual possui alto grau de semelhança no comportamento químico no ambiente. Concentrações elevadas desses elementos conferem gosto e sabor às águas.

O limite estabelecido pela Resolução Conama 357/05 (classe 2) é de 0,1 mg/L. Foram computados teores elevados de manganês em dois corpos hídricos amostrados (PE 01A e PE 07 M/J), resultando em ultrapassagem do padrão da legislação. A maior concentração de manganês foi registrada no açude Formiga (PE 01A), com 5,4 mg/L, conforme ilustra a **Figura 5.1.2-9**.

Figura 5.1.2-9 – Manganês Total



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

▪ Nitrogênio

O nitrogênio participa da formação de proteínas no metabolismo dos seres vivos, podendo ser encontrado no meio aquático na forma orgânica (microrganismos, detritos orgânicos) e na forma inorgânica, especialmente amônia, nitrito e nitrato.

Existem duas formas de nitrogênio encontradas na natureza: o nitrogênio reduzido e o nitrogênio oxidado. O nitrogênio reduzido compreende as formas nitrogenadas que apresentam número de oxidação negativo, como o nitrogênio orgânico e a amônia (NH_4^+). O nitrogênio orgânico é todo aquele que se liga a radicais carbônicos, como as amidas e aminas, enquanto que o nitrogênio oxidado compreende as formas nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-).

Os processos de decomposição biológica levam à amonificação do nitrogênio presente nos compostos orgânicos. Em ambientes bem oxigenados, os produtos amoniacais são rapidamente convertidos a nitritos, que são extremamente instáveis no ambiente e, em seguida, a nitratos, elementos conservativos facilmente assimilados pelos organismos autótrofos (algas e vegetais em geral).

As principais fontes artificiais de nitrogênio são esgotos sanitários (principalmente pela presença de uréia que libera amônia através de um processo de hidrólise), indústrias químicas e lavagem de solos agrícolas fertilizados. As fontes naturais de nitrogênio correspondem à fixação biológica realizada por bactérias e algas (assimilação de nitrogênio atmosférico), fixação química (em presença de luz) e lavagem atmosférica.

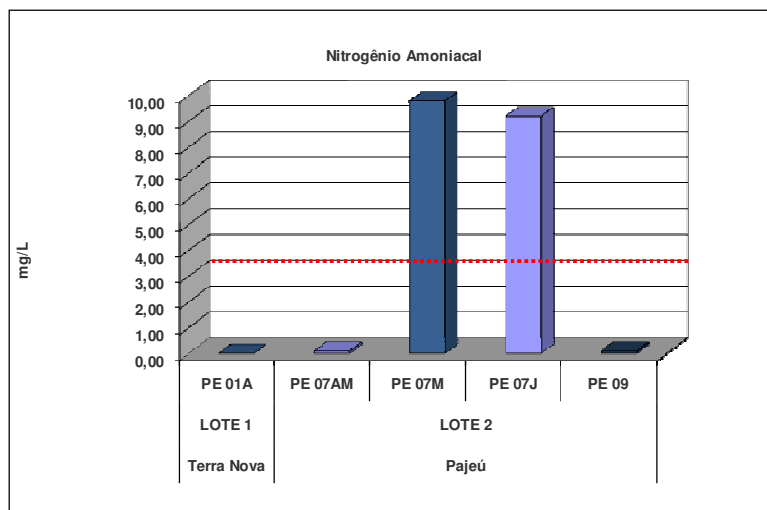
A amônia é altamente tóxica aos seres vivos e acarreta consumo de oxigênio dissolvido em água, enquanto que os nitratos podem causar, em concentrações elevadas, a doença denominada metahemoglobinemia. Existem duas formas de amônia intercambiáveis – a ionizada (íon amônio NH_4^+) e a não ionizada (amônia livre – NH_3). Quanto maior o pH da amostra, maior é a proporção da amônia livre, que é mais tóxica, em relação ao íon amônio.

O nitrogênio amoniacal em água doce é controlado pela Resolução Conama 357/05 em faixas que variam de acordo com o pH. Para águas classe 2, a legislação define o máximo de 3,7 mg/L de nitrogênio amoniacal (pH inferior a 7,5); até 2,0 mg/L (pH entre 7,5 e 8,0); até 1,0 mg/L (pH entre 8,0 a 8,5) e 0,5 mg/L (pH superior a 8,5).

A soma das frações de nitrogênio amoniacal e orgânico é expressa pelo resultado de nitrogênio Kjeldahl, parâmetro não contemplado pela legislação, assim como o nitrogênio orgânico. A Resolução Conama 357/05 estabelece o valor máximo de 1 mg/L para nitrito. Para nitrogênio na forma de nitrato, é estabelecido o valor máximo de 10 mg/L.

Verificou-se concentração elevada de nitrogênio amoniacal no rio Pajeú (PE 07M/J), resultando em extrapolação do valor limite da legislação, com 9,8 e 9,2 mg/L, no trecho a montante e jusante da obras, respectivamente. Este resultado é atribuído ao aporte de efluentes domésticos sem o adequado tratamento da cidade de Serra Talhada (**Figura 5.1.2-9**). Nos demais pontos, os níveis de n.amoniacal estão condizentes com a legislação.

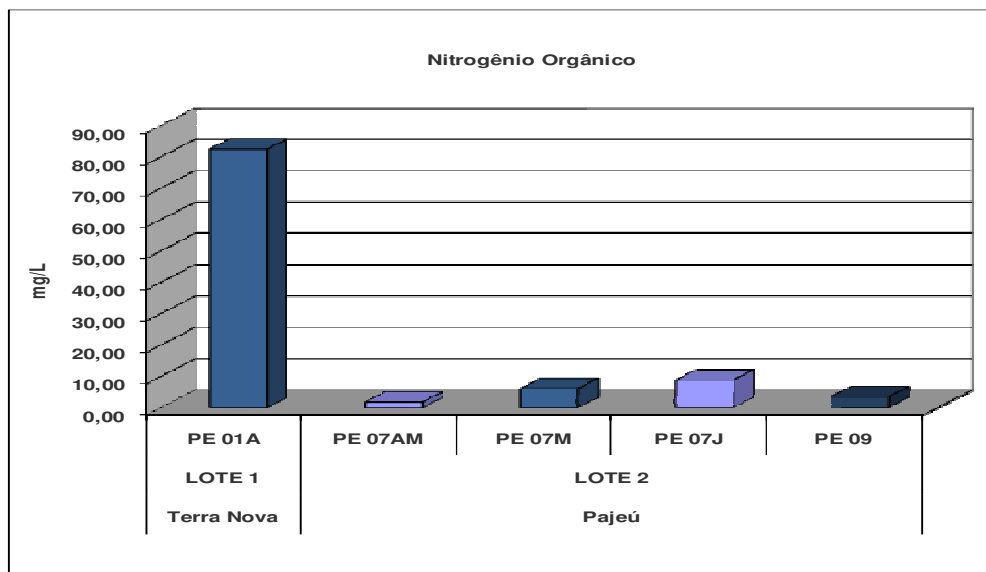
Figura 5.1.2-9 – Nitrogênio Amoniacal Total



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

A maior concentração de nitrogênio orgânico foi computada na amostra coletada no açude Formiga (PE 01A), com 82,5 mg/L, conforme dados expressos na **Figura 5.1.2-10**. Não há na Resolução Conama 357/05 padrões para esta variável.

Figura 5.1.2-10 – Nitrogênio Orgânico

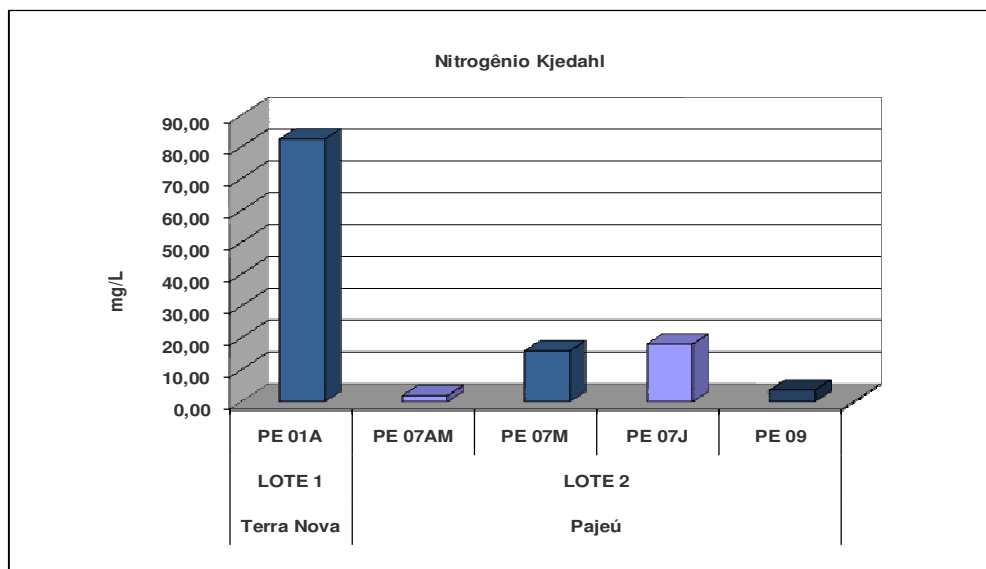


Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Foram obtidos na rede de amostragem resultados de nitrogênio na forma de nitrato condizentes com o limite imposto pela legislação, estando todas as análises abaixo do limite de detecção do método analítico (2,2 mg/L). Em relação ao nitrito, obtiveram-se também resultados abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,07 mg/L).

A maior concentração de nitrogênio Kjeldahl foi obtida no açude Formiga (PE 01A), com 82,5 mg/L, conforme ilustrado na **Figura 5.1.2-11**.

Figura 5.1.2-11 – Nitrogênio Kjeldahl



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

- *Oxigênio Dissolvido – OD*

A concentração de oxigênio dissolvido nas águas é de fundamental importância à biota aquática, pois condiciona a sobrevivência de seres aeróbios, incluindo peixes.

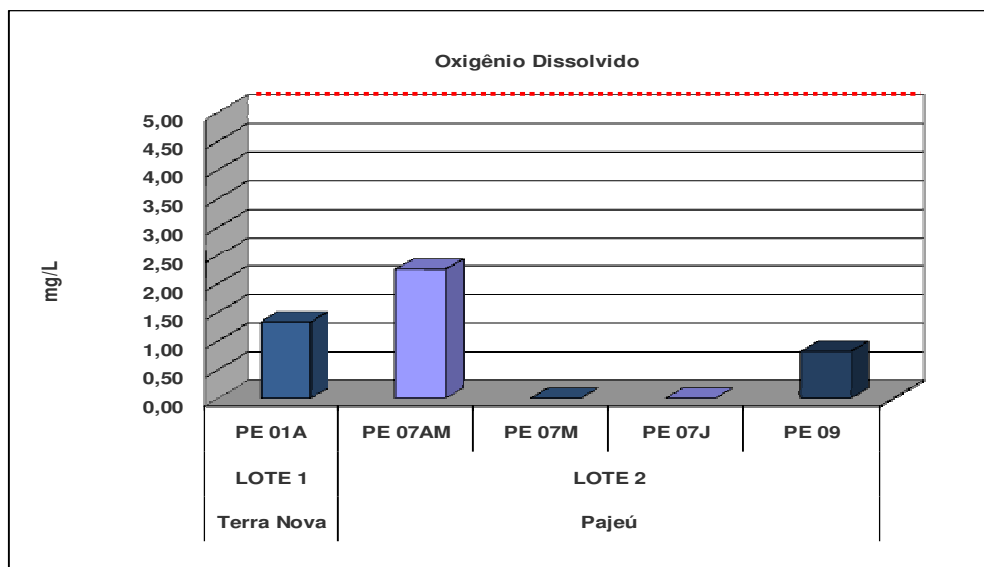
O consumo de oxigênio nos sistemas hídricos ocorre em geral pelos processos biológicos de decomposição da matéria orgânica. A introdução desses compostos em excesso no meio aquático pode gerar ambientes anaeróbios, sobretudo nas camadas mais profundas de rios, açudes e represas, com concomitante produção de metano e sulfetos, entre outros produtos que conferem odor característico.

A alta concentração de materiais orgânicos leva também à formação de ambientes redutores nos sedimentos, processo que torna os metais pesados e os compostos de fósforo mais solúveis e biodisponíveis no ambiente.

Em águas doces, o nível de oxigênio dissolvido deve ser, no mínimo, igual a 5 mg/L, conforme preconizado pela Resolução Conama 357/05 (classe 2).

Os resultados analíticos indicam déficits de oxigênio dissolvido em todos os cursos d'água analisados, provavelmente em função do acúmulo de materiais orgânicos durante o período de estiagem. A condição mais crítica foi registrada no rio Pajeú (PE 07M/J), devido à influência do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento gerados na cidade de Serra Talhada (**Figura 5.2-12**). Nas campanhas anteriores, nesse rio também foram observados valores muito baixos de oxigênio dissolvido.

Figura 5.1.2-12 – Oxigênio Dissolvido



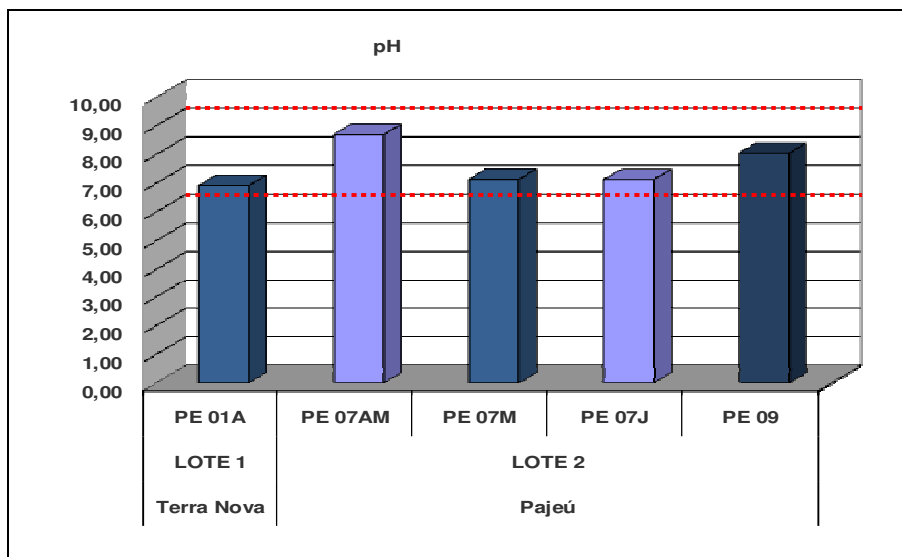
Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

- *pH – Potencial Hidrogeniônico*

O pH define o caráter ácido, básico ou neutro de uma amostra. Sua influência nos ecossistemas aquáticos naturais ocorre diretamente sobre os aspectos fisiológicos dos organismos ou, indiretamente, contribuindo para a precipitação dos elementos químicos e na toxicidade de compostos diversos. Em meio ácido, os metais pesados tendem a ter maior biodisponibilidade, aumentando seu nível de toxicidade.

De acordo com a Resolução Conama 357/05, as águas doces classe 2 devem manter o pH na faixa entre 6 e 9 visando à proteção da vida aquática. Todos os valores obtidos na rede amostral encontram-se condizentes com os critérios determinados pela legislação para a proteção à vida aquática, conforme apresentado na **Figura 5.1.2-13**. As águas dos pontos avaliados apresentaram características em torno da neutralidade, oscilando entre 6,92 a 8,05.

Figura 5.1.2-13 – Potencial Hidrogeniônico



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

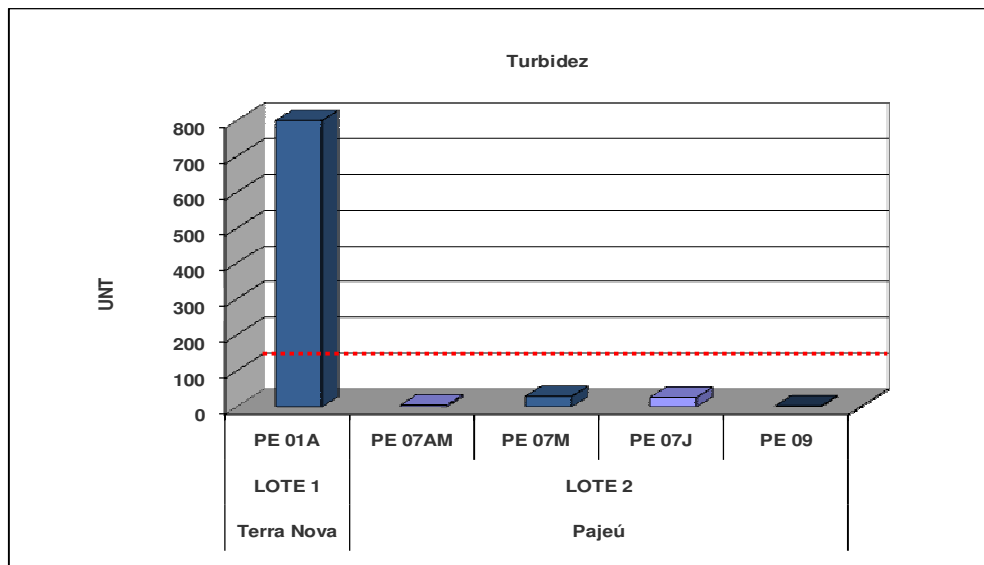
Nota: As linhas tracejadas vermelhas representam as faixas de limite da Resolução Conama 357/05 (6 a 9).

- *Turbidez*

A turbidez da água é a medida da sua capacidade de dispersar luz em função das partículas em suspensão (silte, argila, microrganismos). Valores elevados de turbidez geralmente indicam contribuição de sólidos a partir da área de drenagem e podem interferir na atividade fotossintética de um corpo d'água. Quando sedimentadas, as partículas formam bancos de lodos que propiciam a digestão anaeróbia, levando à formação de gases.

A Resolução Conama 357/05 determina o máximo de 100 UNT para águas doces classe 2. Os resultados de turbidez variaram entre 5 UNT (rio Pajeú – PE 07M) a 800 UNT (açude Formiga – PE 01A), conforme **Figura 5.1.2-14**.

Figura 5.1.2-14 – Turbidez



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

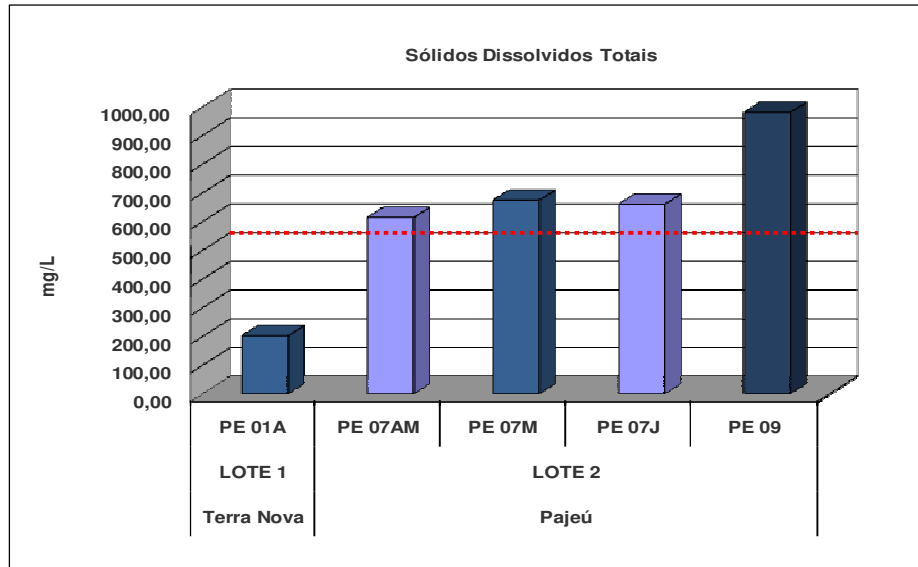
- *Sólidos Dissolvidos Totais*

Os sólidos dissolvidos são naturalmente encontrados nas águas devido ao desgaste das rochas por intemperismo. Elevadas concentrações em geral decorrem do lançamento de esgotos domésticos e despejos industriais e também do fluxo de sólidos originados nas bacias de drenagem.

Excesso de sólidos dissolvidos na água pode causar alterações de sabor e problemas de corrosão em tubulações de distribuição. Em águas utilizadas para irrigação, pode gerar problemas de salinização do solo.

Os resultados obtidos indicam que os cursos d'água amostrados são receptores de elevada carga de sólidos gerados na bacia de drenagem, resultando em extrapolação do valor máximo permitido pela legislação (500 mg/L) na maioria dos pontos, exceto no açude Formiga (PE 01A), com 203 mg/L, conforme **Figura 5.1.2-15**.

Figura 5.1.2-15 – Sólidos Dissolvidos Totais



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.









5.2 Limnologia

Conforme citado, foram coletadas amostras de fitoplâncton, perífiton, zooplâncton e de invertebrados bentônicos (bentos) ao longo de toda a linha férrea em construção e em quatro pontos sob influência das obras (PE 01A, PE 07AM, PE 07M/J e PE 09)

Nos cursos d'água que apresentaram escoamento superficial, coletaram-se amostras a montante e a jusante da linha férrea, visando identificar eventuais interferências resultantes da implantação do empreendimento. Nos itens subsequentes consta uma caracterização geral de cada comunidade analisada e os resultados obtidos.

Para subsidiar a interpretação dos resultados, os pontos não avaliados na campanha de qualidade da água foram inspecionados, compreendendo observações de caráter visual e registro fotográfico, além de medições locais efetuadas por meio de sonda multiparâmetros, conforme apresentado nos **Quadros 5.2/01 e 5.2/02**, respectivamente.

Quadro 5.2/01- Caracterização dos Pontos Analisados na Avaliação Limnológica do Trecho 2

Bacia Hidrográfica	Lotes	Pontos inspecionados em campo	Município	Corpo d'água	Regime Hidráulico	Macrófitas Aquáticas	Mata Ciliar	Ocupação no Entorno	Fontes de Poluição	Foto
Terra Nova	Lote 1	PE 01A	Verdejante	açude Formiga	Léntico	Não	Alterada	Zona rural		
Pajeú	Lote 2	PE 07M	Serra Talhada	rio Pajeú	Lótico	Abundante	Alterada	Zona urbana	Pontual	
	Lote 2	PE 07J	Serra Talhada	rio Pajeú	Lótico	Abundante	Alterada	Zona urbana	Difusa	
	Lote 2	PE 07AM	Serra Talhada	rio Exu Velho	Lótico	Sim	Alterada	Zona urbana		
	Lote 2	PE 09	Serra Talhada	açude Varzinha	Léntico	Não	Alterada	Zona urbana	Difusa	
Moxotó	Lote 4	PE 23	Sertania	riacho do Mel/Pereiras	Lótico	Não	Alterada	Zona rural	Difusa	
Ipanema	Lote 5	PE 26	Pesqueira	Afluente do rio Ipanema	Lótico	Sim	Alterada	Zona rural/Pastagem	Difusa	
	Lote 6	PE 28	Pesqueira	açude dos Tambores	Léntico	Sim	Preservada	Zona rural/Povoado	Difusa	

Quadro 5.2/01- Caracterização dos Pontos Analisados na Avaliação Limnológica do Trecho 2

Bacia Hidrográfica	Lotes	Pontos inspecionados em campo	Município	Corpo d'água	Regime Hidráulico	Macrófitas Aquáticas	Mata Ciliar	Ocupação no Entorno	Fontes de Poluição	Fotos
Una	Lote 7	PE 32	Cachoeirinha	riacho do Riachão	Lótico	Sim	Alterada	Zona rural/ Pastagem	Difusa	
	Lote 7	PE 34	Belém de Maria	rio da Prata/Belém de Maria	Lótico	Sim	Alterada	Rural/Povoado/ Agricultura	Difusa	
	Lote 8	PE 35	Palmares	rio Camevó	Lótico	Não	Alterada	Rural/Povoado	Difusa	
	Lote 8	PE 37	Palmares	açude Coiceiro	Lêntico	Não	Alterada	Rural/Povoado	Difusa/ Pontual	
	Lote 8	PE 38	Palmares	rio Preto	Lótico	Não	Alterada	Rural/Agricultura	Difusa	
Sirinhaém	Lote 9	PE 39	Água Preta	rio Sirinhaém	Lótico	Não	Alterada	Urbano/Pastagem	Difusa	
	Lote 9	PE 40	Ribeirão	rio Amaraji	Lótico	Não	Alterada	Zona Rural/Povoada	Difusa	
Ipojuca	Lote 9	PE 41	Ipojuca	rio Ipojuca	Lótico	Sim	Alterada	Residências/ Usina Ipojuca	Pontual	

Quadro 5.2/02 – Medições Locais dos Pontos Analisados no Trecho 2

Parâmetros	Unidade	V.M.P. (1)	PE 23	PE 26	PE 28	PE 32	PE 34	PE 35	PE 37	PE 38	PE 39	PE 40	PE 41
Bacia Hidrográfica	-	-	Moxotó	Ipanema			Una				Sirinhaém		Ipojuca
Localização	-	-	riacho do Mel/Pereiras	Afluente do rio Ipanema	açude dos Tambores	riacho do Riachão	rio da Prata/Belém de Maria	rio Camevó	açude Coiceiro	rio Preto	rio Sirinhaém	rio Amaraji	rio Ipojuca
Coordenadas	Norte	-	9.068.994	9.072.430	9.073.296	9.063.738	9.055.012	9.050.294	9.046.394	9.048.338	9.053.466	9.063.124	9.071.552
	Leste	-	699.832	747.930	749.582	799.494	187.165	206.651	213.074	216.169	228.765	235.614	270.154
Regime Hidráulico	-	-	Lótico	Lêntico	Lêntico	Lótico	Lótico	Lótico	Lêntico	Lótico	Lótico	Lótico	Lótico
Lotes	-	-	Lote 4	Lote 5	Lote 6	Lote 7		Lote 8			Lote 9		
Data da Coleta	-	-	19/1/2011	18/1/2011	18/1/2011	17/1/2011	17/1/2011	15/1/2011	15/1/2011	15/1/2011	15/1/2011	14/1/2011	14/1/2011
Hora da Coleta	-	-	10:18	14:24	15:20	15:41	11:30	11:52	14:26	15:37	17:17	17:00	13:53
Chuvas nas 24 h			Não	Não	Não	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não
Condutividade	µS/cm	-	3.100	3.410	1.080	1.270	208	53	80	65	74	65	284
Oxigênio Dissolvido - OD	mg/L	≥5	4,34	5,58	2,57	5,47	4,58	5,19	4,78	3,91	1,50	5,40	1,03
pH	-	6,0 a 9,0	7,7	8,3	7,3	8,0	7,3	6,3	8,8	6,8	5,4	6,1	5,8
Profundidade	m	-	1	1	5	0,5	1	1,5	2	1,5	3	1	NA
Salinidade	‰	-	1,6	1,8	0,5	0,7	0,1	0,3	0	0	0	0	NA
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	500	1.980	2.180	693	785	135	35	52	42	48	42	184
Temperatura do Ar	°C	-	35	30	30	35	34	38	38	33	32	34	35
Temperatura da Água	°C	-	28	26	28	29	28	26	33	28	29	28	31
Turbidez	UNT	100	8,8	33,7	86,1	29	60	1,6	18,1	8,1	1,6	2,5	35,1

Legenda: O VMP refere-se ao valor máximo permitido pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2. LQ - Limite de quantificação e NA- Não amostrado

Nota: As medições locais dos pontos amostrados em frente de obras foram apresentadas no item 5.1.

5.2.1 Fitoplâncton

A comunidade fitoplanctônica reúne organismos microscópicos que vivem nas camadas superficiais das águas, deslocando-se com a correnteza. Fazem parte dessa comunidade as algas e as cianobactérias, seres mais primitivos, antes denominados algas azuis. Esses organismos contribuem na produção de matéria orgânica e tamponam os efeitos redutores do metabolismo saprofítico dos microrganismos no ambiente aquático (Odum, 1983).

A predominância de determinados grupos do fitoplâncton é resultado da dinâmica de interações entre as características fisiológicas dos organismos e dos fatores abióticos. Nas regiões tropicais, destacam-se a radiação subaquática e a disponibilidade de nutrientes (principalmente fósforo e nitrogênio). Tais fatores exercem influência na produtividade dos organismos fitoplanctônicos, com reflexos na composição e na abundância de seres zooplanctônicos, bentônicos e na comunidade íctica.

Os seres fitoplanctônicos constituem indicadores eficientes da qualidade ambiental por responderem rapidamente às alterações do sistema aquático. Pelo fato de formarem a base da cadeia de herbívora, o conhecimento de sua variabilidade sazonal e espacial pode trazer elucidacões sobre o metabolismo e o fluxo de energia no ambiente aquático.

Os resultados obtidos da amostragem de fitoplâncton na primeira campanha, desenvolvida no período chuvoso, nos cursos d' água inseridos no Trecho 2 da Ferrovia Transnordestina, são abordados a seguir sob o enfoque qualitativo e quantitativo. No **Anexo II** consta o registro de cada táxon nos distintos pontos de coleta e a densidade numérica.

• Análise Qualitativa

Na avaliação qualitativa do fitoplâncton foram registrados 189 táxons, distribuídos nas classes taxonômicas: Bacillariophyceae (67), Chlorophyceae (52), Cyanophyceae (22), Euglenophyceae (17), Zygnemaphyceae (12), Crysophyceae (9), Cryptophyceae (3), Xantophyceae (4), Dinophyceae (2) e Eustigmatophyceae (1).

De acordo com Henry (1999), as classes Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Cyanophyceae assumem maior importância ecológica nos ecossistemas aquáticos de água doce em termos de riqueza específica, conforme evidenciado nessa primeira campanha.

Bacillariophyceae (diatomáceas) foi a classe mais representativa nos cursos d'água amostrados no Trecho 2, com 35% dos táxons inventariados nesta campanha. Esse grupo é composto por espécies que possuem elevada taxa de sedimentação no meio aquático, devido à composição de sua parede celular constituída por sílica. Assim, a permanência de organismos na camada superficial ocorre geralmente em ambientes rasos ou de maior turbulência. A maior riqueza de diatomáceas foi obtida no rio Exu Velho (PE 07AM), com 20 táxons.

Entre as diatomáceas, os gêneros *Diploneis*, *Encyonema*, *Eunotia*, *Gomphonema*, *Navicula*, *Nitzschia*, *Pinnularia*, *Surirella* e *Ulnaria* foram os mais representativos em termos de riqueza, representando 60% do total de diatomáceas. Em geral, estas algas habitam

normalmente os substrato de rios e lagos e sua suspensão às camadas mais superficiais deve-se, possivelmente, à ocorrência de chuvas.

As clorofíceas (Chlorophyceae) também foram relevantes na riqueza taxonômica (28%). A maior riqueza de clorofíceas foi obtida no Ponto PE 26 (afluente do rio Ipanema), com 18 táxons.

Essa classe reúne algas cosmopolitas e comportam imensa variedade morfológica. A maioria delas é típica de água doce, podendo ter hábitos planctônicos e bentônicos. Crescem em ambientes de amplo espectro de salinidade e de eutrofização. Os fatores ambientais limitantes para o desenvolvimento das clorofíceas, sobretudo as não móveis, são o clima de luz subaquático, a estabilidade da coluna d'água, perdas por sedimentação e o auto-sombreamento das algas.

Dentre as clorofíceas, os gêneros *Chlamydomonas*, *Crucigenia*, *Desmodesmus*, *Monoraphidium* e *Scenedesmus* foram os mais representativos, com pelo menos quatro táxons, cada. *Monoraphidium* é considerado por Palmer (1969), Sladeczek (1973) um gênero resistente à poluição orgânica e química.

De modo geral, a predominância de determinadas espécies de clorofíceas e diatomáceas pode indicar ambientes que sofreram pequeno grau de interferência das atividades humanas. Ao contrário, ambientes aquáticos que recebem contribuição adicional de nutrientes, especialmente fósforo, introduzidos por esgotos domésticos, fertilizantes, entre outros fatores, favorecem o crescimento de algas azuis (Cyanophyceae), sobretudo as espécies que conseguem fixar nitrogênio diretamente do ar atmosférico.

As cianobactérias estiveram representadas por espécies integrantes dos gêneros *Anabaena*, *Anabaenopsis*, *Aphanocapsa*, *Chroococcus*, *Coelomonon*, *Geitlerinema*, *Leptolyngbya*, *Merismopedia*, *Myxobackron*, *Phormidium*, *Pseudanabaena*, *Rhabdoderma*, *Synechococcus* e *Synechocystis*, totalizando 22 táxons (12%). A maior riqueza de cianobactérias foi computada no riacho do Mel (PE 23), com nove táxons.

Esse grupo é constituído por seres procarióticos, unicelulares, filamentosos ou coloniais, estando muitas espécies envolvidas em mucilagem, estratégia que favorece sua permanência na superfície da água para obtenção de luz.

Os organismos pertencentes à classe Euglenophyceae representaram 9% da riqueza de táxons, sendo a maioria delas pertencentes aos gêneros *Lepocinclis* e *Trachelomonas*. Segundo Branco (1986), as euglenofíceas do gênero *Trachelomonas* têm carapaça formada quase que exclusivamente por hidróxido de ferro e manganês, sendo indicadores de precipitação destes elementos em sistemas aquáticos.

As euglenofíceas podem se movimentar através dos flagelos, o que representa uma vantagem competitiva em ambientes com elevada turbidez, e permite, ainda, que utilizem nutrientes acumulados em camadas mais profundas, retornando a seguir para a região eufótica. No Ponto PE 07AM (rio Exu Velho) foi constatado um maior número de espécies euglenofíceas (7 táxons).

Na rede amostral, as algas da classe Zygnemaphyceae foram representadas pelos gêneros *Closterium*, *Cosmarium*, *Spirogyra* e *Staurastrum*, totalizando 6% da riqueza fitoplanctônica.

Esse grupo inclui seres reconhecidos por conter ornamentações, como a ordem Desmidiaceae que são encontradas em grande variedade nos ambientes aquáticos de águas límpidas, habitando preferencialmente lagoas oligotróficas e com pH inferior a 7.

Integrantes da classe Chrysophyceae (crisofíceas) totalizaram 5% dos táxons coletados, pertencentes aos gêneros *Chromulina* e *Ochromonas*. As crisofíceas, segundo Bird e Kalff (1987), além de realizar fotossíntese, apresentam comportamento heterotrófico, com possibilidade de se alimentar de bactérias e de detritos em decomposição. A maior riqueza de crisofíceas foi observada no açude Varzinha (PE 09) e no rio Camevó (PE 35), com cinco e seis táxons, respectivamente.

As demais classes (Cryptophyceae, Dinophyceae, Eustigmatophyceae e Xanthophyceae) foram menos representativas, cada uma delas contribuindo com máximo de 4 táxons.

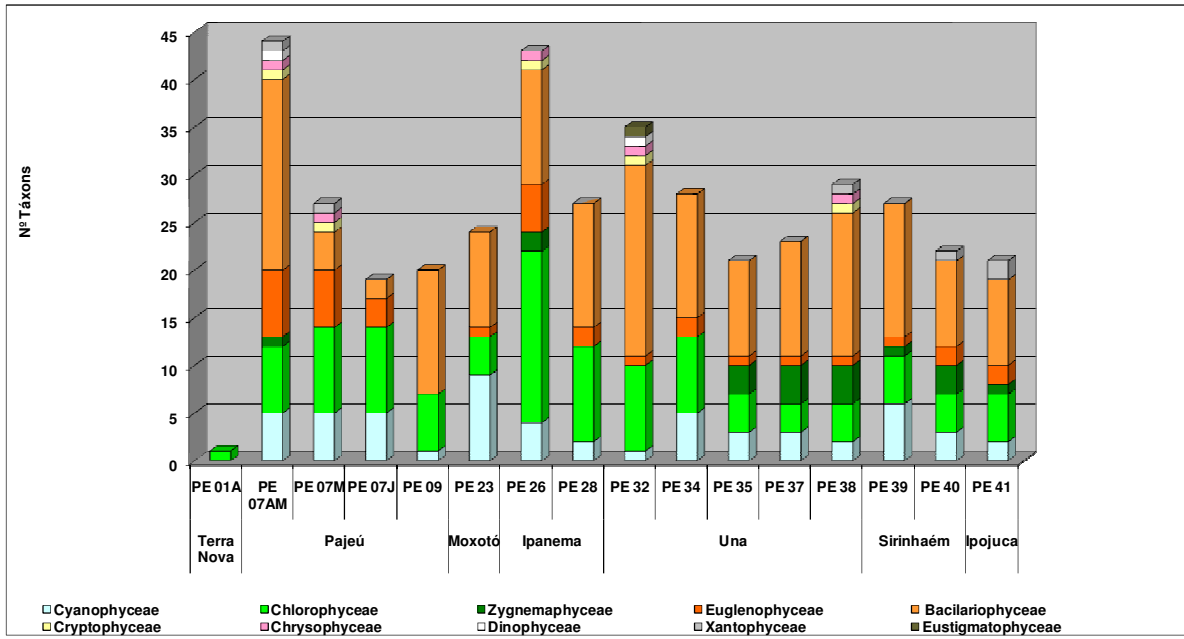
As criptofíceas (classe Cryptophyceae) algas oportunistas, cujo aumento está relacionado ao declínio de outros grupos algais, favorecidas pelo aparecimento de nichos temporários (Klaveness, 1988).

Em geral, as algas Xanthophyceae, Eustigmatophyceae e Dinophyceae são pouco representativas em termos de riqueza e abundância no fitoplâncton nos sistemas de águas doces, conforme constatado no presente estudo.

Conforme **Figura 5.2.1/01**, representados a seguir, o valor máximo de riqueza foi obtido no rio Exu Velho (PE 07AM), com 45 táxons, enquanto que a menor riqueza foi constatada no açude Formiga (PE 01A), com dois táxons.

A maioria dos sistemas aquáticos analisados tenderam a apontar maior riqueza específica da classe Bacillariophyceae, provavelmente associada às chuvas que precederam a coleta, o que favorece a turbulência do leito e erodibilidade das regiões marginais dos rios, propiciando o arraste dessas algas à coluna d'água.

Figura 5.2.1-01 - Riqueza do Fitoplâncton - Primeira Campanha.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Em termos de distribuição espacial na rede de amostragem, dez táxons do total de 189 inventariados nessa primeira campanha, mantiveram frequência igual ou superior a 50% nos distintos ambientes analisados, segundo apresentado a seguir no **Quadro 5.2.1-01**. A expressiva maioria das espécies surgiu com frequência inferior a 50%, sendo consideradas esporádicas e ocasionais (Ávila, 2002).

Esse resultado indica que o fitoplâncton dos cursos d'água amostrados ao longo da linha férrea compõe uma matriz altamente diversificada, contendo representantes adaptados aos diversos tipos de ambiente avaliados.

As espécies mais freqüentes foram *Chlamydomonas planctogloea* (Chlorophyceae), com 88% de frequência e *Chromulina elegans* (Chrysophyceae), com 94%.

Estudos conduzidos por Vercellino & Bicudo (2006) indicam elevada representação de *Chlamydomonas planctogloea* em ambientes oligotróficos e eutróficos. Ferragut (2004) atribui o sucesso das espécies de *Chlamydomonas* ao seu tamanho diminuto, pois levam vantagem seletiva tanto em condições oligotróficas, devido à alta razão superfície/volume, como em eutróficas, já que são oportunistas e crescem em pulsos devido ao seu ciclo de vida curto (Happay-Wood 1988).

Quadro 5.2.1-01 - Frequência de Espécies do Fitoplâncton.

Divisão Taxonômica	Registro na Rede de Amostragem (n.º amostras)	Frequência Relativa (%)
Classe Cyanophyceae		
<i>Phormidium</i> sp.	10	63
Classe Chlorophyceae		
<i>Chlamydomonas planctogloea</i>	14	88
Classe Bacillariophyceae		
<i>Encyonema</i> sp.	10	63
<i>Gomphonema</i> sp.	9	56
<i>Gyrosigma</i> sp.	8	50
<i>Navicula</i> sp.	8	50
<i>Nitzschia palea</i>	11	69
<i>Pinnularia</i> sp.	10	63
<i>Ulnaria ulna</i>	8	50
Classe Chrysophyceae		
<i>Chromulina elegans</i>	15	94

Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

- **Análise Quantitativa**

- Densidade Numérica e Abundância Relativa

A predominância numérica de determinados grupos de algas nos ecossistemas aquáticos é resultado da dinâmica de interações entre as características fisiológicas dos organismos e dos fatores abióticos, conforme citado, que exercem influência na produtividade primária dos organismos fitoplanctônicos, com reflexo na composição e na abundância de seres zooplanctônicos e bentônicos.

Baixos valores de abundância fitoplanctônica são comumente registrados em ambientes lóticos. Condições favoráveis para o desenvolvimento do fitoplâncton ocorrem preferencialmente em sistemas aquáticos com reduzida velocidade de fluxo, pequena profundidade, transparência elevada e altas concentrações de nutrientes minerais, sobretudo fósforo, principal fator limitante à proliferação de algas e de cianobactérias (Basu e Pick, 1995).

Nos cursos d'água amostrados na primeira campanha no Trecho 2, os valores de densidade oscilaram de 540 org./mL (PE 09 - açude Varzinha) e 39.434 org./mL (PE 37 - açude Coicero), conforme demonstrado na **Figura 5.2.1-02**.

A baixa densidade observada no açude Varzinha pode estar relacionada às concentrações acentuadas de sólidos dissolvidos, fator que interfere nas atividades fotossintéticas das algas. Além disso, as águas desse açude são utilizadas pela comunidade Varzinha para lavagens de roupas, entre outros usos múltiplos, constituindo assim um ambiente desfavorável pra o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica.

Os grupos taxonômicos que apresentaram maior relevância em termos quantitativos foram Chrysophyceae e Cyanophyceae.

De acordo com a classificação proposta pela CETESB (2000, op.cit), as crisofíceas foram abundantes, ou seja, apresentaram densidade relativa superior a 60% nos Pontos PE 09, PE 28, PE 32, PE 34, PE 35 e PE 39.

Cyanophyceae (cianobactérias) foram abundantes nos Pontos PE 07M, PE 23 e PE 40, com percentuais de abundância superiores a 81%. As espécies que mais contribuíram para esse resultado foram *Leptolyngbya perelegans*, *Synechococcus sigmoideus* e *Synechocystis aquatilis*.

A maior densidade de cianobactérias foi obtida no rio Pajeú (10.610 org./mL), no trecho a montante das obras. Nesse curso d'água, a avaliação da qualidade da água (item 5.1) evidenciou concentrações elevadas de nutrientes (fósforo total e nitrogênio amoniacal).

As cianobactérias, além de tolerarem elevadas temperaturas e mesmo maior incidência de radiação ultravioleta, podem utilizar várias formas de nitrogênio disponíveis no sistema aquático, como nitrato e, amônia, ou gás nitrogênio presente na atmosfera, característica exclusiva desse grupo do fitoplâncton, que confere maior possibilidade para seu desenvolvimento (Whitton, 1992)

Ressalta-se que o fato de se diagnosticar espécies de cianobactérias em determinado curso d'água não implica necessariamente que haja produção de compostos prejudiciais à saúde de pessoas e de animais no ambiente aquático. A liberação de compostos potencialmente tóxicos está relacionada à floração de cianobactérias no ambiente, definida quando a concentração total de uma espécie for igual ou superior a 20.000 cél./mL (Sant'Anna, 2006).

A Resolução CONAMA 357 de 17/03/05, determina para águas classe 2, como é o caso da maior dos cursos d'água amostrados, densidade máxima de 50.000 células/mL.

As clorofíceas foram abundantes nos Pontos PE 01A, PE 07A, PE 38 e PE 41, conforme dados constantes na **Figura 5.2.1-03**. De acordo com Happey-Wood (1988), as microalgas verdes são, em geral, os componentes mais relevantes do fitoplâncton em termos numéricos e de biomassa em águas oligotróficas.

O sucesso dessas algas em locais de menor disponibilidade de nutrientes decorre, em parte, das características morfológicas de suas células, de tamanho diminuto, que oferecem maior razão superfície/volume e área de membrana celular, representando uma vantagem competitiva na absorção de alimentos e de gases necessários à realização da fotossíntese.

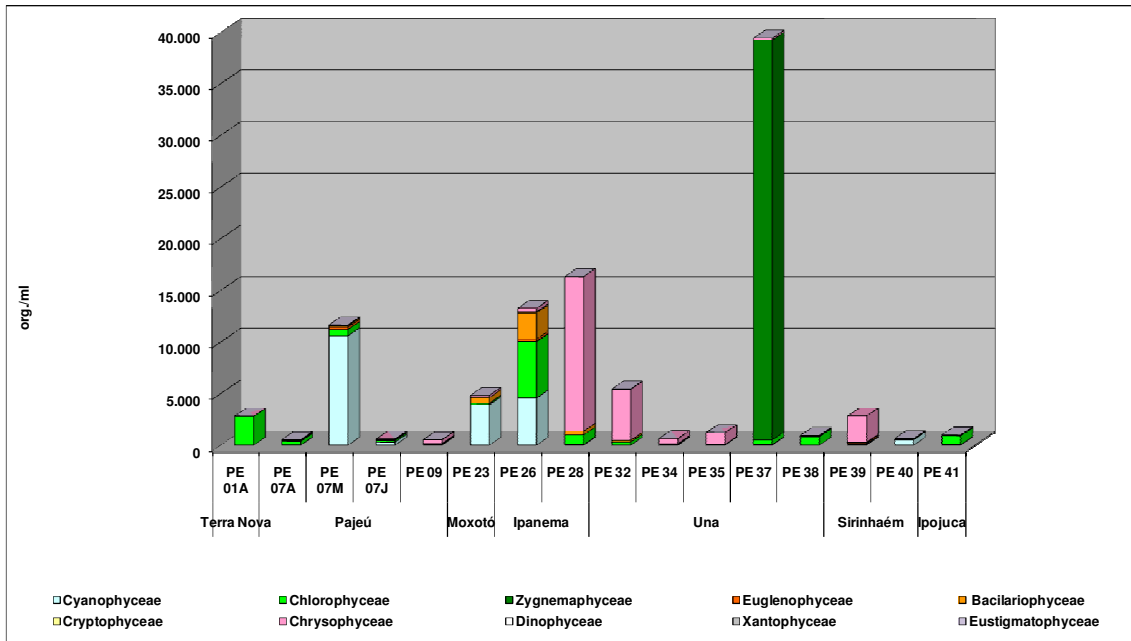
Destaca-se no açude Coicero (PE 37) a ampla densidade (38.729 org./mL) e abundância (98%) de Zygnemaphyceae, com predominância da espécie *Cosmarium contractum var. minutum*.

Em geral, as algas desse gênero predominam em ambientes oligotróficos, entretanto, há registros de espécies de *Cosmarium* em corpos d'água alcalinos e ricos em matéria orgânica (Bicudo & Menezes, 2006). Durante a coleta nesse açude observou-se lixo nas margens, o que sugere que esse curso d'água é receptor de matéria orgânica do povoado que ocupa o entorno e as medições locais indicam águas alcalinas (pH 8,82),

Os demais grupos de algas foram menos representativas, com percentual de abundância relativa inferior a 30%, classificadas como comuns, conforme CETESB (2000).

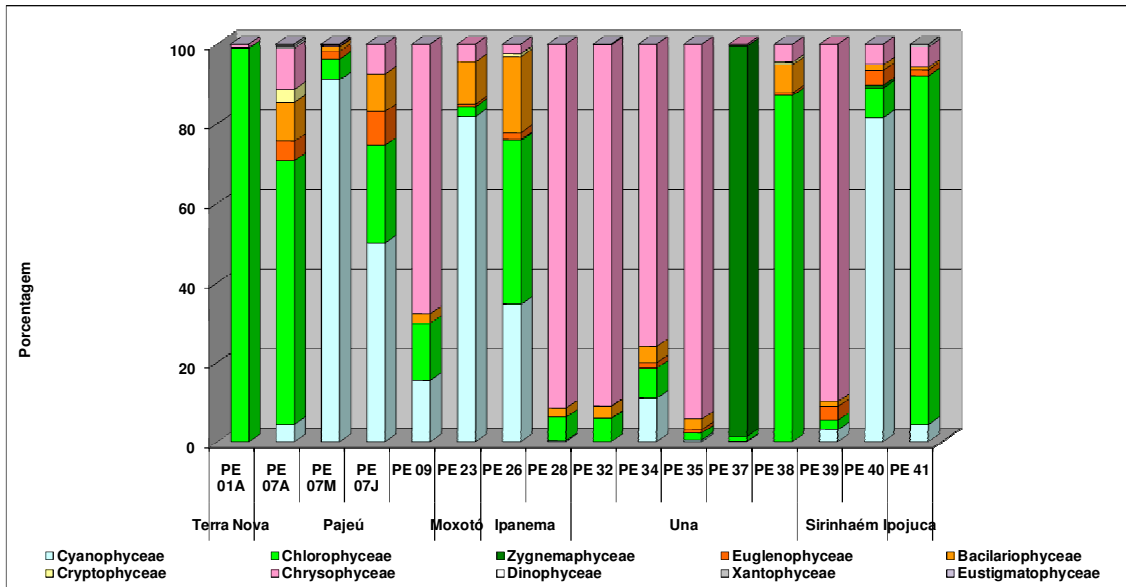
Comparando-se os resultados obtidos no rio Pajeú (PE 07) a montante e a jusante da linha férrea em construção, constatou-se uma redução na densidade de algas e cianobactérias no trecho a jusante.

5.2.1-02 - Densidade do Fitoplâncton - Primeira Campanha.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Figura 5.2.1-03 – Abundância Relativa do Fitoplâncton.



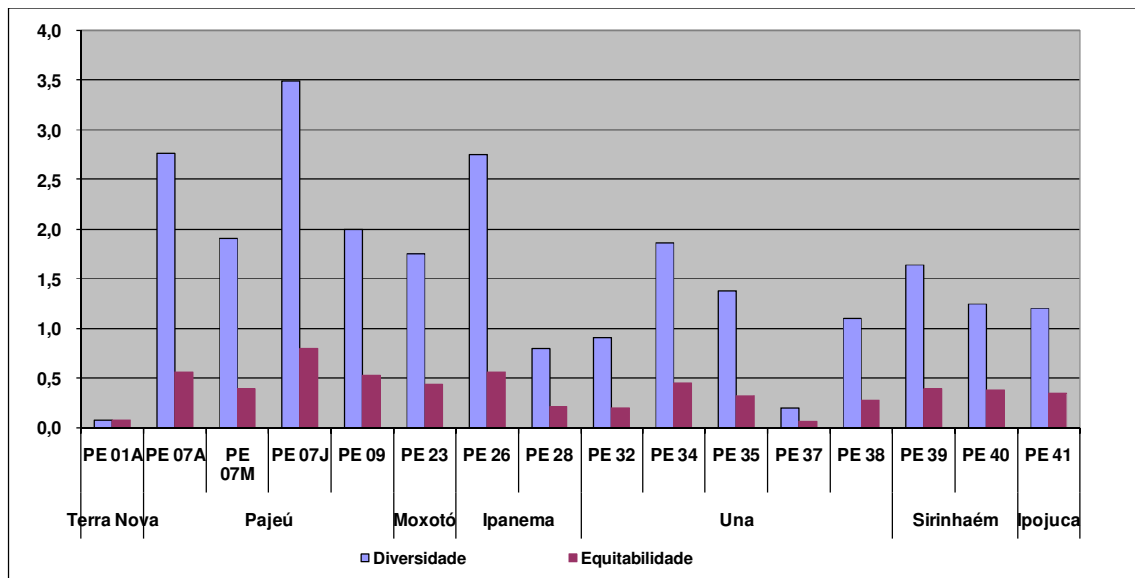
Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

– Índices de Diversidade e Equitabilidade

Para avaliar a diversidade de organismos fitoplanctônicos, utilizou-se no presente estudo o índice de Shannon-Wiener (H'), que relaciona o número de espécies e a distribuição da abundância entre as diferentes espécies de determinada amostra.

Obteve-se a maior diversidade da comunidade fitoplanctônica no rio Pajeú, a jusante das obras (PE 07J), com 3,5 bits.ind⁻¹ e a menor no açude Formiga (PE 01A), com 0,1 bits.ind⁻¹. De acordo com a classificação proposta por Shannon (1948), os valores obtidos correspondem à diversidade média (entre 2,0 e 3,0 bits.ind⁻¹) nos Pontos PE 07A, PE 07J e PE 26 e nos demais trechos a diversidade ficou na faixa da classificação baixa (< 2,0 bits.ind⁻¹), refletindo uma menor riqueza taxonômica, conforme apresentado na **Figura 5.2.1-04**. Os resultados obtidos refletem sistemas aquáticos alterados.

Os resultados do índice de equitabilidade oscilaram de 0,1 (PE 01A) a 0,8 (Ponto PE 07J). Os resultados na maioria dos pontos foram inferiores a 0,5 indicando uma distribuição regular dos organismos nas amostras, reflexo da predominância de táxons Chrysophyceae e Cyanophyceae.

Figura 5.2.1-04 - Índices de Diversidade e Equitabilidade do Fitoplâncton.

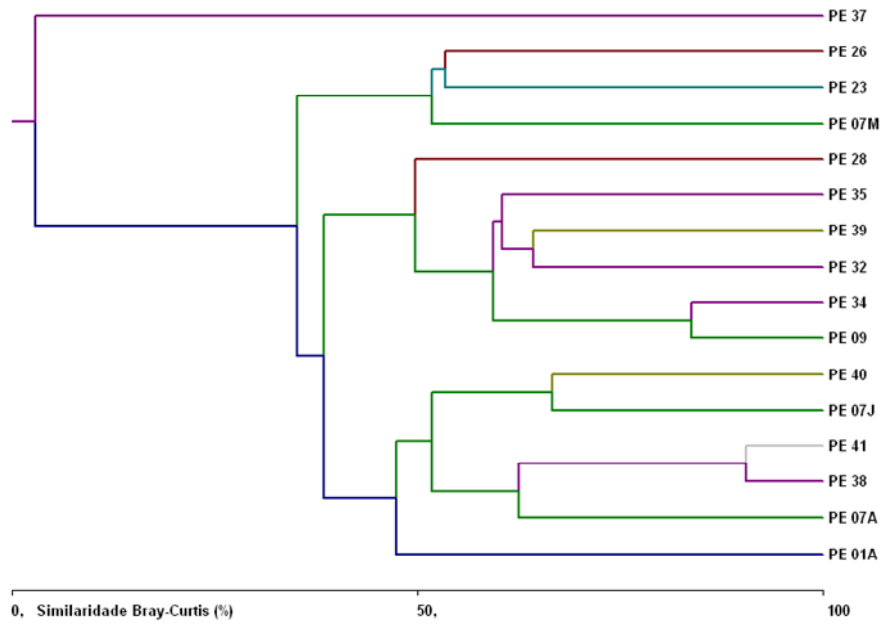
Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

- Índice de Similaridade

Nessa primeira campanha, os resultados do índice de similaridade de Bray-Curtis aplicados à comunidade fitoplanctônica apontaram maior nível de semelhança entre os Pontos PE 41 (rio Ipojuca) e PE 38 (rio Preto), com 90% de similaridade, ambos são cursos d'água representativos de sistemas lóticos, nos quais predominaram clorofíceas, seguidas de crisofíceas.

Verificou-se também o agrupamento dos Pontos PE 34 e PE 09 (83%), possivelmente devido à maior representatividade de crisofíceas e cianobactérias. Nos demais pontos, verificou-se menor similaridade e não foi observada a formação de clusters agrupando todos os pontos de uma mesma bacia, conforme **Figura 5.2.1-05**.

Figura 5.2.1-05 - Índice de Similaridade do Fitoplâncton.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

5.2.2 Perifíton

A comunidade perifítica é composta por algas, bactérias, fungos, animais, detritos orgânicos e inorgânicos. Contudo, esse grupo é claramente dominado por algas (Lowe & Laliberte, 1996), sendo associados a rochas (epilíton), sedimentos (epipelon), sendo também avaliadas amostras em vegetais (epifíton).

As algas perifíticas desempenham reconhecido papel nos ciclos energéticos dos ecossistemas aquáticos continentais, assumindo grande importância ecológica nas zonas litorâneas e em ambientes rasos, nos quais ocorrem vários tipos de superfícies para seu desenvolvimento, como rochas, macrófitas aquáticas e sedimentos. Esses organismos representam a fonte principal ou dominante de síntese de matéria orgânica, principalmente em sistemas lacustres (Wetzel, 1996).

A comunidade perifítica vem sendo utilizada como indicador do grau de eutrofização de rios e riachos expostos ao sol, através do crescimento de algas filamentosas e de cianobactérias que respondem a fatores relacionados à energia luminosa e a nutrientes inorgânicos dissolvidos na água, especialmente fósforo, às pressões de interações competitivas e à herbivoria (Meibek, 1995). Destaca-se também seu modo de vida sésil e o curto ciclo de vida, que fazem com que os organismos respondam rapidamente às alterações ocorridas no meio aquático.

Os resultados da amostragem de perifíton realizada na primeira campanha nos cursos d'água inseridos no Trecho 2 da Ferrovia Transnordestina são abordados a seguir sob o enfoque qualitativo. No **Anexo III** consta o registro de cada táxon nos distintos pontos de coleta e a densidade numérica.

- **Análise qualitativa**

A avaliação qualitativa do perifíton resultou na identificação de 139 táxons, integrantes das classes taxonômicas: Bacillariophyceae (56), Chlorophyceae (36), Cyanophyceae (22), Zygnemaphyceae (11), Chrysophyceae (5), Euglenophyceae (4), Xantophyceae (3) Cryptophyceae (1) e Eustigmatophyceae (1).

Nos ambientes analisados o grupo das Bacillariophyceae (40% de riqueza relativa) foi o mais representativo em termos de riqueza perifítica, com relevância dos gêneros *Navicula* (7 táxons), *Nitzschia* e *Eunotia*, ambos com 5 táxons, cada.

Espécies dos gêneros *Navicula* habitam vários tipos de biótopos e algumas possuem características eurihalina. Espécies do gênero *Nitzschia* se desenvolvem melhor em águas alcalinas, tendo já sido observadas em corpos hídricos contendo regular quantidade de matéria orgânica (Archibaldi, 1971). A avaliação da qualidade das águas nos trechos em obras (item 5.1) indicam que os cursos d'água no Trecho 2 são receptores de matéria orgânica, corroborando assim com a análise perifítica.

As algas da classe Bacillariophyceae são frequentemente relatadas como as principais colonizadoras de substratos naturais, como rochas, sedimentos e macrófitas, chegando a constituir o grupo algal mais representativo da comunidade perifítica (Chamixaes, 1991; Moshini-Carlos, 1996). A maior riqueza de bacilariofíceas foi computada no rio da Prata (PE 34), com 18 táxons.

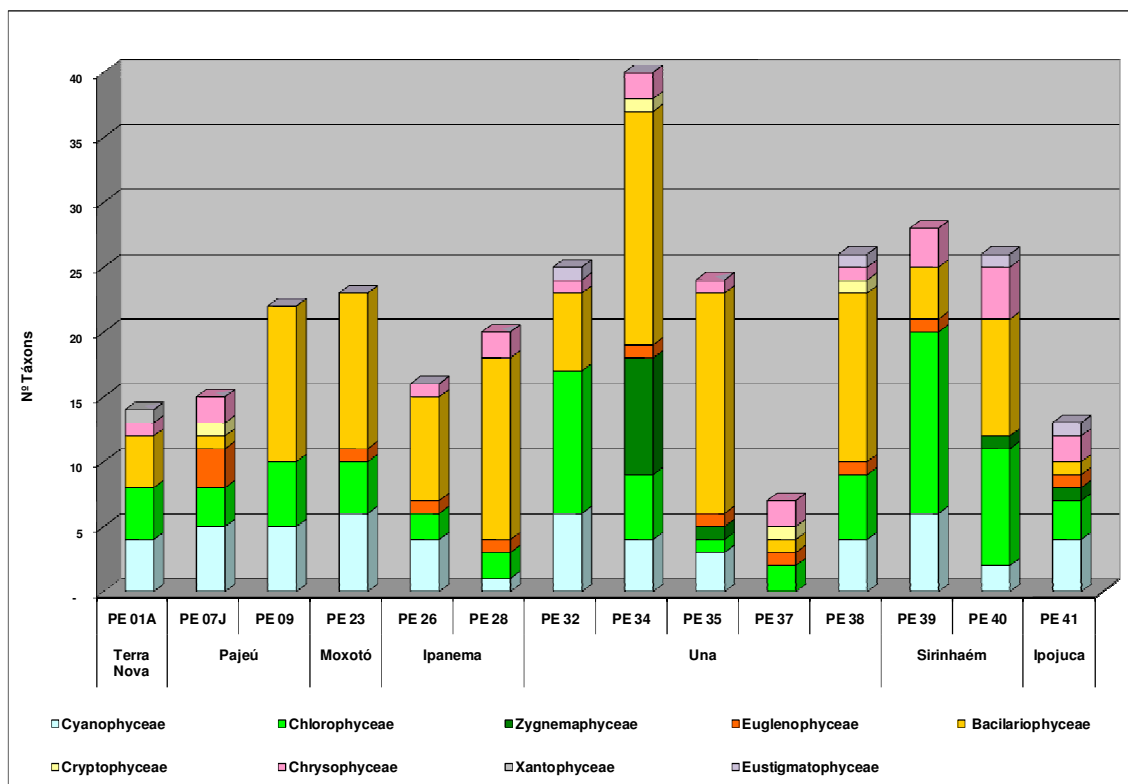
Chlorophyceae constituiu a segunda classe em termos de riqueza taxonômica nos cursos d'água amostrados (26%), destaque para o gênero *Chlamydomona* (7 táxons), *Monoraphidium*, *Scenedesmus* e *Oedogonium*, com 4 táxons, cada.

As cianobactérias perifíticas foram representadas pelos gêneros *Anabaena*, *Aphanocapsa*, *Leptolyngbya*, *Merismopedia*, *Oscillatoria*, *Planktothrix*, *Pseudanabaena*, *Phormidium*, *Romeria*, *Synechocystis* e *Synechococcus*. Conforme citado, a presença desses organismos, possivelmente está relacionada com a disponibilidade de nutrientes, especialmente o nitrogênio e o fósforo.

As demais classes (Chrysophyceae, Zygnemaphyceae, Euglenophyceae, Cryptophyceae, Xantophyceae e Eustigmatophyceae) computaram menor riqueza específica em relação aos demais grupos, com riqueza relativa inferior a 8%.

A maior riqueza taxonômica foi computada no rio da Prata (PE 34), com 40 táxons, devido especialmente às bacilariófitas. Em contraste, o valor mínimo de riqueza perifítica foi registrado no açude Coiceiro (PE 37), com 7 táxons (**Figura 5.2.2-01**).

Figura 5.2.2-01 - Riqueza de Espécies (nº de táxons) do Perifíton.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Em termos de distribuição espacial na rede de amostragem, apenas seis táxons, do total de 139, mantiveram frequência igual ou superior a 50% nos distintos ambientes analisados. Assim, a maioria dos táxons inventariados no presente estudo apresentou frequência relativa inferior a 50%, sendo considerados de ocorrência esporádica ocasional (Ávila, 2002).

Registrou-se maior frequência das espécies *Chromulina elegans* (Chrysophyceae), *Nitzschia palea* (Bacilariophyceae), *Synechocystis aquatilis*, *Leptolyngbya perelegans* (Cyanophyceae), *Chlamydomonas planctogloea* e *Chlamydomonas epibiotica* (Chlorophyceae), conforme apresentado no **Quadro 5.2.2-01**.

A espécie *Chlamydomonas planctogloea* também apresentou ampla representatividade na avaliação da comunidade fitoplanctônica. De acordo com Stevenson & Pan (1999) a diatomáceas *Nitzschia palea* considerada bioindicadora de ambientes poluídos.

Quadro 5.2.2-01 - Frequência de Espécies do Perifiton - Primeira Campanha (janeiro 2011).

Divisão Taxonômica	Registro na Rede de Amostragem (n.º amostras)	Frequência Relativa (%)
Classe Cyanophyceae		
<i>Leptolyngbya perelegans</i>	9	64
<i>Synechocystis aquatilis</i>	9	64
Classe Chlorophyceae		
<i>Chlamydomonas epibiotica</i>	7	50
<i>Chlamydomonas planctogloea</i>	9	64
Bacilariophyceae		
<i>Nitzschia palea</i>	9	64
Classe Chrysophyceae		
<i>Chromulina elegans</i>	11	79

Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

• **Análise quantitativa**

Nos ambientes aquáticos analisados no Trecho 2, os valores de densidades de algas e de cianobactérias perifíticas oscilaram entre 11.175 org./cm² (Ponto PE 07J, rio Pajeú) a 98.527 org./cm² (PE 39, rio Sirinhaém), conforme apresentado na **Figura 5.2.2-02**.

A maior densidade computada no rio Sirinhaém esteve associada aos organismos *Chlamydomonas planctogloea* (Chlorophyceae), com 46.040 org./cm². Conforme citado, Ferragut (2004) atribui o sucesso das espécies de *Chlamydomonas* ao seu tamanho diminuto, pois levam vantagem seletiva tanto em condições oligotróficas, devido à alta razão superfície/volume, como em eutróficas, já que são oportunistas e crescem em pulsos devido ao seu ciclo de vida curto (Happey-Wood 1988).

Os dados quantitativos evidenciam que os grupos das cianobactérias e as crisofíceas foram as mais representativas numericamente.

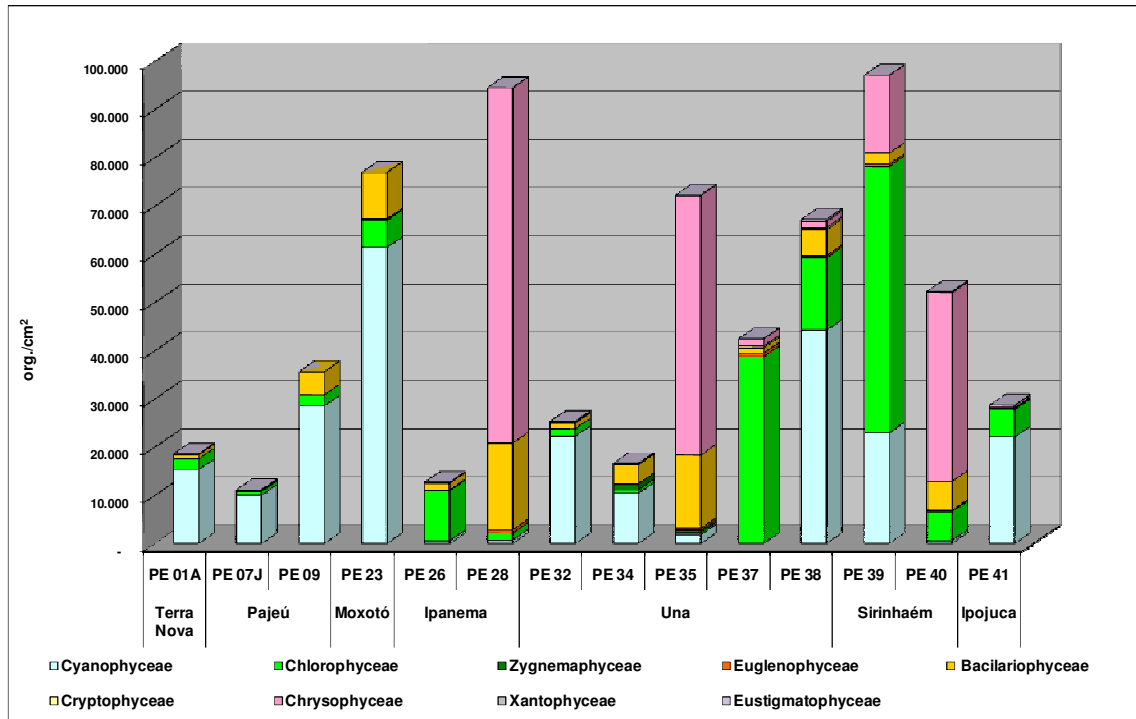
Com base no critério da CETESB (2000, op.cit), as cianobactérias foram classificadas como abundantes (>60%) nos Pontos PE 01A, PE 07J, PE 09, PE 23, PE 32, PE 34, PE 38 e PE 41. A maioria das espécies de cianobactérias encontradas é filamentosas, aspecto que favorece sua aderência ao substrato.

As crisófitas foram abundantes nos Pontos PE 28, PE 35 e PE 40. Esses organismos possuem alta atividade metabólica e produção de biomassa, indicando grande adaptabilidade e eficiência no uso de nutrientes sobre condições extremas de alta luminosidade.

. As clorófitas também receberam essa classificação no afluente do rio Ipanema (PE 26) com 82% e no açude Coiceiro (PE 37), com 91% de abundância relativa, devido principalmente à contribuição da microalga verde *Chlamydomonas planctogloea*.

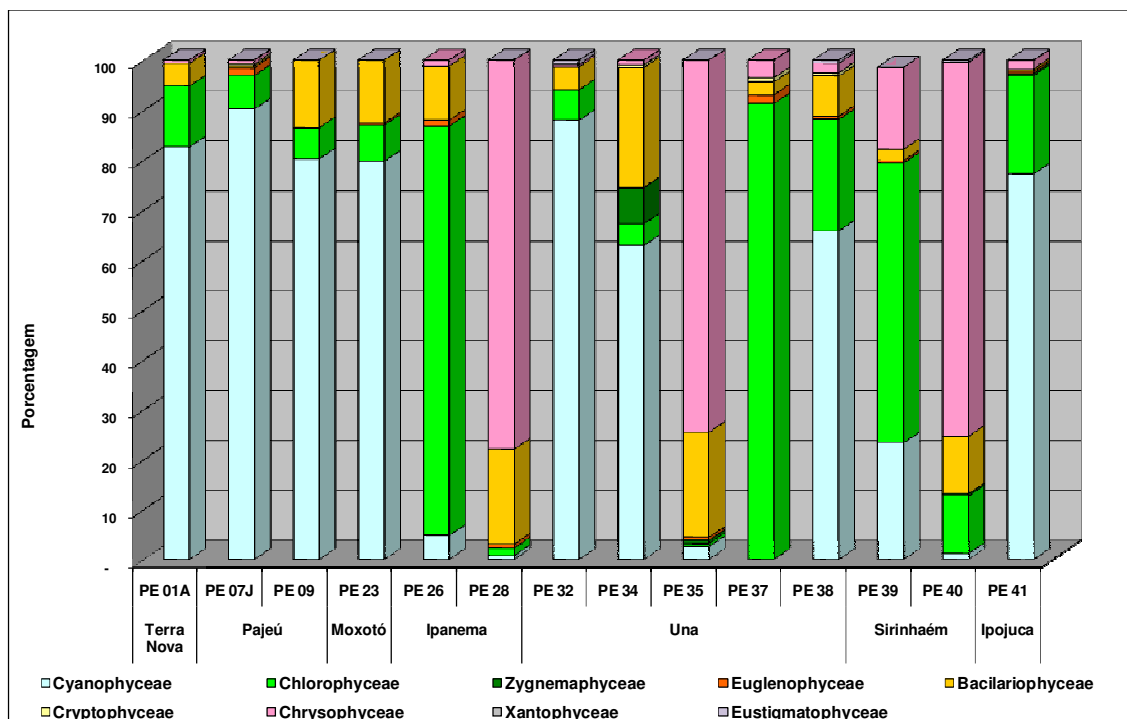
Para os demais grupos perifíticos, os percentuais de abundância foram inferiores a 56% (**Figura 5.2.2-03**).

Figura 5.2.2-02 - Densidade do Perifiton.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Figura 5.2.2-03 - Abundância Relativa do Perífiton .



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

– Índices de Diversidade e Equitabilidade

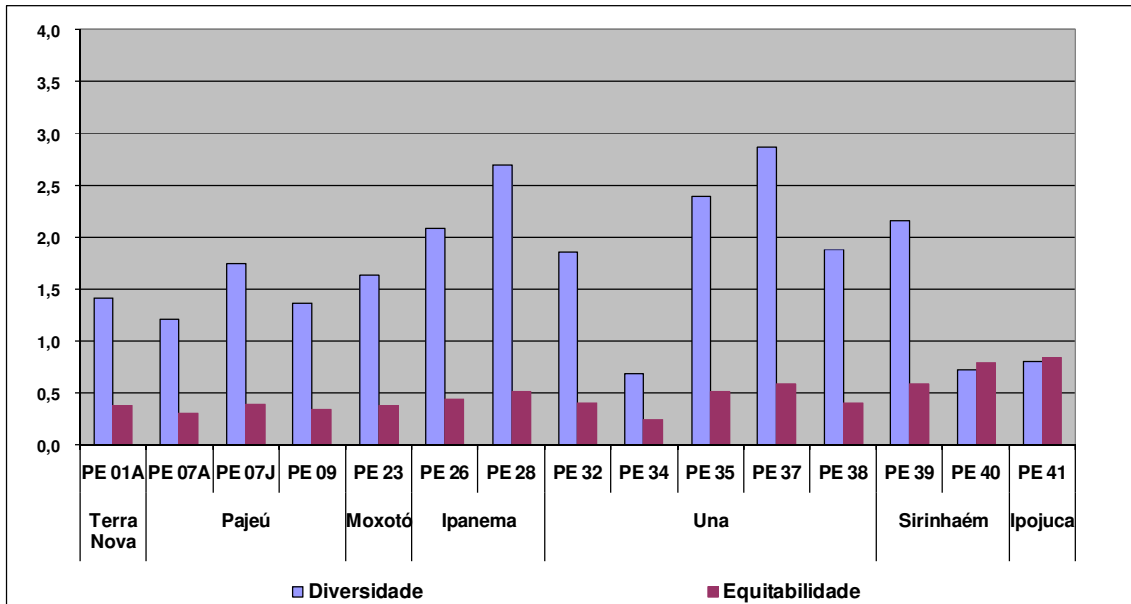
Para avaliar a diversidade de organismos perifícticos, utilizou-se no presente estudo o índice de Shannon-Wiener (H'), que relaciona o número de espécies e a distribuição da abundância entre as diferentes espécies de determinada amostra.

Nos pontos de amostragem, os valores do índice de diversidade oscilaram entre $0,7 \text{ bits.ind}^{-1}$ (PE 34, rio da Prata e PE 40, rio Amaraji) e $2,9 \text{ bits.ind}^{-1}$ (PE 37, açude Coicero), conforme apresentado na **Figura 5.2.2-04**.

O resultado médio de diversidade nos trechos analisados esteve abaixo de $2,0 \text{ bits.ind}^{-1}$, o que representa, de acordo com a classificação proposta por Shannon (1948), valores de diversidade baixa, o que indica sistemas aquáticos alterados.

O resultado do índice de diversidade está condizente com o de equitabilidade, que oscilou entre 0,2 (PE 34) a 0,8 (PE), com resultado médio inferior a 0,5, devido possivelmente à predominância numérica de táxons, em especial da Chlorophyceae.

Figura 5.2.2-04 - Índices de Diversidade e Equitabilidade.

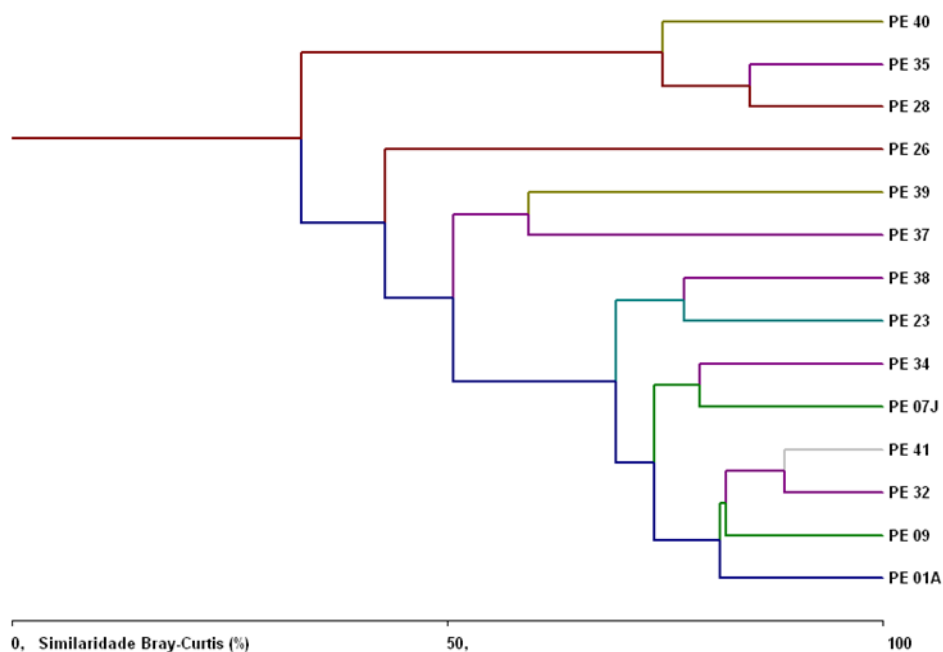


Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

– Índice de Similaridade

O índice de similaridade de Bray-Curtis aplicado para a comunidade perifítica apontou maior nível de semelhança entre os Pontos PE 41 e PE 32, situados no rio Ipojuca e no riacho do Riachão, com 89% de similaridade. Em ambos os pontos, constatou-se predominância de cianobactérias e presença de macrófitas aquáticas, indicando sistemas aquáticos ricos em nutrientes minerais.

De uma maneira geral, verificou-se nos demais cursos d'água amostrados um bom nível de similaridade (>50%), conforme **Figura 5.2.2-05**.

Figura 5.2.2-05 - Índice de Similaridade do Perifiton.

Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

5.2.3 Zooplâncton

Os organismos zooplanctônicos são seres microscópicos que vivem em diferentes profundidades da coluna d'água, deslocando-se com a correnteza.

Composto por centenas de espécies, na maioria invertebrados artrópodes, o zooplâncton é dominado geralmente por quatro grupos principais - protozoários, rotíferos, cladóceros e copépodes. Muitos desses organismos passam seu ciclo de vida completo no plâncton (holoplâncton ou, euplâncton), a exemplo de alguns copépodes e cladóceros, enquanto que outros, como os insetos, compõem temporariamente o plâncton (meroplâncton ou hemiplâncton) na forma de ovos, larvas ou adultos.

O zooplâncton possui enorme complexidade funcional, compreendendo taxas metabólicas elevadas (respiração, nutrição e reprodução), o que implica forte interação com o meio aquático em que habitam. Apresentam nutrição seletiva, ingerindo preferencialmente formas unicelulares de algas em detrimento às filamentosas ou às que possuem espinhos.

Os peixes planctívoros exercem importante mecanismo de regulação na abundância e na estrutura das populações de zooplâncton, selecionando visualmente os organismos de maior tamanho. Por tais particularidades estruturais e funcionais, essa é uma das comunidades bióticas que mais prontamente refletem as condições do meio.

Alterações na composição, riqueza de espécies e abundância do zooplâncton estão frequentemente relacionadas a diferentes tipos de impactos como eutrofização e alterações no ciclo hidrológico (Tundisi, 1997).

Espécies sensíveis ao agente poluidor são geralmente eliminadas e as mais resistentes apresentam elevadas taxas de crescimento quantitativo, tornando-se abundantes. Devido a essa sensibilidade em relação às mudanças nas características ambientais do sistema, os organismos zooplanctônicos podem ser considerados sensores refinados no monitoramento da qualidade das águas (Margalef, 1983).

Os resultados da amostragem de zooplâncton dos cursos d' água inseridos no Trecho 2 da Ferrovia Transnordestina são abordados a seguir sob o enfoque qualitativo e quantitativo. No **Anexo IV** consta o registro de cada táxon nos distintos pontos de coleta e a densidade numérica.

• Análise qualitativa

A avaliação qualitativa do zooplâncton resultou na identificação de 62 táxons, pertencentes aos seguintes grupos taxonômicos: Filo Rotifera - Classe Digononta (1), Classe Monogononta (35), Subfilo Crustacea – Classe Branchiopoda - Ordem Cladocera (9), Classe Copepoda - Ordem Calanoida (5), Ordem Cyclopoida (4), Classe Ostracoda (1) e Subreino Protozoa – Filo Rhizopoda (7).

No presente estudo houve uma nítida supremacia de rotíferos. Esse grupo reuniu 58% da riqueza taxonômica, seguido de cladóceros (14%) e protozoários (11%). Os demais grupos taxonômicos foram menos representativos (<8%).

Várias pesquisas realizadas na América do Sul revelam os rotíferos como o grupo de maior riqueza específica do zooplâncton (Robertson & Hardy, 1984; Vásquez & Rey, 1989; Paggi & José de Paggi, 1990, Lansac -Tôha et al., 1997).

Esses seres possuem hábito filtrador alimentando-se de bactérias, de pequenas algas e de matéria orgânica particulada. Caracterizam-se por ter um ciclo de vida curto, resultando em uma taxa de renovação populacional elevada, o que representa uma vantagem competitiva frente a condições de instabilidade do meio aquático, pois a comunidade se adapta mais rapidamente a mudanças nos regimes hidrológicos e às alterações na qualidade da água.

Os rotíferos foram representados principalmente pelas famílias Brachionidae e Lecanidae, com 18 e 4 táxons, respectivamente. A família Brachionidae é considerada uma das mais importantes para o zooplâncton, cujos representantes geralmente têm hábito planctônico. Na rede amostral destacou-se o gênero *Brachionus*, com 14 táxons.

A família Lecanidae é litorânea, estando relacionada à comunidade bentônica e ao perifiton, principalmente em locais ricos em vegetação, ocorrendo o plâncton como migrantes ocasionais (Neumann-Leitão & Nogueira, 1986). No afluente do rio Ipanema (Ponto PE 26) computou-se maior riqueza de rotíferos (12 táxons).

Os microcrustáceos cladóceros ocuparam a segunda posição em termos de riqueza na rede amostral (14%), sendo registrados táxons dos gêneros *Alona*, *Diaphanosoma*, *Macrothrix*, *Moina*, *Oxyurella* e *Streblocerus*. Os cladóceros reúnem seres de forma e tamanho muito variados, entre 0,2 a 3,0 mm, em geral transparentes. São caracterizados pela presença de brânquias nos pés torácicos, tendo o corpo coberto por uma carapaça bivalve.

Os protozoários testáceos, ou tecamebas, são seres unicelulares, eucariontes. Seu desenvolvimento está em geral condicionado à maior disponibilidade de compostos orgânicos solúveis no meio aquático, introduzidos entre outras fontes por esgotos domésticos. Na rede de amostragem estiveram representados pelos gêneros *Arcella*, *Centropyxis*, *Diffflugia*, *Euglypha* e *Lescquereusia*.

Dentre esses, *Diffflugia*, *Centropyxis* e *Arcella* são reconhecidas por conterem maior número de espécies em variados tipos de ambientes, tanto na comunidade planctônica, como bentônica e na região litorânea (Lansac-Tôha *et al.*, 2004).

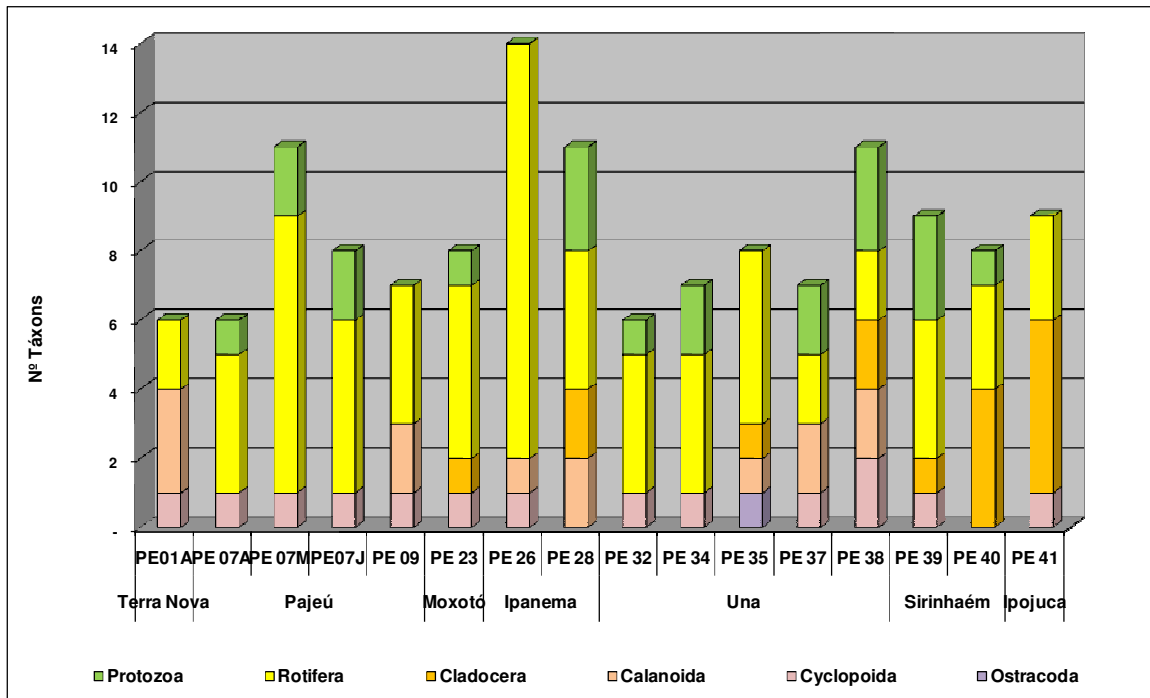
A maior riqueza de protozoários foi computada no açude dos Tambores (PE 28), no rio Preto (PE 38) e no rio Sirianhém (PE 39), ambos com três táxons.

Os copépodes das ordens Cyclopoida e Calanoida reuniram em conjunto 14% do total de táxons. Os ciclopóides foram representados pelas formas juvenis (náuplios e copepóditos) e pelas espécies *Microcyclops alius* e *Microcyclops ceibaensis*.

Os calanóides foram representados pelas formas juvenis (náuplios e copepóditos) e pelas espécies *Argyrodiaptomus azevedoi*, *Notodiaptomus cearesis* e *Notodiaptomus iheringi*. Tanto os organismos ciclopóides como os calanóides habitam os mais diferentes ambientes aquáticos, sendo os grupos mais representativos dentre os copépodes.

O valor máximo de riqueza da fauna zooplanctônica foi obtido no afluente do rio Ipanema (Ponto PE 26), com 14 táxons e maior representatividade do grupo dos rotíferos. Em contraste, os menores valores foram registrados no açude Formiga (PE 01A), no rio Exu Velho (PE 07A) e no riacho do Riachão (PE 32), com seis táxons em cada ponto, conforme exposto na **Figura 5.2.3-01**.

Figura 5.2.3-01 - Riqueza de Espécies (nº de táxons) do Zooplâncton.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Em termos de distribuição espacial na rede de amostragem, apenas três táxons do total de 62, mantiveram frequência igual ou superior a 50% nos distintos ambientes analisados, conforme apresentado a seguir no **Quadro 5.2.3-01**.

Destacam-se entre os organismos mais freqüentes os rotíferos da ordem Bdelloidea (69%), os náuplios dos ciclopóides, (56%) e o protozoário *Arcella vulgaris* (50%). Essa espécie é comumente encontrada em águas doces tropicais, tanto em rios, como riachos, represas, entre outros.

Os demais táxons inventariados nesta campanha apresentaram frequência inferior a 50%, sendo considerados de ocorrência esporádica e ocasional (Ávila, 2002).

Quadro 5.2.3-01 - Frequência de Espécies do Zooplâncton.

Divisão Taxonômica	Registro na rede de amostragem	Frequência Relativa (%)
Filo ROTIFERA / Classe Digononta		
Bdelloidea	11	69
Filo ARTHROPODA / Classe Copepoda / Ordem Cyclopoida		
Náuplio	9	56
Sub-Reino PROTOZOA / Filo Rhizopoda		
<i>Arcella vulgaris</i>	8	50

Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011

- **Análise quantitativa**

- **Densidade Numérica e Abundância Relativa**

A análise dos resultados de densidade evidenciou, mais uma vez, o predomínio de rotíferos, seguidos pelos microcrustáceos ciclopóides.

Na área em estudo, os valores de densidade da comunidade zooplanctônica variaram entre 2.581 org./m³ (rio da Prata – PE 34) e 500.000 org./m³ (afluente do rio Ipanema – PE 26).

De acordo com a **Figura 5.2.3-02**, abaixo apresentada, a maior densidade de organismos constatada no afluente do rio Ipanema (Ponto PE 26), devido, principalmente, à elevada densidade do rotífero *Brachionus angularis*. Elevadas densidades de *Brachionus angularis* foram relacionadas com altas concentrações de nutrientes e bactérias heterotróficas no lago Paranoá (Branco & Senna, 1996).

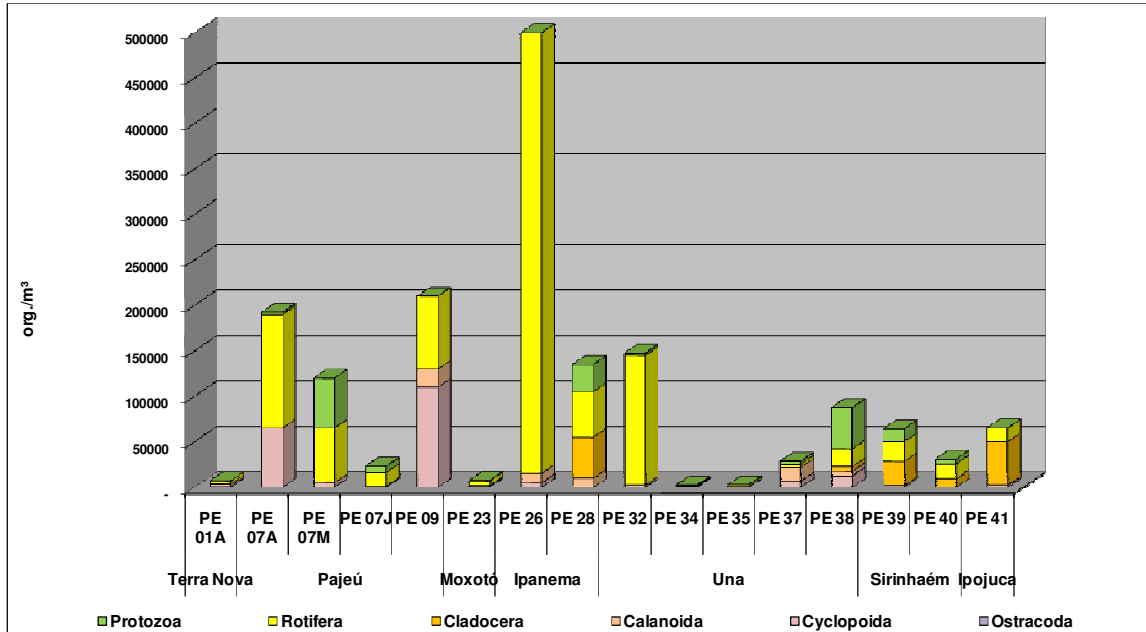
Os rotíferos foram abundantes (> 60%) nos Pontos PE 07A, PE 07J, PE 23, PE 26, PE 32 e PE 35. O período da coleta foi marcado por chuvas, o que promove um maior fluxo de sólidos aos corpos d'água e o hábito filtrador desse grupo confere a esses organismos maior capacidade para selecionar nutrientes entre as partículas orgânicas e inorgânicas disponíveis no ambiente. Nesse sentido, é importante destacar que as maiores concentrações de sólidos dissolvidos medidas em campo foram computadas nos pontos mencionados acima.

Os microcrustáceos cladóceros foram abundantes no rio Ipojuca (PE 41), com 73% de abundância relativa, devido principalmente as *Diaphanosoma brevireme* e *Macrothrix triserialis*.

Os ciclopóides foram detectados em maior proporção que os calanóides, o que sugere, segundo Gannon & Stemberger (1978), maior concentração de materiais orgânicos nas águas. Algumas espécies de ciclopóides suportam deficiência de oxigênio e, em sistemas aquáticos eutrofizados, esse grupo geralmente assume maior proporção do que os calanóides servindo, portanto, como indicador do grau de trofia do sistema (Tundisi et al., 1988).

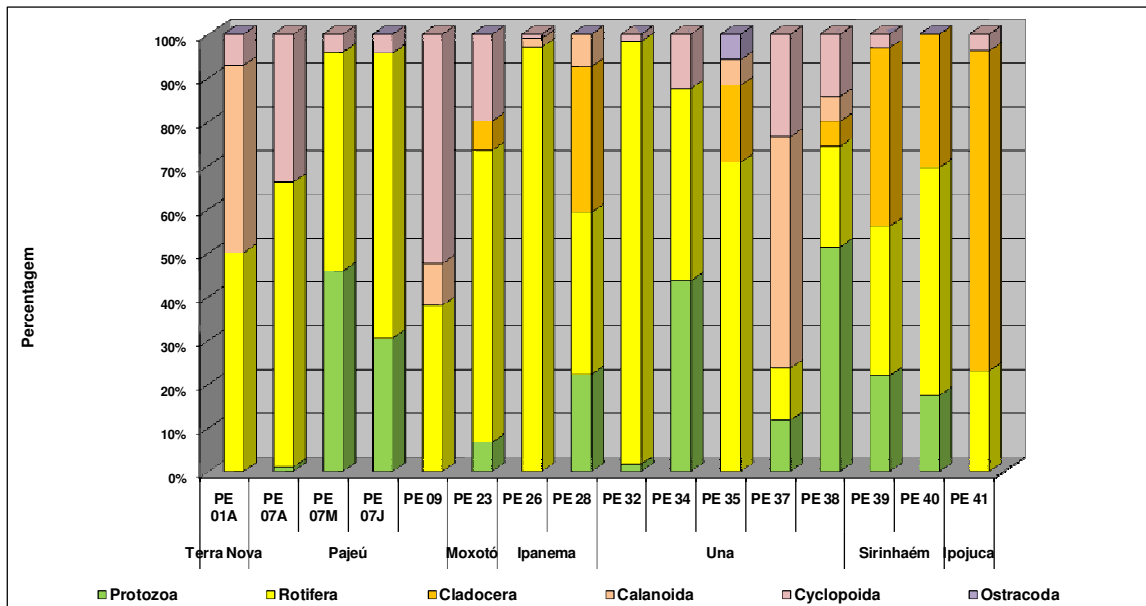
Os demais grupos tiveram pouco representativa numérica na rede amostral, conforme ilustrado na **Figura 5.2.3-03**.

Figura 5.2.3-02 - Densidade Numérica (org./m³) do Zooplâncton.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Figura 5.2.3-03 - Abundância Relativa (%) do Zooplâncton.



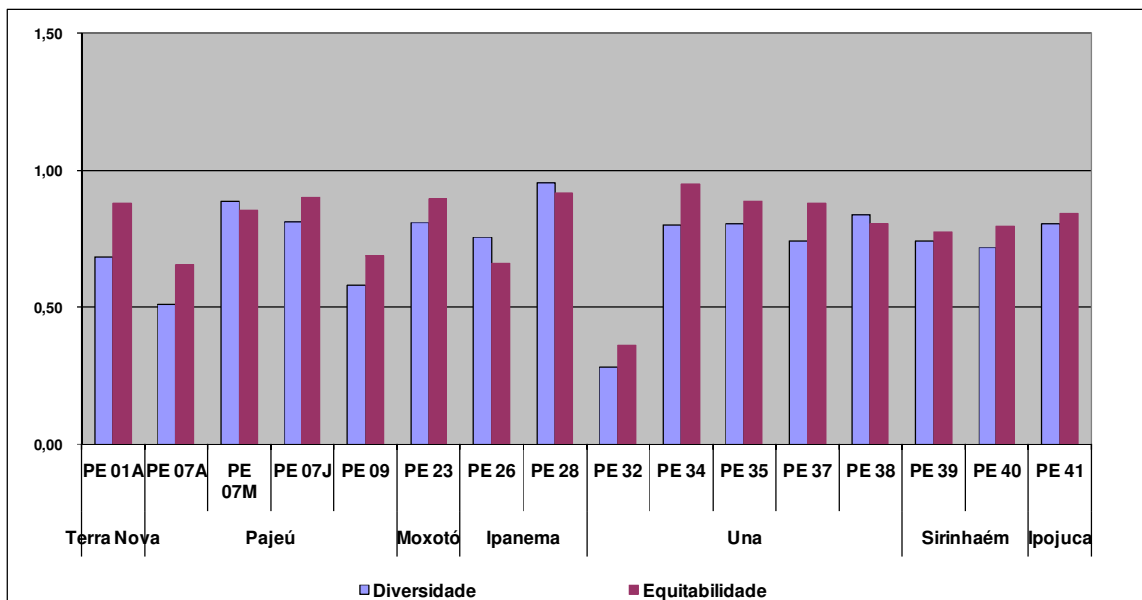
Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

– Índice de Diversidade e Equitabilidade

Os valores do índice de diversidade de Shannon-Wiener no Trecho 2 foram baixos, com máximo de 0,95 bits.ind⁻¹ no açude dos Tambores (PE 28), devido, principalmente, à baixa riqueza de espécies encontrada.

Em relação à equitabilidade, os valores máximos foram de 0,95 no rio da Prata (PE 34), com valores médios superiores a 0,5, indicando boa distribuição dos táxons nas amostras, conforme **Figura 5.2.3-04**.

Figura 5.2.3-04 - Índice de Diversidade e Equitabilidade do Zooplâncton.

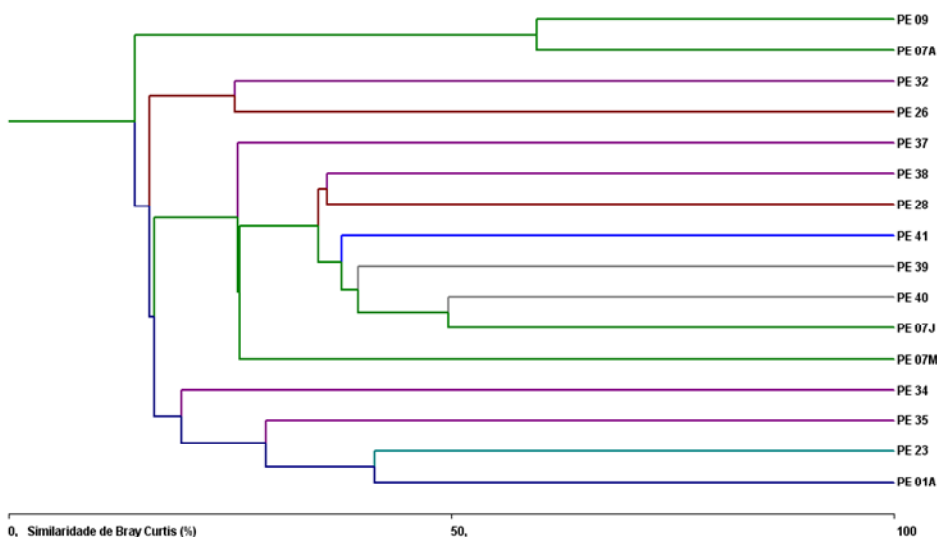


Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

– Índice e Similaridade

Os resultados do índice de similaridade da comunidade zooplanctônica são apresentados a seguir na **Figura 5.2.3-05**. De modo geral, observou-se que os ambientes amostrados possuem baixa similaridade (< 50%), o que pode ser reflexo das alterações antrópicas nos cursos d'água analisados.

As maiores semelhanças da análise de agrupamento (Cluster Analystis) foram registradas entre os pontos PE 09 (açude Varzinha) e PE 07A (rio Exu Velho), com 59% de semelhança, ambos localizados na bacia do rio Pajeú. Em ambos os pontos, a fauna zooplanctônica foi composta por rotíferos, ciclopoídes e calanóides.

Figura 5.2.3-05 - Dendograma de Similaridade do Zooplâncton.

Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

5.2.4 Invertebrados Bentônicos

A fauna bentônica, isto é, que vive sob ou sobre o substrato, compreende diferentes grupos de invertebrados, tais como insetos (Insecta) nas fases de ninfa e larva, anelídeos (Annelida), vermes (Nematoda), crustáceos (Crustacea) e moluscos (Mollusca).

Essa comunidade abrange organismos de vários níveis tróficos, desde consumidores primários a predadores, e apresentam uma ampla gama de hábitos alimentares, incluindo coletores, raspadores, retalhadores, predadores e parasitas.

Os invertebrados bentônicos podem habitar a região litorânea e profunda dos corpos d'água. Sob o aspecto ecológico, esses seres exercem papel preponderante na reciclagem de compostos orgânicos, participando da redistribuição do material de fundo e concorrendo para a decomposição de substâncias potencialmente poluentes.

Os organismos bentônicos são utilizados como bioindicadores, pois possuem baixa mobilidade, apresentam seletividade quanto ao habitat e refletem com maior exatidão eventuais desequilíbrios ocorridos no ambiente, seja pela introdução de substâncias contaminantes e poluentes nos corpos d'água, seja pela alteração física do substrato ocasionada, por exemplo, pelo transporte de sólidos na área de drenagem.

A comunidade bentônica permite ainda traçar uma avaliação temporal das alterações causadas por perturbações no meio aquático, devido ao seu ciclo de vida que é relativamente

longo (semanas a anos), ao longo do qual respondem continuamente às variações ambientais.

Os resultados da amostragem da comunidade bentônica no Trecho 2 são abordados a seguir sob o enfoque qualitativo e quantitativo. No **Anexo V** consta o registro de cada táxon nos distintos pontos de coleta e a densidade numérica.

- **Análise Qualitativa**

A fauna de invertebrados bentônicos nos cursos d'água amostrados esteve representada por ecossistemas aquáticos avaliados inventariando um total de 24 táxons pertencentes aos seguintes grupos taxonômicos: Filo Arthropoda: Classe Insecta - Ordem Diptera (5); Ordem Hemiptera (1); Ordem Ephemeroptera (5); Ordem Coleoptera (2); Ordem Odonata (2); Classe Arachnida – Ordem Acari (2); Filo Mollusca: Classe Bivalvia (1); Classe Gastropoda (3); Filo Annelida - Classe Hirudinea (1); Classe Oligochaeta (1) e Filo Nematoda (1).

Reproduzindo um padrão observado nos sistemas aquáticos tropicais, os cursos d'água amostrados têm como principais representantes dos invertebrados bentônicos os insetos (Insecta), principalmente da ordens Diptera e Ephemeroptera (20,8%).

Os dípteros foram representados pelas famílias Ceratopogonidae, Chironomidae (*Chironomus* sp e *Ablabesmya* sp) e Tipulidae. Esses organismos passam parte da vida ou seu ciclo completo associado ao substrato de fundo, sendo que para alguns deles a fase larvária é muito mais prolongada que a fase adulta

As larvas de insetos da ordem Diptera (moscas e mosquitos) se desenvolvem em grande número em ambientes lacustres e fluviais, participando ativamente da composição faunística. Os adultos depositam seus ovos na superfície das águas e dão origem a um número elevado de larvas que colonizam em geral sedimentos arenosos e lodosos, além da vegetação aquática.

A ordem Ephemeroptera, composta por cerca de 4.000 espécies (Salles *et al.*,2004), constitui o grupo mais antigo dentre os insetos alados. As ninfas de Ephemeroptera são abundantes e ocupam a maior parte dos meso-habitats disponíveis, desde áreas de remanso até trechos de forte correnteza.

Pelo fato de serem herbívoros ou detritívoros e servir de alimento para diversos predadores, os efemerópteros representam importante elo na cadeia trófica dos ambientes aquáticos. Esse grupo é também muito utilizado em programas de biomonitoramento de qualidade da água, devido à sensibilidade que apresentam à poluição ambiental, vivendo preferencialmente em sistemas aquáticos límpidos. Nos cursos d'água amostrados no Trecho 2 foram inventariados táxons dos gêneros *Caenis*, *Hexagenia* e *Campsurus*.

Os gastrópodes representaram 12% da riqueza relativa, com táxons dos gêneros *Physa*, *Biomphalaria* e *Melanoides*.

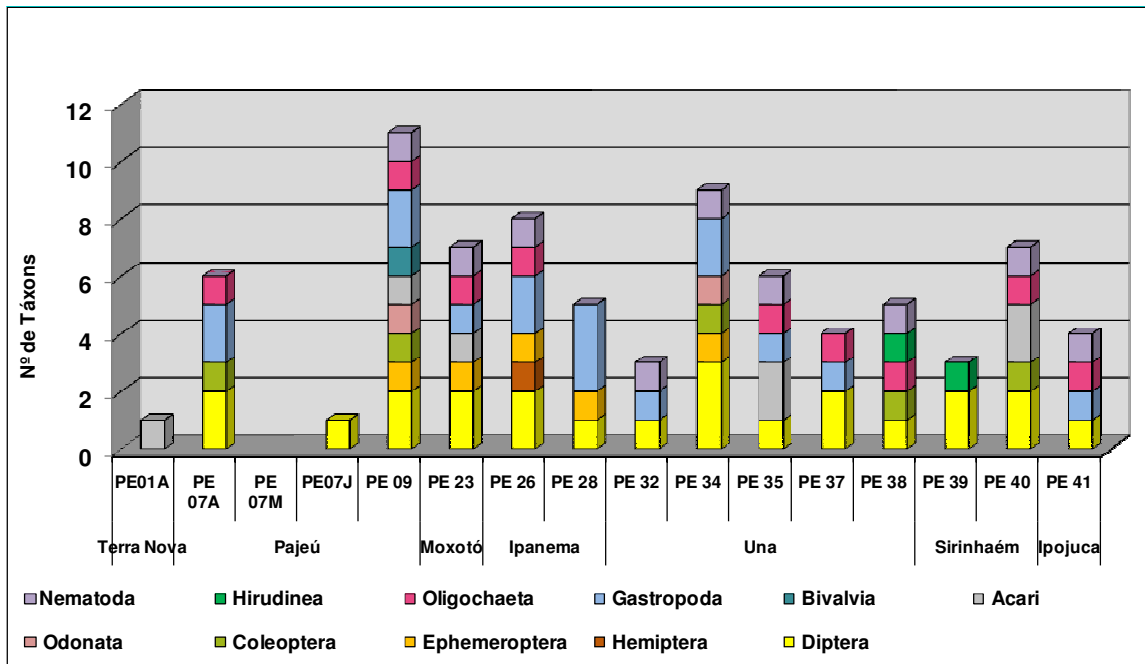
Os gastrópodes são animais de corpo mole revestidos por uma concha univalve, espiralada, algumas espécies possuem opérculo separado utilizado para fechar a abertura, geralmente chamados de caracóis. Esses animais assumem particular importância nas águas doces, pelo número de espécies, biomassa. Exercem importante papel nas cadeias tróficas, pois são consumidores primários e servem de alimento a muitos outros grupos de animais, principalmente peixes, aves e mamíferos.

Espécies do gênero *Melanoides*, a exemplo de *M. tuberculatus*, são partenogenéticas com certo grau de resistência à poluição e, portanto, espalha-se rapidamente encobrindo quase totalmente o sedimento e competindo diretamente com as espécies nativas, ou seja, com thiarídeos e pleurocerídeos. Já *Biomphalaria* possui importância médica pelas espécies deste gênero serem hospedeiras intermediárias (vetores) do parasita causador da esquistossomose.

Os demais grupos foram menos representativos em termos de riqueza taxonômica (<8,5%).

Nos cursos d'água amostrados, o máximo de riqueza de invertebrados bentônicos na primeira campanha foi registrado no açude Varzinha (Ponto PE 09), com onze táxons, conforme ilustrado na **Figura 5.2.4-01**. Em contraste, não foi registrado nenhum táxon no rio Pajeú (Ponto PE 07M), a montante do empreendimento e no trecho a jusante foi inventariado apenas um táxon.

Figura 5.2.4-01 - Riqueza de Espécies (nº de táxons) dos Invertebrados Bentônicos



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Em termos de distribuição espacial na rede de amostragem, apenas quatro táxons dentre os 24 táxons foram registrados em mais de 50% dos pontos amostrados, conforme apresentado no Anexo V. Os demais táxons surgiram com frequência relativa inferior a 50%, sendo considerados esporádicos e ocasionais (Ávila, 2002).

Os táxons mais freqüentes nos cursos d'água do Trecho 2 foram *Melanoides sp.* (Classe Gastropoda), com 63%, os dípteros da família Ceratopogonidae (Classe Insecta) e dois táxons pertencentes à classe Oligochaeta e ao filo Nematoda, ambos com 56%.

Melanoides é um molusco bentônico invasor, capaz de ocupar uma vasta gama de ambientes aquáticos, de oligotróficos a eutróficos, inclusive águas com teor salino moderado, lânticos e lóticos.

Ceratopogonidae, cujos adultos hematófagos são conhecidos popularmente como mosquito-pólvora, possuem o corpo alongado e vermiforme, 12 segmentos abdominais, onde nadam com agilidade em busca de detritos ou microorganismos para se alimentarem.

A classe Oligochaeta e representados do filo Nematoda são comumente encontrados em sedimentos ricos em matéria orgânica e algumas espécies toleram situações extremas como hipóxia, representando uma vantagem competitiva sobre as outras comunidades.

- **Análise Quantitativa**

- Densidade Numérica e Abundância Relativa

Os valores de densidade total da fauna bentônica oscilaram entre 0 org/m² (PE 07M- rio Pajeú, montante do empreendimento) e 22.998 org/m² (PE 26, afluente do rio Ipanema), conforme demonstra a **Figura 5.2.4-02**. No Ponto PE 26 constatou-se elevada densidade evidenciou de *Melanoides* sp (13.544 org/m² e de dípteros Ceratopogonidae (5.150 org/m²).

Os resultados quantitativos indicam predominância de gastrópodes e dípteros na maioria dos cursos d'água analisados. Os gastrópodes foram abundantes (> 60%) na maioria dos pontos amostrados (PE 09, PE 26, PE 28, PE 32, PE 37 e PE 41), conforme dados apresentados na **Figura 5.2.4-03**.

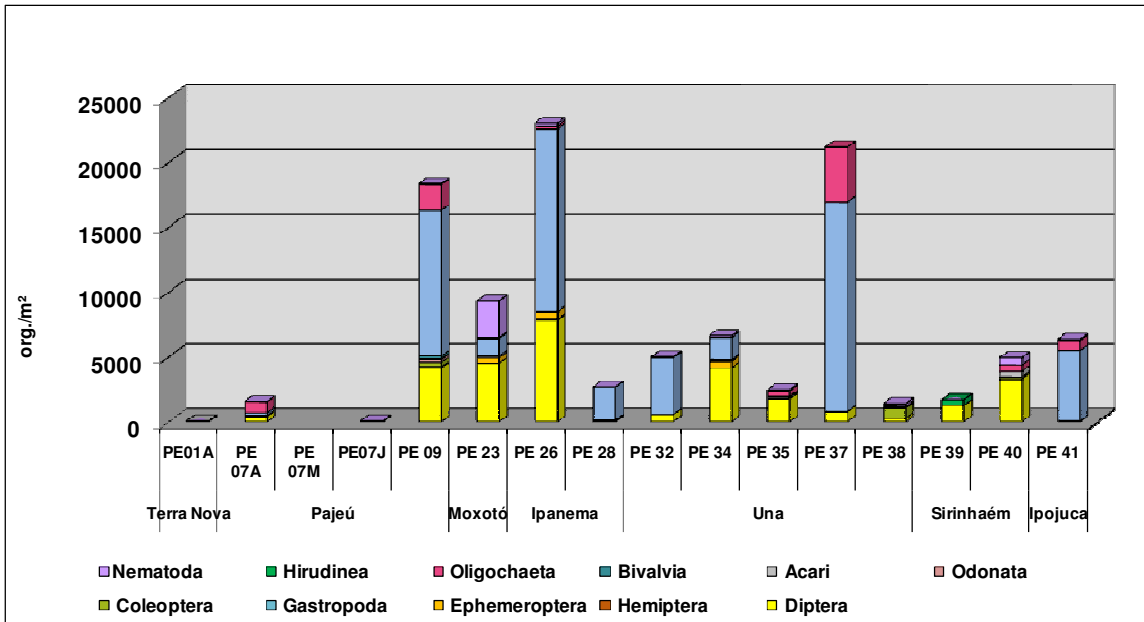
As maiores densidades de gastrópodes estiveram associadas a *Melanoides* sp. Segundo Pointier & Delay (1995), as características biológicas e o tipo de reprodução partenogenética desta espécie faz dela um bom invasor, apresentando grande adaptabilidade a diferentes condições ambientais e elevada capacidade reprodutiva. Nos Pontos PE 07A, PE 09, PE 26, PE 28 e PE 34 computou-se organismos do gênero *Biomphalaria*.

Nos Pontos PE 07J, PE 34, PE 35, PE 39 e PE 40), verificou-se predomínio dos dípteros Chironomidae e Ceratopogonidae, com percentuais de abundância superiores a 60%. Os quironomídeos são frequentemente encontrados em altas densidades e diversidade, na maioria dos tipos de ecossistemas aquáticos (Merritt & Cummins, 1984).

No Ponto PE 01A (açude Formiga) houve predomínio da Subordem Oribatei (Ordem Acari) com percentual de abundância de 100%.

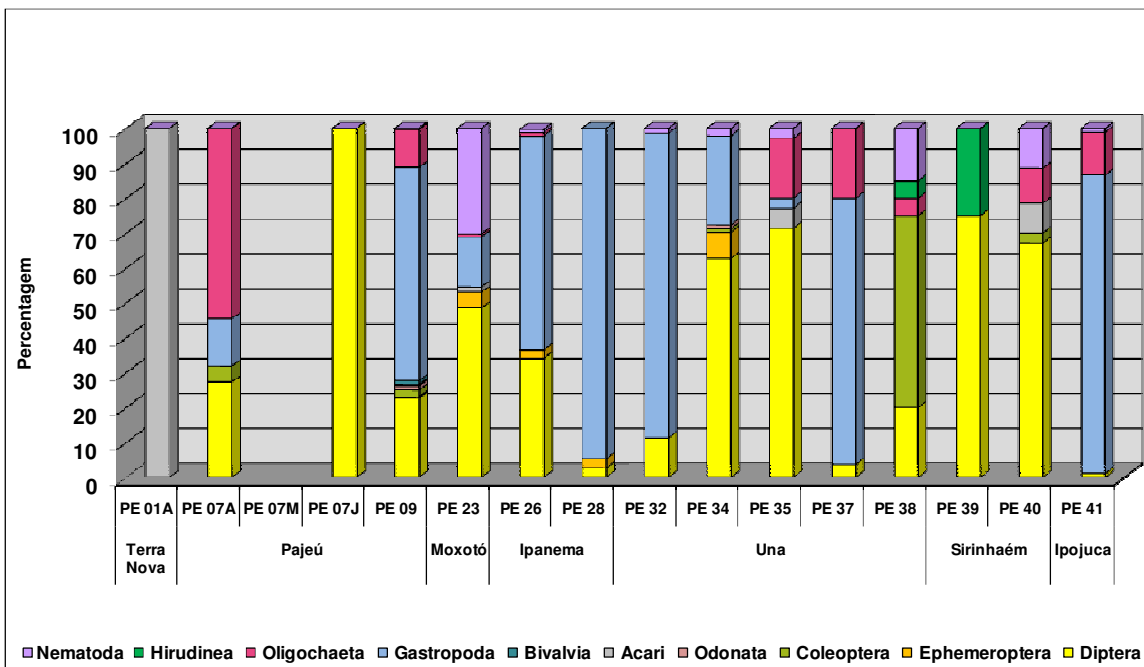
Os demais organismos bentônicos tiveram baixa representatividade em termos de densidade na rede amostral.

Figura 5.2.4-02 - Densidade Numérica (org./m²) dos Invertebrados Bentônicos.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

Figura 5.2.4-03 - Abundância Relativa (%) dos Invertebrados Bentônicos.



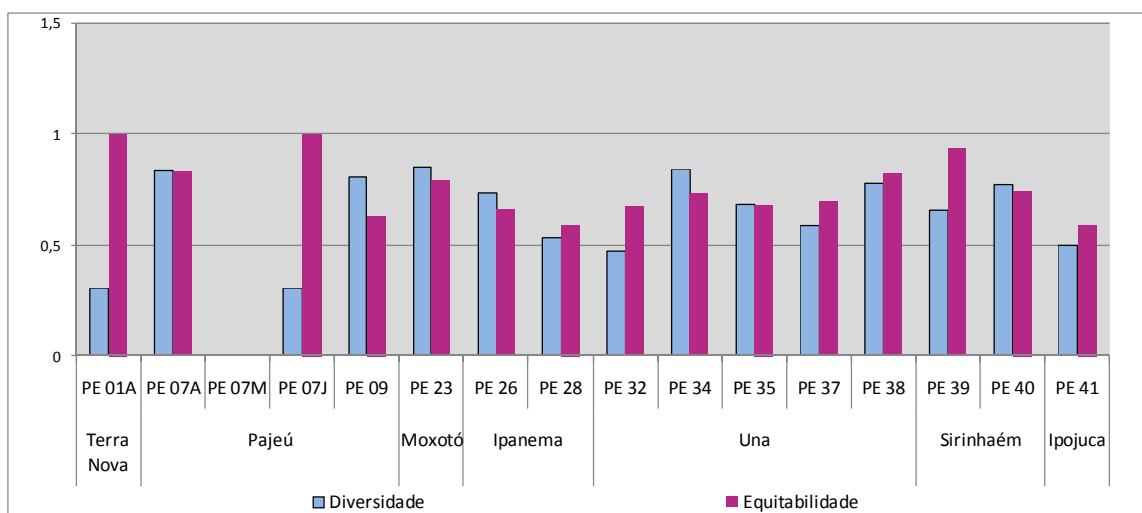
Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

– Índices de Diversidade e Equitabilidade

Os resultados do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H') para a fauna de invertebrados bentônicos estiveram abaixo de $1,0 \text{ bits.ind}^{-1}$ em todos os pontos avaliados, indicando diversidade baixa e ambientes alterados.

O máximo de diversidade registrado foi de $0,85 \text{ bits.ind}^{-1}$ no riacho do Mel (PE 23). O índice de equitabilidade oscilou entre $0,59$ (rio Ipojuca – PE 41) a $1,0$ nos Pontos PE 01A (açude Formiga) e PE 07J (rio Pajeú), com valor médio de $0,7$, conforme **Figura 5.2.4-04**.

Figura 5.2.4-04- Índice de Diversidade e Equitabilidade dos Invertebrados Bentônicos.



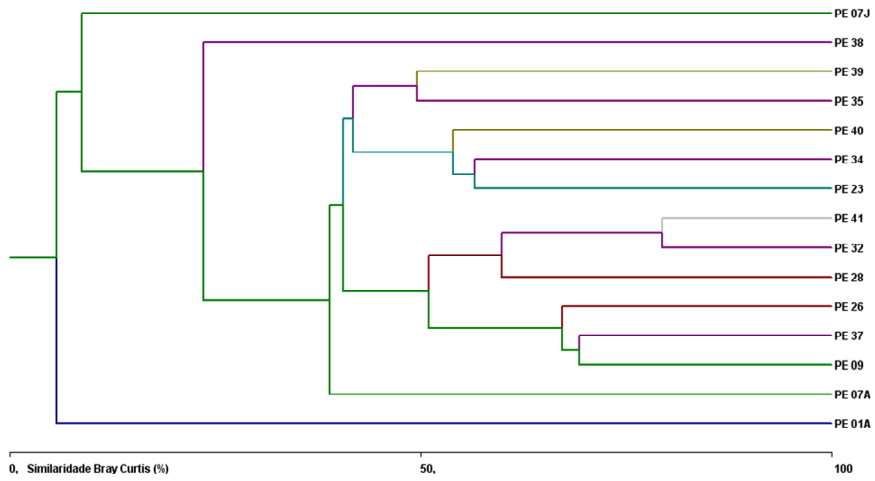
Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

– Índice de Similaridade

O índice de similaridade de Bray Curtis apontou uma maior similaridade entre os Pontos PE 32 (riacho do Riachão) e PE 41 (rio Ipojuca) (79%), situados nas bacias dos rios Una e Ipojuca, respectivamente, conforme demonstrado na **Figura 5.2.4-05**. Nesses locais a fauna bentônica foi composta basicamente por gastrópodes.

Verificou-se a formação de um cluster secundário agrupando dois pontos (PE 09 – açude Varzinha e PE 37 - açude Coiceiro), com 69% de similaridade. Uma das menores similaridades foi obtida no rio Pajeú, a jusante do empreendimento (PE 07J).

Figura 5.2.4-05 - Dendograma de Similaridade dos Invertebrados Bentônicos.



Fonte: Elaborado por Arcadis Tetraplan, 2011.

6. Conclusões e Recomendações

No período entre 14 a 22 de janeiro de 2011, foi realizada a oitava campanha de qualidade da água e a primeira campanha de limnologia no Trecho 2 da Ferrovia Transnordestina, coincidindo com a estação chuvosa.

A coleta de amostras para avaliação da qualidade da água compreendeu os corpos hídricos sob influência das obras, sendo analisados quatro pontos situados nos lotes 02 e 06.

Os resultados obtidos indicam que os cursos d'água monitorados são receptores de cargas de origem difusa (uso rural) e pontual no entorno dos povoados e das cidades de pequeno e médio porte, prevalecem as fontes pontuais de poluição geradas pelo lançamento de lixo e de esgotos domésticos sem tratamento.

A ocorrência de chuvas no período da coleta propiciou o transporte de sólidos, de metais, em especial o manganês e de nutrientes minerais, como o fósforo, além de coliformes termotolerantes provenientes das áreas de pastagem adjacentes aos cursos d'água receptores e de efluentes domésticos. Constataram-se déficits de oxigênio dissolvido, provavelmente devido à incorporação de compostos orgânicos acumulados no próprio leito do rio durante o período de estiagem.

Verificou-se que os parâmetros fenóis totais, nitrogênio nitrito e nítrico, óleos e graxas e pH se mantiveram em conformidade com os padrões determinados pela Resolução Conama 357/05 para águas classe 2.

O levantamento limnológico, desenvolvido ao longo de toda a ferrovia, evidenciou elevada riqueza de espécies planctônicas e perifíticas. A ocorrência de cianobactérias foi mais relevante no rio Pajeú, devido à concentração acentuada de nutrientes (fósforo total e nitrogênio amoniacal).

Entre os invertebrados bentônicos, destacou-se a presença do gastrópode *Melanoides* sp, organismo considerado exótico ao ecossistema aquático da região, bem como do gênero *Biomphalaria*, caramujo que pode abrigar o agente transmissor de esquistossomose.

Nessa perspectiva, recomenda-se o manejo criterioso nas intervenções dos recursos hídricos pelo empreendimento para implantação de obras de arte, como pontes, galerias e bueiros, evitando obstruções ao fluxo das águas, processo que acarreta interferências sob o aspecto quantitativo e qualitativo de sistemas lênticos e lóticos, com reflexos à biota aquática.

Recomenda-se também o estabelecimento de sistemas de drenagem para disciplinamento das águas pluviais, evitando processos erosivos na base dos taludes e carreamento de sólidos às drenagens adjacentes.

Em função da contaminação fecal detectada em alguns trechos, aliada à proliferação de animais potencialmente transmissores de doenças, recomenda-se que seja evitado o contato direto dos funcionários com as águas desses mananciais.

7. Equipe Técnica

Equipe Técnica	
Profissional	Atribuição
Biól. Vilma Maria Cavinatto Rivero	Responsável Técnica e Coordenação Geral
Biól. Bruno Paes De Carli	Elaboração de Relatório Técnico e Análise Invertebrados Bentônicos
Biól. Fernanda Ferrari	Análise Fitoplâncton e Perifíton
Biól. Pamela dos Reis	Análise Zooplâncton
Téc. Josefa Oliveira dos Santos	Elaboração de Relatório Técnico

8. Referências Bibliográficas

Qualidade da Água

AGÊNCIA ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CPRH (disponível em <http://www.cprh.pe.gov.br>, acesso em 22/07/08, às 19h:34min)

ANA/GEF/PNUMA/OEA- Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades desenvolvidas em Terra na Bacia do S. Francisco - Subprojeto 4.5C – Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco –PBHSF – 2004/2013, abril/2004, Estudo Técnico de Apoio ao PBHSF – Nº 01- Disponibilidade Hídrica Quantitativa e Usos Consuntivos (disponível em www.integracao.gov.br/.../saofrancisco/pdf/documentos/documento10.pdf&nome_arquivo=documento_10.pdf, acesso em 17/07/08, às 09h:55min)

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, Standard methods for the examination of water and wastewater. 21^a ed. Washington: APHA / AWWA / WEF, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente- Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005: dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de qualidade da água. Brasília, 2005b.

Limnologia

AGOSTINHO, A. A., GOMES, L. C., PELICICE, F. M; Ecologia de recursos pesqueiros em reservatórios do Brasil, Maringá, Eduem, 501 p. 2007.

ALBUQUERQUE, C.S. & MENEZES, M. 1997. Algas flageladas clorofiladas da área de influência da BR-364, Vilhena – Ouro Preto D'Oeste, sudeste do Estado de Rondônia, Brasil. Hoehnea 24(2): 1-16.

ALLAN, J.D., 1995. Stream ecology. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, London. 388 p.

ARMITAGE, P. D., MOSS, D., WRIGHT, J. F., FURSE, M. T., 1983, The Performance of a New Biological Water Quality Score System Based on Macroinvertebrates Over a Wide Range of Unpolluted Running-Water Sites. Water Research, v. 17, n. 3, p.333-347.

ÁVILA, I.R. 2002. Diversidade e estabilidade de fitoplâncton em uma lagoa associada a uma planície de inundação do Rio dos Sinos, RS. São Leopoldo, RS. Dissertação de Mestrado, Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS.

BASU, B. K. & PICK, F. R., 1996, Factors regulating phytoplankton.

BICUDO, C.E.M. 2004. Criptógamos do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga, São Paulo, S.P. Algas, 18: Chlorophyceae. Revista Brasileira de Botânica 27 (1): 85-102.

BICUDO, D.C. 1990. Algas epífitas do Lago das Ninféias, São Paulo, Brasil, 3: Crysophyceae. Revista Brasileira de Biologia 50: 355-375.

BIGGS, B.J.F. 1996. Patterns in benthic algae of streams. In Algal ecology: freshwater benthic ecosystems. (R.J. Stevenson, M.L. Bothwell & R.L. Lowe, eds.). Academic Press, San Diego, p.31-56.

BIRD, D.F.& KALFF, J. Algal phagotrophy: Regulating factors and importance relative to photosynthesis in Dinobryon (Chrysophyceae). Limnol. Oceanogr., 32(2), 277-284 março, 1987.

BONECKER, C. C. et al. Composition of zooplankton in different environments of the Mato Grosso do Sul, Brazil. In: Seminário Regional de Ecologia, 8., 3., 1998, São Carlos. Anais... São Carlos: UFSCar, p.1123-1135.

BRANCO, SM. 1986. Hidrobiologia Aplicada à Engenharia Sanitária. 3ª ed. São Paulo. CETESB. 616 P.

BRANCO, C. W. C. & P. A. C. SENNA. Relations among heterotrophic bacteria, chlorophyll-a, total phytoplankton, total zooplankton and physical and chemical features in the Paranoá reservoir, Brasília, Brazil. Hydrobiologia, v. 337, pp. 171-181, 1996.

BRASIL - CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL - CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Ministério do Meio Ambiente.

BRASIL. Portaria nº 518, de 3 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF: Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância Sanitária.

BUSS DF, BAPTISTA DF, NESSIMIAN JL. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. Cad Saúde Pública 2003; 19(2): 465-473.

CABIANCA, M.A E SENDACZ, S. Limnologia do reservatório de Borda (Pindamonhanga, SP). III. Zooplâncton. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 1985

CAIRNS Jr. J., DICKSON, K, L., 1971, A simple method for biological assessment of the effects of waste discharges on aquatic bottom-dwelling organisms. J. WPCF, 755-772.

CALLISTO M., MORETTI M., GOULART M., Invertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 6:71-82; 2001.

CARVALHO, E.M. & UIEDA, V.S. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21 (2): 287-293.

CATUNDA-MARCELINO, SÉRGIO. 2007. Zooplâncton como bioindicadores do estado trófico na seleção de áreas aquícolas para piscicultura em tanque-rede no reservatório da UHE Pedra no rio de Contas, Jequié – BA.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB Norma Técnica, L5.304 Sao Paulo; CETESB; 2000. 13 p.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB Norma Técnica, L5.304 Sao Paulo; CETESB; 2000. 13 p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) 2003. Determinação de bentos de Água Doce - Macroinvertebrados Bentônicos - Método Qualitativo e Quantitativo L. 5.309 São Paulo, Cetesb.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 1978. Determinação do zooplâncton marinho: métodos qualitativos e quantitativos. Normatização técnica L5-301. São Paulo, Cetesb. 12p.

CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental). 1978. Determinação do zooplâncton marinho: métodos qualitativos e quantitativos. Normatização técnica L5-301. São Paulo, Cetesb. 12p.

CETTO, J.M., LEANDRINI, J.A., FELISBERTO, S.A. & RODRIGUES, L. 2004. Comunidade de algas perifíticas no reservatório do Irai, Estado do Paraná, Brasil. *Acta Scient.* 26(1):1-7.

CHAMIXAES, C. B. C. B. 1991. Variação temporal e espacial da biomassa, composição de espécies e produtividade das algas perifíticas relacionadas com as condições ambientais de pequenos rios da bacia hidrográfica do ribeirão do Lobo (Itirapina, SP). Universidade de São Paulo, São Carlos, SP.

COELHO-BOTELHO, M. J. 2000. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. Norma Técnica L5.304 - Zooplâncton de Água Doce. Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de ensaio).

COELHO-BOTELHO, M. J. Métodos de contagem e identificação do zooplâncton de água doce. Treinamento Prático Especializado (TPE), 17 e 18 de agosto de 2006. São Paulo: CETESB, 2006.

COESEL P.F.M. & WARDENAAR K. 1990. Growth responses of planktonic desmids in a light-temperature gradient. *Freshwater Biology* 23: 551-560.

DICKMAN, M.; BRINDLE, I.; BENSON, M. Evidence of Teratogens in Sediments of The Niagara River Watershed as Reflected by Chironomid (Diptera: Chironomidae) Deformities. *J. Great Lakes Res.* 18(3):467-480, 1992.

EDLER, L. 1979. Recommendations for marine biological studies in the Baltic Sea; phytoplankton and chlorophyll. [Paris]: Unesco, 1979. 38 p. (UNESCO, Working Group, 11, Baltic Marine Biologists).

EGLER, P.C.G. Perspectivas de uso no Brasil do processo de avaliação ambiental, 2002

EPLER, J.H. 1992. Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of Florida. Department of Environmental Regulation, Tallahassee Florida.

ESTEVEZ, F. A. 1998. Fundamentos de Limnologia. 2ª. ed. Interciência/FINEP, Rio de Janeiro. 602p.

FREIER, C. F.; 2000. Impacto de diversos usos do solo sobre o ribeirão Canchim (CPPSE – EMBRAPA), São Carlos, SP. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de São Carlos. 79p.

GANNON J. E. & R. S. STEMBERGER. Zooplankton (especially crustaceans and rotifers) as indicators of water quality. Trans. American. Microsc. Soc., v. 97, n. 1, pp. 16-35, 1978.

GEMELGO, M. C. P. 2008. Estrutura e Dinâmica da Comunidade Fitoplanctônica dos Reservatórios Billings e Guarapiranga, SP, Brasil. Tese de Doutorado. Instituto de Ciências Biomédicas, Microbiologia Ambiental, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GEMELGO, M. C. P.; MUCCI, J. L. N. & NAVAS-PEREIRA, D. 2009. Population dynamics: seasonal variation of phytoplankton functional groups in Brazilian reservoirs (Billings and Guarapiranga, São Paulo). Braz. J. Biol., 69(4): 1001-1013.

GEMELGO, M. C. P.; SANT'ANNA, C. L.; TUCCI, A. & BARBOSA, H. R. 2008. Population dynamics of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya & Subba Raju, a Cyanobacteria toxic species, in water supply reservoirs in São Paulo, Brazil. Hoenea 35(2): 297-307.

GREEN, J. The biology of estuarine animals. University of Washington. Seattle and London. v.5, p.81-110. 1971.

HAPPEY-WOOD, C.M. Ecology of freshwater planktonic green algae. In: SANDGREN, C.D. Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, p.175-226, 1988.

HENRY, R. Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: APESP/FUNDIBIO, 1999.

HENRY, RAOUL; USHINOHAMA, ÉRIKA and FERREIRA, ROSA M.R.. Fitoplâncton em três lagoas marginais ao Rio Paranapanema e em sua desembocadura no Reservatório de Jurumirim (São Paulo, Brasil) durante um período prolongado de seca. Rev. bras. Bot. [online]. 2006, vol.29, n.3, pp. 399-414. ISSN 0100-8404. doi: 10.1590/S0100-84042006000300007.

HYNES, H.B.N., 1972. The ecology of running waters. Liverpool: Liverpool University Press. 555 p.

INVESTCO S/A. (1999). Relatório anual do monitoramento limnológico do rio Tocantins na área de influência da Usina Hidrelétrica Luis Eduardo Magalhães - UHE Lajeado. TO. 28p.

JUNQUEIRA, V. M. & CAMPOS, S. C. M., 1998, Adaptation of the "BMWP" method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil). Acta Limnologica Brasiliensia, v. 10, p. 125-135.

KLAIVENESS, D. Ecology of the Cryptomonadida: a first review. In: SANDGREN, C.D. Growth and Reproductive Strategies of Freshwater Phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press, 1988, p.105-133.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1989. Modern approach to the classification system of Cyanophytes 4: Nostocales. Algological Studies, 56: 247-345.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1999. Cyanoprokaryota, 1: Chroococcales. In Ettl, H., G. GÄRTNER, HEYNIG, H. & MÖLLENHAUER, D. (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, vol. 19 (1) 548p.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 1999. Cyanoprokaryota, 1: Chroococcales. In Ettl, H., G. GÄRTNER, HEYNIG, H. & MÖLLENHAUER, D. (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, vol. 19 (1) 548p.

KOMÁREK, J. & ANAGNOSTIDIS, K. 2005. Cyanoprokaryota, 2: Oscillatoriales. In BÜDEL, B., KRIENITZ, L., GÄRTNER, G. & SCHAGERL, M. (Eds). Süßwasserflora von Mitteleuropa. Elsevier GmbH, München, vol. 19 (2) 758p.

KOSTE, W; HARDY, E.R. 1978. Rotatorie die radertiere mitteleuropas Übeordnung Monogononta. Berlim: Gebriider Berenträger.

LANSAC-TÔHA FA, C COSTA BONECKER, LF VELHO & A FONSECA LIMA. 1997. Composicao e abundancia da comunidade zooplanctonica. En: de Vazzoler AE, AA Abostinho & N Segatti Hahn (eds) A planície de inundação do Alto Rio Paraná: 117-155. Editora da Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.

LANSAC-TÔHA, F.A. ET AL. 2004. Zooplankton in the upper Paraná river floodplain: richness, abundance and relationships with the hydrological level and the connectivity. In:; Agostinho, A. A. et al. (Org.). Structure and Function of the Paraná River and its floodplain. Eduem, Maringá: p. 75-84. Limnol. and Ocean., 41(7): 1572-1577.

LANSAC-TÔHA, F.A.; VELHO, L.F.M.; BONECKER, C.C. Estrutura da comunidade zooplanctônica antes e após a formação do reservatório de Corumbá - GO. In: Henry, R. (ed). Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1999. p. 347-374.

- LEANDRINI, J.A. 2006. Perífiton – Diatomáceas e biomassa em sistemas semilóticos da planície de inundação do alto rio Paraná. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Maringá. 77 p.
- LOWE, R.L., LALIBERTE, G.D. 1996. Benthic stream algae: distribution and structure. In: HAUER, F.R., LAMBERTI, G.A. (Eds.), *Benthic Algae*. Academic Press, San Diego, pp. 269–293
- LUND, J. W. G.; KIPLING, C.; LECREN, E. D. 1958. The invert microscope method of estimating algal number and the statistical basis of estimating by counting. *Hydrobiologia*, 11: 143-170.
- MACEDO, C. F. & PINTO-COELHO, R. M. 1997. A influência do ritmo circadiano nas taxas de respiração do zooplâncton na lagoa da Pampulha, Belo Horizonte, MG. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 9, pp. 125-137.
- MARGALEF, R. 1983. *Limnología*. Barcelona, Omega. 1010pv
- MATEUCCI, SD & A COLMA. 1982. La metodología para el estudio de la vegetacion. *Collection de Monografias Cientificas*. [s.i.]. 22: 168p.
- MCCAFFERTY, W. P., 1981, *Aquatic entomology: The fishermen's and ecologists illustrated guide to insects and their relatives*. Boston: Jones and Bartlett Publishers. 448p.
- MEIBECK, M. Global Distribution of Lakes. In: HER, A.; IMBOLEN, D. & GAT, J. (Eds.). *Physics and Chemistry of Lakes*, 2nd ed., p. 1-32. Nova York: Springer-Verlag, 1995. In MOSHINI-CARLOS, V. Dinâmica da estrutura da comunidade perifítica (substrato artificial e natural), na zona de desembocadura do Rio Paranapanema, Represa de Jurumirim – SP. São Carlos, 1996. 172p. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos.
- MERRITT, R.W. & CUMMINS, K.W., 1984, *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2ed. Dudaque, Iowa, Kendall/Hunt, 722p.
- NAKATANI, K., A.A. AGOSTINHO, G. BAUMGARTNER, A. BIALETZKI, P.V. SANCHES, M.C. MAKRAKIS & C.S. PAVANELLI. *Ovos e larvas de peixes de água doce: desenvolvimento e manual de identificação*. Eduem, Maringá. 378 p. 2001.
- NASCIMENTO, V.M.C., 2000. Estudo da carga de nutrientes e da comunidade bentônica do córrego Barrinha, Pirassununga – SP. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 162p.
- NEUMANN-LEITÃO, S. & NOGUEIRA, J. D. DA C. 1986. Rotíferos, cladóceros e copépodos de Pernambuco. I. Algumas taxa que ocorrem em viveiros de cultivo de camarões de Nova Cruz. In: ENCONTRO DE ZOOLOGIA DO NORDESTE, 5º/6º, Teresina. Anais... Teresina. p. 87-118.
- ODUM, E.G. 1983. *Ecologia*. Editora Guanabara, Rio de Janeiro. 434 p.

OLIVEIRA, M.A; TORGAN, L.C; RODRIGUES, S.V. 2002. Diatomáceas perifíticas dos arroios Sampaio e Sampainho, Rio Grande do Sul, Brasil. Acta. Bot. Bras. 16(2), 151-160.

PAGGI, J.C & JOSE DE PAGGIS. 1990. Zooplâncton de ambientes lóticos e lênticos do rio Paraná médio. Acta Limnol. Brasil, 3: 685-719.

PALMER, C. M. Composit rating of algae tolerating organic pollution. J. Phycol. 5, pp 78-82, 1969.

PELÁEZ-RODRÍGUEZ, M., 2001, Avaliação da qualidade da água da bacia do alto Jacaré-Guaçu/SP (ribeirão do Feijão e rio do Monjolinho), através de variáveis químicas, físicas e biológicas. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos. USP. 175p.

PEREZ, G.R. 1988. Guía para El Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos Del Departamento de Antioquia. Fen Colombia, Colciencias, 217p.

ROBERTSON, B.A. & E.R. HARDY. 1984. Zooplankton of Amazonian lakes and rivers, p. 337-352. In: H. SIOLI (Ed.). The Amazon. Limnology and landscape. Ecology of a mighty tropical river and its basin. Dr. The Hague, W. Junk Publishers, 763p.

ROSENBERG, D. M., 1993. Freshwater biomonitoring and Chironomidae. Netherlands Journal of Aquatic Ecology. V.26, 101-122.

SANT'ANNA, C. L. et al. 2006. Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais brasileiras. Ed. Interciência, RJ.

SANT'ANNA, C. L.; MELCHER, S. S.; CARVALHO, M. C.; GEMELGO, M. C. P. & AZEVEDO, M. T. P. 2007. Planktic Cyanobacteria from upper Tietê basin reservoirs, SP, Brazil. Revista Brás. Bot., 30(1), 1-17.

SHANNON, C.E. & WEAVER, W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Urbana Illinois University of Press. 177p.

SLADECEK, V. System of water quality from the biological point of view. Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol., 7: 1-137, 1973.

STEVENSON, R.J.; PETERSON, C.G.; KIRSCHER, D.B.; KING, C.C.; TUCHMAN, N.C. 1991. Density-dependent growth, ecological strategies, and effects of nutrients and shading on benthic diatom succession in streams. J. Phycol., 27: 59-69.

TANAKA, S. Stock assessment by means of ichthyoplankton surveys. FAO Fisheries Technical Paper, Rome, v.122, p.33-51, 1973.

TENENBAUM, D. R. O fitoplâncton numa região tropical costeira impactada pelo efluente de uma fábrica de celulose (Espírito Santo, Brasil).1995. 245p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos.

- TRIVINHO-STRIXINO, S. & STIXINO, G., 1995, Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo: guia de identificação de diagnose dos gêneros. São Carlos: PPG ERN/ UFSCar. 229p.
- TUNDISI, J.G., MATSUMURA-TUNDISI, T., HENRY, R., ROCHA, O. & HINO, K. 1988. Comparações do estado trófico de 23 reservatórios do estado de São Paulo: eutrofização e manejo. In:Tundisi, J.G. (ed). Limnologia e Manejo de Represas: Série Monografias em Limnologia, vol 1 (Tomo 1) 506p. EESC-USP/CRHEA/
- TUNDISI, J.G; MATSUMURA-TUNDISI, T., 2008, Limnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 631p.
- TUNDISI, T.M. 1997. Estudo de diversidade de espécies de zooplâncton lacustre do Estado de São Paulo. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <http://www.biota.org.br/info/historico/workshop/revisoes/zooplancton.pdf>. Acesso em maio 2009.
- UTERMÖHL, H. 1958. Zur Vervollkomnung der quatitativen Phytoplankton-Methodik. Mitt. Int. Ver. Limnol., 9:1-38.
- VANNOTE, R. L., MINSHALL, G. W., CUMMINS, K. W., SEDELL, J. R. & CUSHING, C. E., 1980, The river continuum concept. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 130-137. [Links]
- VASQUEZ, E. & J. REY. 1989. A longitudinal study of zooplankton along the lower Orinoco River and its Delta (Venezuela). Annales de Limnologie 25(2): 107-120.
- VERCELLINO, I. S. 2007. Respostas do perifíton aos pulsos de enriquecimento em níveis crescentes de fósforo e nitrogênio em represa tropical mesotrófica (Lago das Ninféias, São Paulo). Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.
- WARWICK, W.F. 1990. Use of Morphological Deformities in Chironomid Larvae for Biological Effect Monitoring. Ottawa; NHRI, 46p.
- WEBER, C. I. 1973. Plankton. In: National Environmental Research Center Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati (Ed.). Biological field and laboratory methods for measuring the quality surface water and effluents. USA, p.1-17.
- WETZEL, R.G. 1993. Limnologia. 2 ed. Lisboa, Fundação Carlouste Gulbenkian.
- WETZEL, R.G.; LIKENS, G. 1991. Limnological analyses. New York: Springer Verlag, 391p.
- WHITTON, B.A. Diversity, ecology and taxonomy of Cyanobacteria. In: MANN, N.G., CARR, N.G. Photosynthetic procaryotes. New York: Plenum PR, 1992.

