

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Carvão e meio ambiente é fruto da colaboração de inúmeros grupos de trabalho da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo contado com pesquisadores de outras instituições com o objetivo de estudar os efeitos da exploração e do uso do carvão sobre o meio ambiente, na Região Carbonífera do baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul.

A Região, nos seus aspectos ambientais e sociais, é tratada de modo global na primeira parte do livro, que relata sobre a geologia, o clima, os solos, a vegetação e as características demográficas, econômicas e jurídico-políticas.

A partir da descrição geral busca-se uma síntese dos aspectos ambientais e socioeconômicos, visando analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da exploração e do uso do carvão.

Estudos sobre as conseqüências da queima do carvão, na atmosfera local, no solo e na água, são abordados nos tópicos ligados ao meio físico. Especial atenção

está voltada para a recuperação de áreas mineradas e com sugestões para os tomadores de decisão quanto ao monitoramento e ao gerenciamento ambiental.

Animais e plantas foram alvo de estudos específicos com objetivo de identificar indicadores dos impactos de atividades carboníferas sobre os organismos vivos, bem como os aspectos relacionados à saúde pública.

A organização social da região e seu engajamento na melhoria do ambiente ocorreram através de estudos sobre as ações de educação ambiental promovidas por escolas e associações comunitárias.

Quer pela caracterização geral da região, quer pelos estudos específicos, *Carvão e meio ambiente* trata de forma aprofundada e original os mais diversos tópicos associados à problemática da exploração e do uso do carvão e suas conseqüências sobre o meio físico, os organismos vivos e a sociedade.

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS

© dos autores
1ª edição: 2000

Direitos reservados desta edição
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Paulo Antonio da Silveira
Foto da capa: Geraldo Mario Rohde
Editoração eletrônica: William Wazlawik
Toni Peterson Lazaro
Fernando Piccinini Schmitt

C397c Centro de Ecologia/UFRGS
Carvão e meio ambiente/ Centro de Ecologia/UFRGS. – Porto Alegre : Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

1. Carvão – Meio ambiente. I. Título.

CDU 622.33:634.0.11

Catálogo na publicação: Mônica Ballejo Canto – CRB 10/1023

ISBN 85-7025-563-2

CARV
C 332

Carvão

e Meio Ambiente

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Reitora

Wrana Maria Panizzi

Vice-Reitor

Nilton Rodrigues Paim

Pró-Reitor de Extensão

Luiz Fernando Coelho de Souza

EDITORA DA UNIVERSIDADE

Diretor

Geraldo F. Huff

CONSELHO EDITORIAL

Anna Carolina K. P. Regner

Christa Berger

Eloir Paulo Schenkel

Georgina Bond-Buckup

José Antonio Costa

Livio Amaral

Luiza Helena Malta Moll

Maria da Graça Krieger

Maria Heloisa Lenz

Paulo G. Fagundes Vizontini

Geraldo F. Huff, presidente



Editora da Universidade/UFRGS • Av. João Pessoa, 415 - 90040-000 - Porto Alegre, RS - Fone/fax (51) 224-8821, 316-4082 e 316-4090 - E-mail: editora@orion.ufrgs.br - <http://www.ufrgs.br/editora> • **Direção:** Geraldo Francisco Huff • **Editoração:** Paulo Antonio da Silveira (coordenador), Carla M. Luzzatto, Cláudia Bittencourt, Maria da Glória Almeida dos Santos, Najára Machado • **Administração:** Julio Cesar de Souza Dias (coordenador), José Pereira Brito Filho, Laerte Balbinot Dias, Norival Hermeto Nunes Saucedo • **Apoio:** Idalina Louzada, Laércio Fontoura.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS RIACHOS ATRAVÉS DAS TAXOCENOSES DE PEIXES

Willi Bruschi Júnior
Luiz Roberto Malabarba
José Francisco P. da Silva

INTRODUÇÃO

A deterioração do ambiente em função das atividades antrópicas relacionadas ao desenvolvimento, tem gerado necessidades de surgimento e adequação de métodos de avaliação de qualidade ambiental. O diagnóstico da integridade dos ecossistemas e a quantificação do grau de deterioração, juntamente com suas conseqüências sobre o ecossistema, tem sido um desafio permanente para os estudiosos da área ambiental.

Índices de qualidade tem sido desenvolvidos e usados recentemente como ferramentas de avaliação ambiental principalmente diante de situações de maior complexidade. Qualidade da Água, Integridade Biótica, Riqueza e Diversidade Específica são alguns exemplos.

A quantidade de variáveis determinantes da qualidade ambiental do ambiente torna a interpretação dos resultados das análises individuais desses parâmetros uma atividade bastante difícil e às vezes infrutífera. Nas avaliações desse tipo se faz necessária a utilização de ferramentas integradoras de diversos aspectos que possam revelar a degradação dos recursos naturais. A quantidade de espécies, a abundância de exemplares ou a dominância de alguns grupos de organismos são atributos que podem refletir as condições de qualidade dos ambientes em estudo.

Os diversos níveis organizacionais de um ecossistema podem responder diante de determinadas situações ambientais estabelecidas. Organismos são utilizados como biondicadores; variáveis bionômicas são mensuradas em populações comparativas. Diversas características de uma comunidade podem se alterar em função de alterações

ambientais. O número de espécies muda, se algumas destas forem sensíveis e desaparecerem; as abundâncias relativas alteram-se durante o processo de desaparecimento ou apenas em função da modificação de determinado recurso explorado por esta ou aquela espécie. Desta forma, a riqueza de espécies, a abundância de peixes por amostra e os índices de diversidade representam metodologias que podem avaliar situações diferenciadas quanto à qualidade do ambiente.

A fauna de peixes encaixa-se no conceito de taxocenose (CNPq, 1987), uma vez que constitui-se em um grupo representativo da comunidade biótica dos ambientes aquáticos. A avaliação da qualidade ambiental dos riachos da região carbonífera do baixo Jacuí, através de atributos da taxocenose dos peixes define o escopo de trabalho do subprojeto "Estudo das Comunidades de Peixes".

Os objetivos deste estudo foram: 1. Identificar as espécies de peixes ocorrentes nos principais riachos na região carbonífera do baixo Jacuí; 2. Avaliar as respostas a nível da taxocenose dos peixes como elementos de avaliação da qualidade das águas da região de estudo; 3. Estabelecer um índice biológico que permita a indicação do grau de deterioração ambiental na região; 4. Classificar as estações de amostragem de acordo com o índice proposto.

MATERIAL E MÉTODOS

Selecionaram-se oito locais entre aqueles estudados para a avaliação da qualidade dos recursos hídricos, em função da exequibilidade de amostragens padronizadas na ictiofauna.

Os exemplares foram coletados utilizando-se um método de amostra todos os exemplares de uma parte do curso do arroio, através da utilização de uma substância inibidora da atividade da hemoglobina, a Rotenona. Desta forma, pode-se ter certeza que a amostra representa a taxocenose completa dos peixes e não são necessárias repetições das amostragens. A padronização da amostragem consistiu em capturar todos os indivíduos ocorrentes em trechos de mesmo compartimento nas estações amostrais. O comprimento dos trechos amostrados nos arroio foi estipulado em cem metros, distância esta que, para o tipo de ambiente estudado, compreende a variações de *habitats* onde poderiam ocorrer espécies diferentes.

O índice de qualidade proposto nesse estudo baseia-se na metodologia proposta por KARR (1981) e discutido por FAUSCH e outros (1990), que sugere diversos atributos da estrutura da fauna de peixes como indicadores de sua integridade biótica. Esses atributos podem ser escolhidos ou adaptados conforme a região ou o grau de conhecimento que se tem sobre a taxocenose em estudo.

O índice de qualidade aqui adotado foi construído através da análise de três atributos da ictiofauna: a) número de espécies por amostra; b) número total de indivíduos da amostra, e c) diversidade específica de SHANNON-WIENER, que foi calculada pela expressão:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i$$

em que:

H' = grau de diversidade

p_i = proporção de ocorrência da espécie *i* na amostra

s = número total de espécies na amostra

Essas três medidas foram transformadas em proporções de zero a um através da divisão de seus valores pelo maior valor obtido entre as amostras.

Para o cálculo do índice de qualidade que integrou esses três atributos da fauna de peixes, usou-se o agrupamento do tipo somatório em função de que a diminuição nos valores de qualquer dos três atributos avaliados estaria associada a respostas da taxocenose vinculadas à perda da qualidade ambiental no local amostrado. Esse pressuposto baseia-se no tipo de impacto esperado nos corpos d'água, já que a principal influência da atividade carbonífera sobre os recursos hídricos caracteriza-se pela acidificação da água. Essa alteração afeta todas as espécies podendo levar a extremos com ausência de peixes.

RESULTADOS

Os locais amostrados foram: estação P1 (cabeceras do arroio Martins); P2 (arroio Martins, a jusante da Mina do Recreio); P3 (cabeceras do arroio Taquara); P4 (arroio Taquara, próximo a ponte das BR 290, em Minas do Leão); P5 (arroio do Conde); P7 (valo sob estrada vicinal, próximo à penitenciária de Charqueadas e a antigos depósitos de rejeito de carvão); P9 (arroio da Porteira a jusante de depósitos antigos de rejeitos) e P10 (arroio da Porteira a montante de depósitos antigos de rejeitos).

As amostragens foram realizadas nos dias 24 e 25 de novembro de 1993. Foram capturadas 35 espécies de peixes, listadas no anexo 1 com as abundâncias em cada estação de amostragem.

As ocorrências de espécies sabidamente generalistas vêm corroborar com a classificação de locais de baixa ou média qualidade. *Astyanax fasciatus*, *A. bimaculatus*, *Cheirodon ibicuiensis* e *Hyphessobrycon luetkenii*, todos lambaris, são espécies comuns em muitos tipos de ambientes, além disso possuem hábitos alimentares diversificados, o que os caracteriza como generalistas. Suas frequências são expressivas nas estações P2, P5 e P9. *Phallocerus caudimaculatus*, o barrigudinho, extremamente adaptado a qualquer condição, ocorreu nos pontos P5, P9 e P10.

Nas estações classificadas como de boa qualidade ambiental (tabela 2) salienta-se a ocorrência de especialistas. *Bryconamericus* sp. é um lambari que explora o fundo e tem seu aparelho bucal modificado para isso. Ocorreu somente nas estações P1 e P3. *Heptapterus mustelinus*, *Ancystrus brevipinis*, *Hypostomus aspilogaster* e *Microlepidogaster* sp., todos característicos de riachos com alguma correnteza, sendo que os três últimos são

casquados raspadores, ocorreram somente nos locais P1, P3 e P10, com frequências maiores em P1 e P3.

A riqueza, o mais antigo e simples conceito de diversidade específica (Krebs, 1989), é dada pelo número de espécies da comunidade biótica. As estações P3, P1 e P10 foram as que apresentaram maiores valores para esse atributo, nessa ordem com 16 espécies em P3 e 13 em P1 e P10. Os valores mais baixos ficaram para P4 onde não ocorreu nenhum peixe, seguido de P7 (6 espécies) e P5 (7 espécies).

Com base no cálculo do índice de qualidade (IQ) através dos atributos riqueza, abundância e diversidade, da taxocenose dos peixes, foi possível classificar as estações amostradas. A tabela 1 apresenta os valores obtidos para os atributos, sua transformação em escala de 0 a 1 e o valor final do índice de qualidade (IQ) para as diversas estações.

Tabela 1

Valores obtidos e transformados para número de indivíduos (n), nº de espécies (s), Índice de Shannon-Wiener (H) e Índice de qualidade (H) e Índice de Qualidade Integradado (IQ) para cada estação de amostragem (p).

Estações	P 1	P 2	P 3	P 4	P 5	P 7	P 9	P 10
n	289	123	468	0	138	15	43	53
s	13	10	16	0	7	6	9	13
H	1,934	1,802	1,152	-	1,558	1,617	1,786	2,044
n/468	0,618	0,263	1	0	0,295	0,032	0,092	0,113
s/16	0,813	0,625	1	0	0,438	0,375	0,563	0,813
H/2,044	0,946	0,882	0,564	-	0,762	0,791	0,874	1
$\Sigma = IQ$	2,377	1,77	2,564	-	1,495	1,198	1,528	1,926

Estabelecendo-se intervalos de classe dentro da escala de valores do índice de qualidade calculado, pôde-se sugerir três intervalos de qualidade ambiental: baixa, média e alta qualidade. A tabela 2 apresenta os intervalos para cada classe de qualidade ambiental e as estações classificadas dentro de cada uma delas.

Tabela 2

CLASSIFICAÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM ATRAVÉS DOS VALORES DO ÍNDICE DE QUALIDADE (IQ)

Int. classe (IQ)	Estações	Qualidade
1,198-1,653	4*, 5, 7, 9	baixa
1,654-2,109	2, 10	média
2,110-2,565	1, 3	alta

*a ausência de peixes nesse local classifica a estação 4 nessa classe, já que o IQ não pôde ser calculado.

DISCUSSÃO

A utilização dos peixes como taxocenose representativa da comunidade biótica de ecossistemas aquáticos e ferramenta de avaliação da qualidade ambiental é embasada em algumas características desse grupo. Os peixes ocupam diversos níveis tróficos, trazendo informações de alterações que possam estar ocorrendo em qualquer ponto da cadeia alimentar. Possuem longevidade relativamente grande, armazenando informações ao longo de vários anos. As espécies são fáceis de identificar, o que possibilita a rápida aplicação dos índices de diversidade. Funcionam como agentes integradores de efeitos que possam ser causadores de modificações em outros compartimentos do ecossistema uma vez que utilizam diversos locais para alimentação, refúgio e reprodução (Fausch e outros, 1990).

A observação de características específicas como estratégia de vida, hábitos alimentares ou de atributos da taxocenose como o número de indivíduos por amostra, número de espécies ocorrentes, podem ser utilizadas como informações reveladoras da organização do grupo nos locais estudados. Essa organização ou estrutura da taxocenose é normalmente determinada pela integridade biótica. A integridade biótica é a capacidade do ambiente de suportar e manter uma comunidade de organismos balanceada, integrada e adaptada, tendo uma composição de espécies, diversidade e organização funcional comparável ao habitat natural para a região (Karr, 1981).

A associação da ocorrência de espécies generalistas ou especialistas com ambientes degradados ou conservados respectivamente deriva da teoria dos ambientes *r* e *K* selecionadores, proposta por Pianka (1970). Com base nessa teoria e na idéia de amadurecimento dos ecossistemas com o surgimento de novos nichos e espécies cada vez mais especializadas, associa-se a ocorrência de generalistas a ambientes instáveis e de especialistas a locais com maior estabilidade. Desta forma, torna-se bastante consistente a associação da ocorrência de espécies com essas características à qualidade ambiental. Neste estudo foi constatada uma predominância numérica de exemplares pertencentes a espécies especialistas em algum recurso naqueles locais de melhor qualidade ambiental. Já nos locais mais degradados, os generalistas foram os mais abundantes.

A riqueza, o mais antigo e simples conceito de diversidade específica (Krebs, 1989), é dado pelo número de espécies da comunidade biótica. O número total de espécies ocorrentes num ecossistema é um valor muito difícil de ser obtido. Porém a riqueza de uma taxocenose pode nos indicar também a qualidade desse ambiente. As estações que apresentaram os maiores valores de riqueza são todas situações a montante de zonas potencialmente impactantes.

Quando Karr (1981) propôs a utilização do IBI (Índice de Integridade Biótica), sugeriu diversos atributos a serem avaliados junto a fauna. Alguns, como espécies tolerantes ou intolerantes, proporção entre grupos tróficos ou frequências anormais de anomalias necessitam de grande conhecimento básico, situação ainda não atingida para a ictiofauna brasileira. Já outros atributos, como a riqueza de espécies e número de indivíduos, podem ser utilizados dentro de modelos aritméticos simples e podem colaborar na compreensão da integridade biótica. Nesse estudo os atributos acima foram utilizados juntamente com os valores da diversidade de Shannon-Wiener e o índice de qualidade resultante demonstrou ser uma boa ferramenta de avaliação de qualidade ambiental.

As estações amostrais que obtiveram a melhor classificação de qualidade ambiental (P1 e P3) são as cabeceiras de dois riachos estudados. Nesses locais não havia indícios de ação antropogênica.

Os locais classificados como apresentando qualidade intermediária (P2 e P10) representam situações diferentes entre si. P2 é um local situado a jusante de uma grande mineração de carvão, acredita-se que no momento das amostragens ainda houvesse uma fauna de peixes com alguma estruturação. As análises de água em períodos subsequentes demonstraram ser uma local de baixa qualidade por influência da mineração. P10 não é cabeceira, mas fica a montante de depósitos de rejeito de carvão, porém já deve sofrer impactos de outra natureza que se refletem nos valores que o definiram seu índice de qualidade.

Todas as estações classificadas na faixa de baixa qualidade ambiental (P5, P7 e P9) situam-se em locais a jusante de zonas com depósitos de rejeitos de carvão e provavelmente expressem sua influência sobre a biota aquática. A influência da atividade de exploração do carvão causa modificações na qualidade da água, principalmente redução de pH e aumento dos teores de sulfato, a alteração do pH é um fator de estresse sobre as populações de peixes, podendo ser indicado como responsável pela diminuição na abundância e ocorrência de espécies nos locais afetados.

Os índices bióticos de qualidade ambiental são ferramentas úteis para classificações numéricas, mas devem ser acompanhados de estudos tanto ao nível dos descritores ambientais quanto de características biológicas das espécies, pois somente assim se fará luz sobre a compreensão das interferências humanas na natureza.

CONCLUSÕES

- A taxocenose dos peixes mostrou-se um bom indicador da qualidade ambiental dos riachos na região carbonífera;
- A riqueza de espécies, a abundância de indivíduos e a diversidade específica foram os atributos da fauna de peixes utilizados para confeccionar o Índice de Qualidade para os locais estudados.
- As estações de amostragem P1 e P3 foram classificadas como de melhor qualidade ambiental; P2 e P10 apresentaram qualidade intermediária; e P4, P5, P7 e P9 foram enquadradas na classe de baixa qualidade ambiental.
- A estimativa da qualidade ambiental nos locais estudados permite afirmar que a atividade mineradora causa fortes danos sobre a biota aquática através da redução das abundâncias e supressão de espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CNPq. *Glossário de ecologia*. São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1987. 271p.
- KARR, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries*, v.6, n.6, p.21-27, 1981.

FAUSCH K. D.; LYONS, J.; KARR, J. R.; ANGERMEIER, P. L. Fish communities as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium*, v.8, p.123-144, 1990.

PIANKA, E. R. On r- and K- selection. *Am. Nat.*, v.104, p.592-597, 1970.

PIELOU, E. C. *Ecological diversity*. New York: Wiley. 1975