

UMA ANÁLISE ESPACIAL DE FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS EM CASCATA NA BACIA DO RIO GRANDE

Fellipe Alves O. Nascimento¹

Otaviano Francisco Neves²

Resumo

A água, sendo um recurso natural essencial para a manutenção dos seres vivos e dos processos naturais e antrópicos, é submetida a diferentes níveis de degradação. Este trabalho tem como objetivo fazer uma análise preliminar, dentro da visão de sistema dos fatores geográficos, verificando quantitativamente e qualitativamente quais deles afetam a qualidade da água na área da bacia hidrográfica do Rio Grande, entre as represas de Jaguará, Igarapava e Volta Grande, localizadas na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo. O elemento desencadeador deste trabalho foi a proximidade de centros urbano-industriais e a formação de reservatórios de usinas hidrelétricas nas margens do Rio Grande, condições que podem provocar desequilíbrio nas comunidades aquáticas, alterando a qualidade físico-química da água; ocasionar o desaparecimento ou a proliferação de espécies e/ou a instalação de organismos invasores; ou ainda causar alterações na relação entre as populações vizinhas e os novos lagos formados. Para estudos referentes à situação da qualidade das águas, existem variáveis que devemos analisar de acordo com o objetivo proposto. Um dos métodos adotados pela estatística é a análise multivariada, a qual foi utilizada nesta pesquisa com o objetivo de verificar a relação linear entre dois conjuntos de variáveis: as físico-químicas e hidrobiológicas. A partir desse estudo, conseguimos chegar a resultados preliminares que indicam que a qualidade da água apresenta desconformidade aos parâmetros considerados normais pela legislação Brasileira.

Palavras-chave: Água; Bacia; Variáveis Físico-químicas; Hidrobiológicas; Qualidade.

INTRODUÇÃO

No cenário global e local, um dos problemas mais sérios é a garantia de fontes de água adequada ao consumo humano. O motivo dessa preocupação é que esse elemento é parte integrante da vida, sendo que, em nosso organismo, desempenha funções fisiológicas fundamentais, como, por exemplo, dissolver e diluir todos os componentes solúveis que são ingeridos. Além disso, é importante

¹Graduando em Geografia com ênfase em Meio Ambiente (PUC Minas).

² Professor orientador. Doutorando em Geografia – Trat. Da. Inf. Espacial (PUC Minas).

para o meio ambiente, pois diferentes espécies dependem dela para sobreviver. A água também é destinada a usos múltiplos, tais como: abastecimento público, geração de energia elétrica, navegação, irrigação, pesca, suprimento, indústria, crescimento de culturas agrícolas, conservação da flora e da fauna, higiene, dispersão de rejeitos, turismo e lazer. Todos os seres vivos têm o direito de usá-la. Porém, para esta utilização, devemos observar algumas condições e características quantitativas e qualitativas, como, por exemplo, o grau de pureza, uma vez que “Os componentes que alteram o grau de pureza da água podem ser definidos por suas características físicas, químicas e biológicas, traduzidas na forma de parâmetros de qualidade de água.” (VON SPERLING, 1996; ESTEVES, 1998). Assim, o termo qualidade da água está diretamente relacionado à sua utilização.

Com base nessas reflexões acerca desses fatores qualitativos e quantitativos, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise preliminar, dentro da visão sistêmica dos fatores geográficos, verificando os que afetam a qualidade da água na área da bacia hidrográfica do Rio Grande entre as represas de Jaguará, Igarapava e Volta Grande, localizadas na divisa dos Estados de Minas Gerais e São Paulo. A área de estudo compreende a bacia de drenagem na qual estão localizadas, mas, como a pesquisa se encontra em andamento, neste artigo serão publicados somente os resultados da área de drenagem da represa de Igarapava.

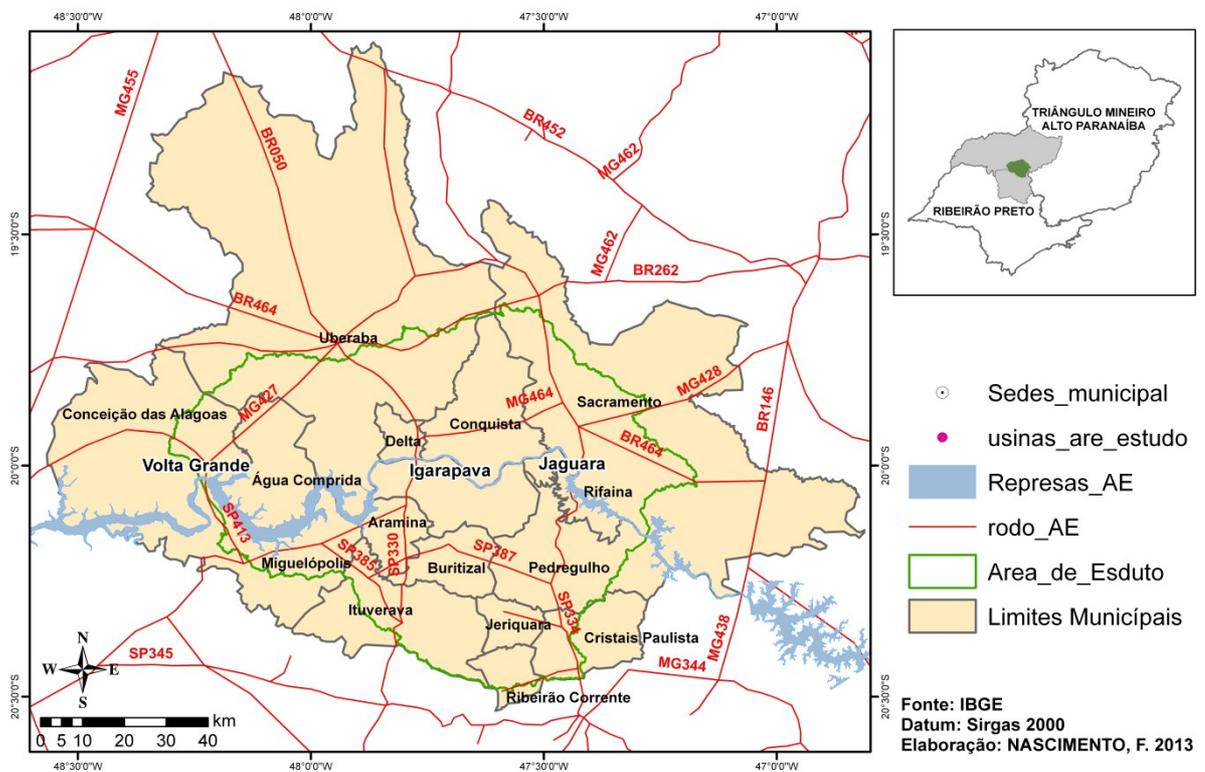
Além disso, este trabalho é complementar ao projeto GTW 399-WMA03-05, intitulado “PA – Desenvolvimento de índices georreferenciados da qualidade das águas e estudo das características socioambientais da região de reservatórios em cascata: Volta Grande e Jaguará”, desenvolvido pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. O referido projeto é constituído por um grupo de pesquisadores de várias áreas do conhecimento, que desenvolvem pesquisas que visam complementar as informações referentes à análise da qualidade das águas dos reservatórios, para que a empresa que os gerencia mantenha a água com qualidade, seja para o abastecimento, geração de energia ou para outras atividades.

ÁREA DE ESTUDO

De acordo com Cabral (2007), um recorte espacial é imprescindível para uma boa investigação. Assim, foi escolhida a bacia hidrográfica do Rio Grande, cuja área de estudo (Mapa 1) é cortada pelo Rio Grande, na divisa dos Estados de Minas

Gerais e São Paulo, englobando 16 municípios, sendo que 6 estão localizados na mesorregião do Triângulo Mineiro - Alto Paranaíba (Sacramento, Conquista, Delta, Uberaba, Água Comprida e Conceição das Alagoas), e os outros 10, no Estado de São Paulo, na mesorregião de Ribeirão Preto (Rifaina, Pedregulho, Cristais Paulistas, Ribeirão Corrente, Jariquera, Ituverava, Buritizal, Igarapava, Aramina e Miguelópolis). Desses municípios, somente Cristais Paulista e Conceição das Alagoas não possuem sua sede municipal dentro da área de estudo.

Mapa 1: Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com Noronha (2012), que também realizou pesquisas neste mesmo recorte espacial, a área total dos 16 municípios é de 14.165.117 Km², enquanto a área de estudo possui 6.568,94 Km², ou seja, engloba 46,37 % da soma da área total de todos os municípios.

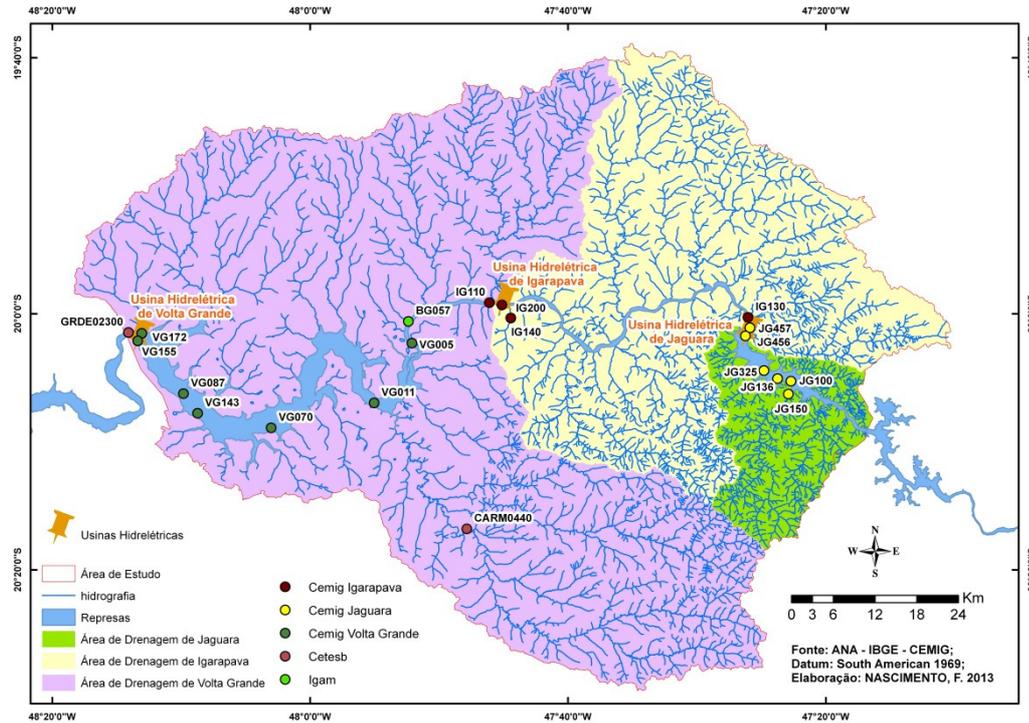
MATERIAIS E MÉTODOS

Estudos prévios realizados indicam que elevados valores de concentração de contaminantes são encontrados na bacia do Rio Grande, sendo caracterizados pela contaminação e poluição difusa e pontual. Faz-se necessário uma análise do conjunto dos diversos fatores que podem estar afetando de forma sistêmica a qualidade da água. Para que essa análise acontecesse, foram realizadas pesquisas em cartas hipsométricas, geológicas, litológicas, mapas de uso e ocupação do solo e imagens de satélite.

Para os estudos referentes à qualidade das águas, existem variáveis que devemos analisar, de acordo com o objetivo proposto. Nesta pesquisa determinaram-se as variáveis físico-químicas: condutividade, fósforo (P), ferro (Fe), nitrogênio total (NT), nitrato, oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (PH), sólidos totais dissolvidos (SDT), sólidos totais (ST), e turbidez (T). E as variáveis hidrobiológicas: riqueza, diversidade, dominância, equitatividade e frequência relativa dos *filoschlorophyta*, *chrysophytae* *cyanobacteria*. Essas análises foram feitas por meio da estatística descritiva e da análise multivariada (JOHNSON; WICHERN, 1992), e com o auxílio dos softwares Minitab e R-Statistics, com o objetivo de investigar a relação linear entre dois conjuntos de variáveis propostos.

As amostras do reservatório de Igarapava foram coletadas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), num total de 85 e nos 04 diferentes pontos, sendo eles: o IG130 localizado mais a montante do reservatório, e os IG140, IG200 e IG110, que estão mais a jusante da represa de Igarapava (Mapa 2). As coletas aconteceram entre os anos de 1999 e 2012, em diferentes períodos do ano e, a maioria, na superfície aquática. Os dados foram obtidos por meio de relatórios fornecidos pela hidrelétrica.

Mapa 2: Espacialização dos Pontos na Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor.

O mapa (2) nos mostra uma visão geral de toda a área de estudo onde estão inseridos não só os pontos de Igarapava, mas também os de Jaguará e Volta Grande que somam, no total, 20 estações de coleta. Dessas, uma é controlada pelo IGAM³, duas pela CETESB⁴, e dezessete são monitoradas pela CEMIG⁵. Sete estão inseridas na área de drenagem da usina de Volta grande, seis na usina de Jaguará e quatro na usina de Igarapava.

RESULTADOS

Os resultados do monitoramento da qualidade das águas da represa de Jaguará foram obtidos através da elaboração de tabelas e gráficos que apresentaram a situação de cada variável de acordo com a legislação ambiental utilizada, isto é, a Deliberação Normativa do Conselho de Política Ambiental (COPAM), do Estado de Minas Gerais, nº01/2008, que determina os limites de cada uma delas.

A análise da tabela (1), matriz de correlação do grupo X (variáveis físico-químicas), permite apontar a correlação positiva entre a Condutividade e o Ferro

³ Instituto Mineiro de Gestão das Águas.

⁴ Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental.

⁵ Companhia Energética de Minas Gerais.

(Fe), podendo aferir que quando maior for a concentração de ferro na água, maior capacidade de condutividade ela terá. Nesta mesma matriz, observamos, ainda, correlações negativas entre a condutividade e o Oxigênio Dissolvido (OD), aferindo que maior a condutividade ocasiona uma menor concentração de OD na água. Também verificamos uma correlação negativa entre o OD e a Turbidez que pode ser considerado um indicativo positivo para a qualidade da água, pois quanto maior for a quantidade de OD menos túrbida a água será.

Tabela 1: Matriz de Correlação do Grupo X

	Condutiv.	Fe	P	Nitrato	NT	OD	pH	SDT	ST	Turbidez
Condutividade	1,00									
Fe	0,62	1,00								
P	0,16	0,00	1,00	0,09						
Nitrato	0,25	0,24	0,09	1,00						
NT	0,44	0,61	0,27	0,42	1,00					
OD	-0,39	-0,11	0,11	0,22	0,01	1,00				
pH	0,37	0,30	0,14	0,21	0,13	0,13	1,00			
SDT	0,65	0,66	0,07	0,40	0,61	-0,07	0,23	1,00		
ST	-0,03	0,06	-0,03	-0,04	-0,04	0,00	0,07	0,06	1,00	
Turbidez	0,12	0,13	-0,09	0,22	0,04	-0,26	-0,10	0,10	-0,05	1,00

Fonte: Dados da Pesquisa

A tabela (2), matriz de correlação do grupo Y (variáveis hidrobiológicas), nos mostra a correlação negativa entre a *Chlorophyta* e a *Cyanobacteria*, o que indica que elas são inversamente proporcionais, isto é, quando ocorre a dominância de uma, a outra diminui suas concentrações. Outra correlação negativa que podemos perceber é a da Dominância sobre Riqueza, a Diversidade e a Equitatividade, ou seja, se houver a dominância de algum dos *filos*, a riqueza, a diversidade e a equitatividade também será inversa.

Tabela 2: Matriz de Correlação do Grupo Y

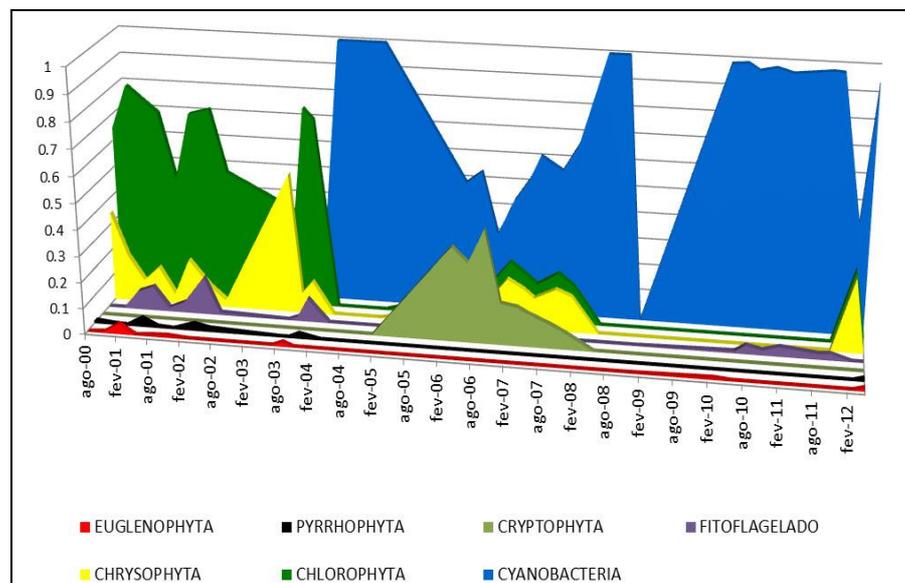
	CHLOR	CHRYS	CYANO	Domin.	Riqueza	Divers.	Equit.
CHLOROPHYTA	1,00						
CHRYSOPHYTA	0,14	1,00					
CYANOBACTERIA	-0,88	-0,43	1,00				
Dominância	0,29	-0,48	-0,02	1,00			
Riqueza	-0,33	0,31	0,06	-0,73	1,00		
Diversidade	-0,32	0,43	0,04	-0,91	0,93	1,00	
Equitatividade	-0,06	0,43	-0,12	-0,83	0,42	0,68	1,00

Fonte: Dados da pesquisa

No gráfico (1), podemos observar a frequência relativa de vários *Filos*, mas os que tiveram representações mais significativas foram a *chlorophyta*, *chrysophyta*,

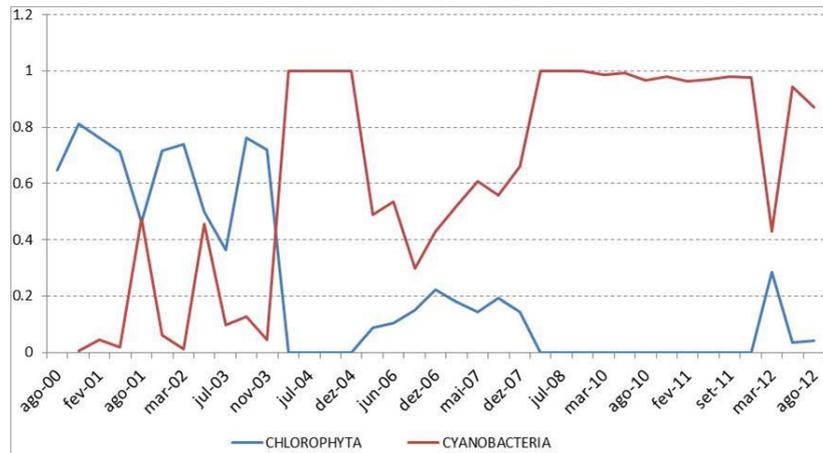
cryptophytae a *cyanobacteria*. Em agosto de 2000, quando teve início a análise das amostras de água, verificou-se que a maior frequência relativa era da *chlorophyta* com 0.6 em uma escala de 0 a 1. Logo, em fevereiro de 2001, a *chlorophyta* teve seu maior índice de Frequência relativa chegando a quase 0.8 em todo o período de análise. A partir daí, esses índices tiveram significativa variação. Em agosto de 2003, a *chrysophyta* teve maior frequência, em torno de 0.4. Já em fevereiro de 2004, a *chlorophyta* voltou a ter frequências maiores até que, em agosto do mesmo ano, essa frequência se tornou nula. A partir desse momento, verificou-se a presença da *cyanobacteria*, regulando entre altos índices e chegando ao máximo na nossa escala. Algumas quedas ocorreram em agosto de 2006, fazendo com que a *Cryptophyta* igualasse os valores da cianobactérias, em fevereiro de 2009, quando a frequência chegou a quase zero.

Gráfico 1: Frequência Relativa



Fonte: Dados da pesquisa

O gráfico (2), de abundância relativa, confirma o que vimos no de frequência relativa, ou seja, a predominância da *Chlorophyta* até meados de novembro de 2003 e, a partir daí, a dominância da *cyanobacteria*, até o período em que avaliamos a qualidade da água, o mês de agosto de 2012.

Gráfico 2: Abundância Relativa

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados da análise canônica (tabela 3) tiveram como objetivo principal explicar a relação entre os dois conjuntos de variáveis, encontrando um pequeno número de combinações lineares para cada um dos conjuntos de variáveis, de modo a maximizar as correlações possíveis entre os grupos. Dessas correlações podemos dizer que os resultados em vermelho e verde são inversamente proporcionais.

Tabela 3: Resultados da Análise Canônica

Variável	Componentes X
Fe	-0.6038374
P	-0.4187956
Nitrato	0.1346199
NT	0.5420709
OD	0.7145594
pH	-0.4222852
ST	0.2146783
Turbidez	0.0586303

Variável	Componentes Y
Dominância	-1.1756296
CHRYSTOPHYTA	-0.6104876
CYANOBACTERIA	-0.3941636

Correlação X e Y = 61,55%

Fonte: Dados da pesquisa

Com a análise das variáveis nos pontos de coleta da represa de Igarapava observamos que quando há a dominância de cianobactéria o oxigênio dissolvido e o nitrogênio total da água diminuem, pois eles são inversamente proporcionais. Esse organismo provoca a redução do OD, o que pode comprometer a vida dos seres aquáticos aeróbicos. Segundo Sperling (1996), é uma das poucas bactérias que

sobrevivem a baixas concentrações de NT. Observamos também uma relação positiva entre Fe e P com a dominância da ciano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Partindo dessas análises, os pontos monitorados apresentaram em geral, índices de qualidade inferiores ao mínimo estabelecido pela DN COPAM 01/2008, sendo o que apresentou maior desconformidade foi o IG 140, localizado no córrego Santa Rita. Houve melhoria da qualidade das águas apenas no talvegue do Rio Grande, tanto pelo processo natural de autodepuração das águas, quanto pelo aumento natural do volume do rio. A análise de uso e ocupação do solo na área de drenagem da represa de Jaguará permitiu o levantamento de duas hipóteses: pode estar havendo despejo de esgoto no local, já que esse córrego corta o centro urbano do Município de Igarapava, ou, pelo fato de a região ser plana e favorável ao cultivo da cana de açúcar e de outras culturas, é possível que fertilizantes e insumos usados nessas culturas estejam sendo carreados para esses corpos d'água.

REFERÊNCIAS

CABRAL, D.C. **A bacia hidrográfica como unidade de análise em história ambiental**. Revista de História Regional 12(1): 133-162, Versão 2007.

CEMIG - **Companhia energética de minas gerais**. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/>>.

CETESB - **Companhia de tecnologia de saneamento ambiental**. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos da limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interferência, 1998.

IGAM - **Instituto Mineiro de Gestão das Águas**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/index.htm>>

JOHNSON, R.A. & WICHERN, D.W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. Prentice-Hall, Inc., A Simon & Schuster Company Upper Saddle River, New Jersey – 1992.

NORONHA, César Vinícius de. **Qualidade da água dos reservatórios fio de água de jaguára, igarapava e volta grande e afluentes, bacia hidrográfica do rio**

grande, mg/sp. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012, p. 55.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.