

<b>FRC14_M</b>	Rio Alex	10	>300	10
		10 <sup>-1</sup>	>300	1
		10 <sup>-2</sup>	211	0
<b>FRC02_GA</b>	Prefeito	10	239	10
		10 <sup>-1</sup>	202	0
		10 <sup>-2</sup>	61	0
<b>FRC10_GM</b>	Monte Olivetti	10	>300	4
		10 <sup>-1</sup>	99	3
		10 <sup>-2</sup>	16	1
<b>F04_GM</b>	PARNASO	10	220	2
		10 <sup>-1</sup>	99	1
		10 <sup>-2</sup>	14	0
		10 <sup>-3</sup>	1	0
<b>F02_GM</b>	Garrafão	10	>300	8
		10 <sup>-1</sup>	142	6
		10 <sup>-2</sup>	30	2
<b>FRC17_M</b>	Placa	10	>300	5
		10 <sup>-1</sup>	94	1
		10 <sup>-2</sup>	23	0
<b>FRC16_M</b>	Macumba	10	>300	0
		10 <sup>-1</sup>	142	0
		10 <sup>-2</sup>	20	0
<b>FRC08_GA</b>	Rio Mariquitas	10	>300	31
		10 <sup>-1</sup>	264	18
		10 <sup>-2</sup>	0	0
<b>FRC13_GM</b>	Rio Corujas	10	>300	>300
		10 <sup>-1</sup>	>300	293
		10 <sup>-2</sup>	89	56
<b>FRC07_GA</b>	Tim Intermediário	10	>300	35
		10 <sup>-1</sup>	211	5

		10 <sup>-2</sup>	60	0
		10 <sup>-3</sup>	10	0
<b>FRC19_M</b>	<b>Casa Rentata</b>	10	287	38
		10 <sup>-1</sup>	164	3
		10 <sup>-2</sup>	27	2
<b>FRC21_M</b>	<b>Caldo de cana</b>	10	278	8
		10 <sup>-1</sup>	207	1
		10 <sup>-2</sup>	39	0
<b>FRC20_M</b>	<b>Boca do Mato</b>	10	165	43
		10 <sup>-1</sup>	183	3
		10 <sup>-2</sup>	55	1
<b>FRC12_GM</b>	<b>Veterinária</b>	10	>300	>300
		10 <sup>-1</sup>	>300	>300
		10 <sup>-2</sup>	119	98
		10 <sup>-3</sup>	102	15
<b>FRC05_GA</b>	<b>Estreito</b>	10	>300	129
		10 <sup>-1</sup>	238	32
		10 <sup>-2</sup>	69	7
<b>FRC11_GM</b>	<b>Klabin</b>	10	>300	>300
		10 <sup>-1</sup>	193	78
		10 <sup>-2</sup>	128	11
<b>FRC04_GA</b>	<b>Rio Duas Barras</b>	10	>300	>300
		10 <sup>-1</sup>	220	198
		10 <sup>-2</sup>	96	43
<b>F05_M</b>	<b>Rio Soarinho</b>	10	>300	124
		10 <sup>-1</sup>	>300	26
		10 <sup>-2</sup>	91	8
<b>F06_M</b>	<b>Rio Branco</b>	-	-	-
<b>F07_M</b>	<b>Riviera</b>	10	>300	8
		10 <sup>-1</sup>	195	1

		$10^{-2}$	45	1
<b>F08_M</b>	Quiz Pobre (centro Cachoeiras de Macacu)	10	>300	>300
		$10^{-1}$	>300	>300
		$10^{-2}$	283	162
		$10^{-3}$	138	15
		$10^{-4}$	23	1
<b>F09_M</b>	Rio Macacu Posto	10	>300	186
		$10^{-1}$	286	18
		$10^{-2}$	81	6
<b>F010_M</b>	Rio Souza	10	>300	184
		$10^{-1}$	>300	15
		$10^{-2}$	123	5
<b>F011_M</b>	Rio Souzinha	10	>300	>300
		$10^{-1}$	>300	131
		$10^{-2}$	171	17
		$10^{-3}$	45	6
<b>F012_M</b>	Rio Boa Vista	10	>300	26
		$10^{-1}$	218	11
		$10^{-2}$	16	0

### **5.3 Definição dos pontos de amostragem e dados físicos, físico-químicos e microbiológicos da BHGM - Análise e Discussão dos Resultados**

#### **5.3.1 Validação dos Pontos de Amostragem – classe referência**

A comparação e validação dos sítios amostrados, classificados *a priori* como referência, a partir de parâmetros ambientais e geográficos, com o resultado do IAV mostrou-se satisfatória, sendo posteriormente confirmada pelos resultados das análises físico-químicas e por ferramentas de geoprocessamento, utilizando os seguintes critérios: OD > 6,0 mg/l; pH entre 6 e 8; área vegetada (remanescente) na bacia montante > 75%; e área antropizada na bacia montante  $\leq$  20%, conforme disposto na tabela abaixo para os sítios referência (tabela 42). Os critérios adotados foram baseados no indicativo RCE índice (Petersen, 1992; Baptista *et al.* 2007) disposto em Baptista *et al.* (2007).

Tabela 42 – Comparação dos resultados de parâmetros físico-químicos obtidos com classificação dos sítios amostrados e IAV para áreas de referencia

CÓDIGO	NOME	CLASSE - seleção pontos amostrais	OD (mg/l)	pH (6-8)	Cobertura Vegetal Bacia mon- tante (%)	IAV
FRC01_GA	Rio Manoel Alexandre	Referencia < 200m	7,45	6	98,96	16,6 / ótima
FRC02_GA	Prefeito	Referencia / 200 - 800m	7,58	6,7	100,00	19,2 / ótima
FRC03_GA	Dirlei	Referencia < 200m	7,16	7,1	96,92	18,3 / ótima
FRC06_GA	Rio do Gato	Referencia < 200m	7,32	6,5	97,60	16 / ótima
FRC09_GM	Caneca Fina	Referencia <200 m	6,9	6,3	99,36	19,4 / ótima
FRC10_GM	Monte Olivetti	Referencia / 200 - 800m	7,44	7,7	99,04	19,4 / ótima
FRC14_M	Alex	Referencia / 200 - 800m	7,39	6	100,00	19,6 / ótima
FRC15_M	Jumento	Referencia / 200 - 800m	7,26	6,4	94,49	19 / ótima
FRC16_M	Macumba	Referencia > 800m	7,38	6,7	100,00	19,4 / ótima
FRC17_M	Placa	Referencia > 800m	7,14	7,2	100,00	19 / ótima
FRC18_M	Sete Quedas	Referencia / 200 - 800m	7,12	6,9	100,00	17 / ótima
F01_GA	REGUA - Alojamento	Referencia < 200m	7,15	6,4	91,26	19,6 / ótima
F02_GM	Garrafão	Referencia > 800m	6,4	6,8	99,70	20 / ótima
F03_GM	Poço Caninana/ PARNASO	Referencia < 200m	7,07	6	96,74	19,6 / ótima
F04_GM	PARNASO	Referencia / 200 - 800m	7,03	6,6	96,75	19,1 / ótima

Destacando que os valores do parâmetro OD utilizado foi obtido em *situ* através do oxímetro, conforme descrito no Capítulo 2 da presente tese.

### 5.3.2 Dados Físicos, Físico-químicos e Microbiológicos

As maiores profundidades levantadas variaram entre 48 cm (FRC19\_M) e 47 cm (FRC15\_M e FRC18\_M) (fig. 67). São todos rios/riachos de 3ª ordem, classificados como intermediário (FRC19\_M) e referência (FRC15\_M e FRC18\_M), e localizados na sub-bacia do rio Macacu.

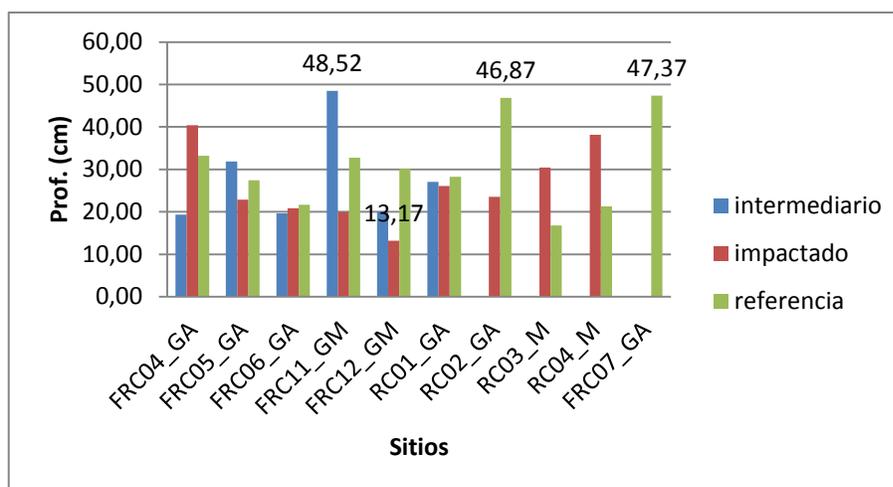


Figura 67: Profundidade média nos sítios amostrados

Os maiores valores de *bankfull* (largura do curso d'água considerando a área de maior inundação) foram medidos em riachos/rios de 4ª (FRC11\_GM) e 5ª ordem (RC03\_M) e o valor mais baixo em riachos de 3ª ordem (RC01\_GA), embora o FRC12\_GM tenha apresentado o valor de 4,00 m ele teve que ser desconsiderado na análise por estar canalizado. Por este mesmo motivo, os valores de largura do canal e *bankfull* foram coincidentes neste sítio.

A variável % de cobertura refere-se ao percentual médio de quanto a cobertura vegetal - dossel existente nas margens dificulta a plena entrada de luminosidade no trecho amostrado. Os maiores percentuais foram encontrados nos sítios FRC09\_GM, FRC17\_M e RC02\_GA, oscilaram entre valores 83,10%, 87,80% e 89,85%, respectivamente, sendo os dois primeiros classificados como referência e o último como impactado (fig. 68). Os menores percentuais (0 %) levantados foram para os sítios FRC11\_GM e RC03M, que estão totalmente expostos a luminosidade e FRC05\_GA que apresentou 9,35 % de cobertura.

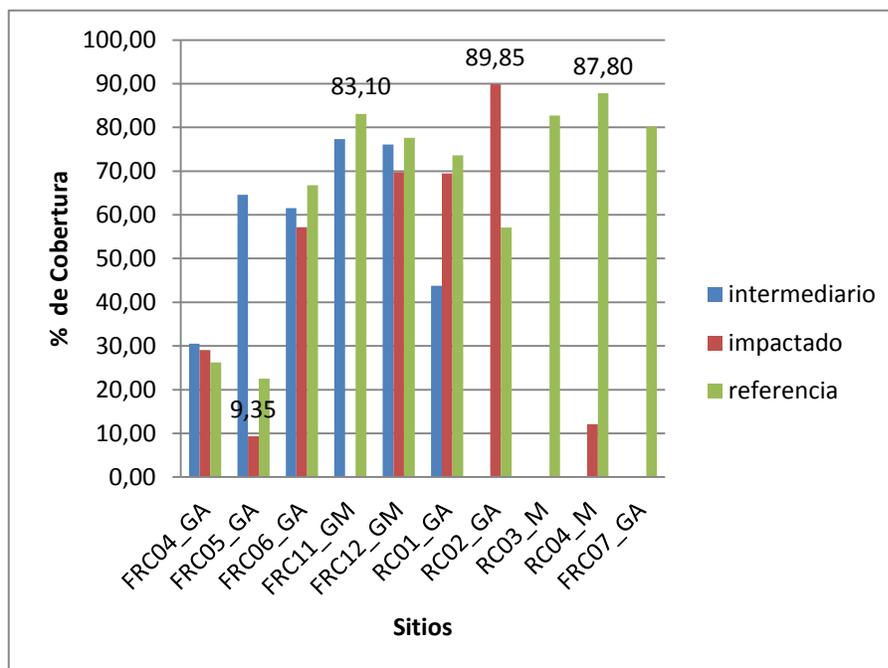


Figura 68: Percentual de Cobertura de dossel nos sítios amostrados

O trecho amostrado referente ao sítio RCO2\_GA está localizado em uma área totalmente agropastoril e bem próximo a uma estrada, entretanto apresenta uma pequena mata ciliar, de cerca de 2 a 3 metros de largura, o que justifica os valores medidos neste sítio.

De acordo com o modelo proposto pelo Conceito do Contínuo de Rio (*River Continuum Concept*) (RCC), existe uma zona de transição onde o córrego muda de um sistema heterotrófico (principal recurso é o material alóctone) para um autotrófico (principal recurso é o material autóctone) e cuja localização depende diretamente do sombreamento da área (Vannote *et al.*, 1980). Esta localização em florestas decíduas e coníferas, segundo este autor, correspondem a córregos de 3ª ordem. Assim, nos córregos de 1ª a 3ª ordem desta região, os grupos funcionais mais encontrados são os cortadores e coletores (grupos diretamente relacionados com a vegetação ripária) e em corpos hídricos de médio porte (4ª a 6ª ordem) encontram-se os pastadores e coletores (relacionados com aumento da produção algal e do material orgânico produzido à montante) (Silva, 2009 e Lima, 2009).

Seis sítios amostrados FRC02\_GA, FRC09\_GM, FRC16\_M, FRC18\_M e FRC10\_GM, classificados a priori como referência e considerados riachos de 1ª a 3ª ordem, possuem entre 77 a 87% de cobertura de dossel. Segundo Lima (2009), baseado em seu estudo de isótopos estáveis de carbono e nitrogênio aplicado à cadeia trófica dos riachos amostrados pelo LERC, a vegetação

terrestre não foi a principal fonte de energia e matéria para os predadores presentes nestes sítios florestados, e sim o perifíton. Somente no ponto Monte Olivetti (córrego de 2ª ordem e 77% de dossel), ambos, a vegetação terrestre e o perifíton, foram importantes para os consumidores. Estes resultados não estão de acordo com o paradigma postulado pela RCC, o que indica que riachos tropicais podem ter comportamento muito diferente de corpos hídricos de clima temperado.

Ainda de acordo com Lima (2009), as evidências de isótopos estáveis para córregos tropicais em diversos trabalhos indicaram a importância das algas como fontes importantes de energia e biomassa para os animais nas cadeias tróficas em Hong Kong, Porto Rico, Austrália e no Rio de Janeiro. De acordo com Lima (2009), ainda é necessária a realização de outros estudos para verificar se as algas são realmente o principal recurso basal para a teia trófica de córregos tropicais (Moulton, 2006; Lima, 2009 e Silva, 2009). Maiores detalhes consultar Lima (2009).

Para o resultado referente ao pH, medido pelo LERC nos 25 sítios distribuídos pela BHGM (figura 69 A), existiu uma pequena predominância de valores de pH ácido para os 10 sítios amostrados na SB do rio Guapiaçu, variando entre 6,9 a 6,6. Destes 10 sítios apenas três apresentaram valores básicos, de 7,3 a 7,1, sendo os mesmos pertencentes à classe de impacto intermediário. Na SB do rio Guapimirim também existe um predomínio de pH ácido nos cinco sítios amostrados e na SB do rio Macacu todos os 10 sítios apresentam pH básico.

Os resultados obtidos para FRC07\_GA e FRC20\_M, 9,9 e 9,6 respectivamente, não foram compatíveis com o padrão de pH estabelecido na CONAMA 357/05 para Água Doce Classe 1. Eles devem estar relacionados, provavelmente, com a utilização de defensivos para o primeiro e com lançamento de efluente doméstico à montante e no local de coleta para o segundo.

Os valores de vazão (figura 69 B), encontrados nos 10 sítios da SB do rio Guapiaçu variaram de 1211 L/s (FRC04\_GA – impactado) a 95 L/s (FRC02\_GA – referência) e para os 5 sítios amostrados na SB do rio Guapimirim variou de 153 L/s (FRC10\_GM – referência) a 76 L/s (FRC12\_GM – impactado). O valor de vazão referente ao sítio FRC11\_GM foi desconsiderado nesta análise, pois foi medido errado. Para os oito sítios amostrados na SB do rio Macacu, os valores de vazão variaram de 355 L/s (R04\_M – impactado) a 28 L/s (FRC18\_M – referência e FRC20\_M – intermediário). Não foram obtidos valores de vazão para sítios FRC15\_M (referência) e R03\_M (impactado). Não foi detectado nenhum padrão ou predominância de valores de vazão em relação às classes de impacto adotadas.

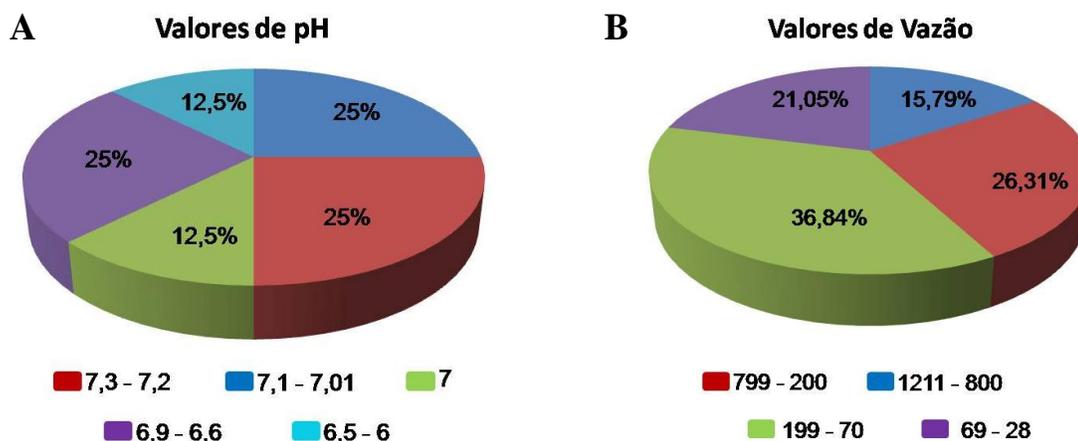


Figura 69: Percentuais de valores de pH (A) e vazão (B) levantados na BHGM

Os valores obtidos pelo LAPSA (tabela 39) e pelo LERC (tabela 40) para o parâmetro de condutividade foram diferentes. Os do LERC, de uma maneira geral, foram maiores que os apresentados pelo LAPSA, porém, quando comparados, ambos apresentaram um grau significativo de proporcionalidade (fig. 70). Cabe destacar que os maiores valores obtidos para este parâmetro foram nos sítios classificados como impactado (tabela 40) e que os valores obtidos pelos dois laboratórios nos sítios FRC14\_M, FRC19\_M e FRC10\_GM foram semelhantes. De acordo com os dados obtidos para este parâmetro, considerando os valores da tabela 39 e da tabela 40, informado entre parênteses, o maior valor apresentado foi 105,8  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (126  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) no sítio FRC11\_GM (Klabin), seguido por 41  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (50,13  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e 29,7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (41  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) nos sítios FRC12\_GM (canal da Veterinária) e FRC05\_GA (Estreito), respectivamente. Todos os sítios estavam em locais impactados apresentando tipos diferentes de impacto, conforme dispostos nas tabelas 39 e 40. Nos primeiros dois sítios o impacto local era essencialmente urbano e no Estreito o domínio era agropastoril.

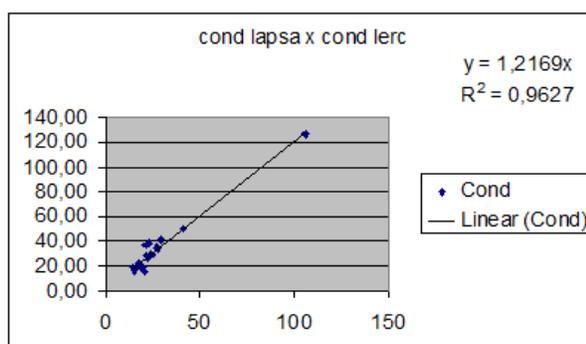


Figura 70: Comparação entre os dados de condutividade obtidos pelo LAPSA e LERC

Nas SBs localizadas à montante dos sítios FRC11\_GM e FRC05\_GA, o padrão de uso e cobertura apresentado, de acordo com a classificação da Embrapa Solos (escala 1:50000), oscilava somente entre áreas remanescentes e uso agropastoril (fig. 71 A e C), sendo que no primeiro sítio foi detectada uma porção bem significativa de área urbana. Já a SB à montante do sítio drena uma área com mosaico de uso e cobertura variando de grandes extensões de remanescentes a áreas agropastoris e urbanas (média a alta concentração), conforme disposto na figura 71 B, sendo que o local de amostragem recebia descarga direta de efluente doméstico. Cabe ressaltar que para facilitar as análises, os resultados de condutividade foram logaritimizadas na base 10.

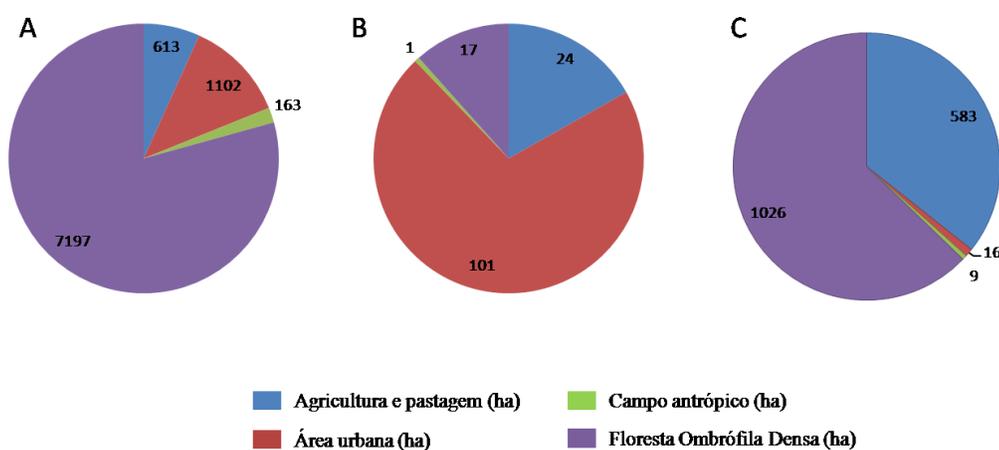


Figura 71: Percentual de uso e cobertura vegetal nas SBs montante dos pontos FRC11\_GM (A), FRC12\_GM (B) e FRC05\_GA (C)

O oxigênio dissolvido (OD) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representam uns dos parâmetros mais importantes para exame da qualidade da água, pois revelam a possibilidade

de manutenção de vida dos organismos aeróbios, como peixes, por exemplo. O OD também está ligado à formação de gás sulfídrico e de metano e aumento do poder de corrosão da água, dentre outros.

Em relação aos resultados de OD, de acordo com a tabela 39, obtidos para os 21 sítios amostrados pelo LERC e LAPSA e os demais amostrados pelo LAPSA, a maior parte dos valores está na faixa acima de 6,00 mg/L O<sup>2</sup>. De acordo com os resultados obtidos quatro sítios amostrados foram considerados fora do padrão estabelecido pela CONAMA 357/05 para enquadramento da água como Água Doce Classe 1. São eles: FRC07\_GA (5,79 mg/L O<sup>2</sup>), FRC12\_GM (5,77 mg/L O<sup>2</sup>), FRC11\_GM (3,66 mg/L O<sup>2</sup>) e F08\_M (4,99 mg/L O<sup>2</sup>). Os dois primeiros sítios foram enquadrados, segundo esta legislação, como água doce classe 2, e classe 3 para os dois últimos. Somente o sítio FRC07\_GA não está localizado em área impactada urbana. O resultado obtido para este ponto pode estar relacionado com o tipo de defensivo utilizado na área agropastoril, localizada a montante do local de amostragem. Todos os sítios classificados como referencia apresentaram para o parâmetro OD resultados superiores a 6,0 mg/L (indicação da CONAMA 357/05), estando todos enquadrados como corpo d'água doce classe 1.

Já os resultados obtidos pelo LERC (tabela 40) para o parâmetro OD apresentaram valores superiores a 6,0 mg/L, estando portanto enquadrados como corpo d'água doce classe 1, conforme as indicações da CONAMA 357/05. Cabe ressaltar que os dados considerados na análise foram os do LAPSA por estarem mais coerentes com a classe de impacto adotada, traduzindo melhor a realidade.

A análise microbiológica da água teve como objetivo quantificar coliformes totais e fecais presentes nas amostras. Os intervalos de resultados obtidos para os pontos amostrados localizados em áreas de referência, impactadas e intermediárias foram reunidos na tabela 43.

Tabela 43 - N° de coliformes (totais e fecais) e classes de sítios

<b>Pontos amostrais - Classe</b>	<b>N° de coliformes totais /100 ml</b>	<b>N° de coliformes termotolerantes /100 ml</b>
Referencia	De >300 a 200	De 0 a 45
Intermediário	De >300 a 165	De 8 a >300
Impactado	Todos >300	De 8 a >300

A DBO e o coliforme estão relacionados com a contaminação das águas e são os maiores indicadores da possibilidade da contaminação de veiculação hídrica. Em alguns sistemas hídricos o nitrogênio e o fósforo são indicadores das condições de eutrofização. Os altos valores detectados para coliformes totais em áreas de referência deveriam estar relacionados com a fauna natural local e nas áreas intermediárias poderiam estar associados também ao rebanho existente na área.

Os valores obtidos para o parâmetro coliformes termotolerantes são compatíveis com os indicados para uso de recreação de contato primário e classificada como Água Doce Classe 1 de acordo com as condições previstas nas Resoluções CONAMA nº 274/00 e nº 357/05, respectivamente, entretanto, cabe ressaltar que, por ser tratar de dados obtidos em apenas uma coleta amostral e por metodologia diferente, foi considerado apenas como uma indicação para caracterização da qualidade da água.

O valor oito de coliformes fecais por 100 ml obtido para o ponto FRC21\_M, classificado como intermediário, estava relacionado com a tipologia do uso e cobertura vegetal da bacia a localizada à montante do ponto, no qual existe um ligeiro predomínio de área florestada sobre a agropastoril, embora próximo ao ponto esteja a RJ-116. Já o resultado de >300 coliformes fecais/100 ml referente ao sítio FRC13\_GM, poderia estar relacionado com os efluentes domésticos de uma comunidade localizada à montante e muito próxima do *site* de coleta, com o lançamento imediato de efluentes das casas localizadas à margem da área onde se deu a amostragem, ou de ambos. Sendo esta última a condição mais provável.

#### **5.4 Dados Bióticos relativos ao Perifiton e Macrofauna - Resultados**

Os resultados das análises realizadas no perifiton e na água estão dispostos na tabela 44, as de macrofauna na tabela 45. Na tabela 46 estão apresentados os valores obtidos para o índice autotrófico.

Tabela 44 - Resultados das análises perifiton, *Aquafluor* e matéria orgânica em suspensão

Ponto	site	Perifiton			Aquafluor			FPOM			Água do Rio	
		AF(g/m2)	Cinz(g/m2)	DM(g/m2)	DM(g/m2)	chl(g/m2)	AFDM(g/L)	Cinz(g/L)	DM(g/L)	chl(g/L)	DM(g/L)	
FRC01_GA	Man_Alex	0,6849	1,7282	2,4131	2,93824	0,00300	0,000427	0,000253	0,000680	-	-	
FRC02_GA	Prefeito	1,5091	5,8756	7,3847	7,11341	0,00564	0,000550	0,000313	0,000862	-	-	
FRC03_GA	Dirfei	1,0571	0,9397	1,9968	3,70295	0,00981	0,000394	-0,000744	-0,000350	0,0000018706	-0,0060738	
FRC04_GA	D Barras	-	-	-	83,81787	0,00303	0,002333	0,007800	0,010133	-	-	
FRC05_GA	Estreito	12,1916	105,6318	117,8234	79,33147	0,00760	0,004714	0,015214	0,019929	-	-	
RC02_GA	Paraiso	2,8816	8,1245	11,0061	18,83396	0,04128	0,001673	0,005184	0,006857	0,0000254592	-0,00029558	
FRC06_GA	R Gato	0,9963	1,6368	2,6331	5,87238	0,00670	0,000865	0,001654	0,002519	-	-	
FRC07_GA	Tim	2,0572	4,8117	6,8688	10,11983	0,00360	0,000656	0,001175	0,001831	0,0000064036	0,0077270	
FRC08_GA	Mariquita	12,8391	64,8626	77,7017	110,31877	0,03053	0,006160	0,031120	0,037280	-	-	
RC01_GA	Creonice	4,8122	17,2848	22,0970	36,49195	0,01559	0,001100	0,001280	0,002380	0,0000031498	-0,0093424	
FRC09_GM	C.Fina	2,4687	13,2379	15,7066	23,83683	0,01957	0,000744	-0,001056	-0,000311	-	-	
FRC10_GM	M Olivette	0,5034	0,7192	1,2226	2,44657	0,00478	0,000177	0,000158	0,000335	0,0000017021	-0,0136857	
FRC11_GM	Klabin	3,6181	10,6357	14,2538	53,26111	0,00907	0,001828	0,003552	0,005379	0,0000057895	0,0222639	
FRC12_GM	Klabin lodo	52,6576	223,2906	275,9482	-	-	-	-	-	-	-	
FRC13_GM	Veterinária	2,3760	6,2746	8,6506	21,35762	0,01347	0,001133	0,002013	0,003147	0,0000019541	0,0291264	
FRC14_M	Corujas	-0,7783	2,4164	1,6381	6,80736	0,01543	0,000825	0,002075	0,002900	-	-	
FRC15_M	S.Alex	4,3038	11,4892	15,7929	12,93943	0,01948	0,000636	0,000307	0,000943	0,0000037911	0,0082167	
FRC16_M	Jumento	9,8464	44,3384	54,1848	24,41329	0,02305	0,000830	0,000410	0,001240	0,0000010757	0,0171638	
FRC17_M	Macumba	3,4693	1,9911	5,4604	6,07419	0,00587	0,001111	0,000678	0,001789	0,0000009049	0,0012226	
FRC18_M	Placa	5,6780	22,3171	27,9952	29,22264	0,00661	0,000573	0,000918	0,001491	0,0000136870	0,0182081	
RC03_M	S. Quedas	3,9664	9,9911	13,9574	15,53343	0,02579	0,000980	0,001230	0,002210	0,0000019137	0,0012522	
RC04_M	Cemitério	1,7040	5,0064	6,7105	5,71274	0,00269	0,002800	0,006367	0,009167	0,0000013724	-0,0353612	
FRC19_M	Riviera	3,5827	14,5603	18,1429	15,26869	0,00631	0,000646	0,001231	0,001877	0,0000020712	-0,0027246	
FRC20_M	Renata/Gus.	3,2179	10,7632	13,9811	18,63658	0,01386	0,001129	0,001843	0,002971	0,0000081301	0,0305660	
FRC21_M	B Ilato	2,1931	4,2470	6,4401	7,83388	0,00553	0,000989	0,002222	0,003211	0,0000030814	-0,0284658	
FRC21_M	C Cana	11,3443	50,2971	61,6414	78,52242	0,01257	0,000960	0,001610	0,002570	0,0000044642	0,0011339	
<b>legenda</b>												
Referência					AF = AFDM (Ash free dry mass)							
Impactado					Cinz = cinza (ash)							



Tabela 46 – Valores de Cl a, AFDM, e IA do perifíton da BHGM

<b>Código</b>	<b>Classe</b>	<b>Clorofila a (Cl a) (mg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>AFDM (mg/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Índice Autotrófico (IA) *</b>
FRC01_GA	Referência	21,3	6580,6	308,2
FRC02_GA	Referência	13,9	3217,9	232,2
FRC03_GA	Referência	9,8	1057,1	107,8
FRC04_GA	Impactada	7,6	12191,6	1604,3
FRC05_GA	Impactada	10,3	11344,3	1104
FRC06_GA	Intermediária	5,6	1509,1	267,7
FRC07_GA	Intermediária	30,5	12839,1	420,5
FRC08_GA	Intermediária	2,7	1704	632,7
FRC09_GM	Referência	19,5	4303,8	220,9
FRC10_GM	Referência	3	1702	561,4
FRC11_GM	Impactada	6,3	3582,7	567,7
FRC12_GM	Impactada	41,3	2881,6	69,8
FRC13_GM	Intermediária	12,3	2376	192,6
FRC14_M	Referência	23	20093,5	871,8
FRC15_M	Referência	8	3469,3	433,5
FRC16_M	Referência	3	684,9	228,4
FRC17_M	Referência	13	4812,2	369,3
FRC18_M	Referência	5,5	2193,1	396,3
FRC19_M	Intermediária	6,7	996,3	148,7
FRC20_M	Intermediária	8,9	36217,3	4050
FRC21_M	Intermediária	4,8	503,4	105,4
RC01_GA	Impactada	19,6	2468,7	126,2
RC02_GA	Impactada	3,6	2057,2	571,9
RC03_M	Impactada	6	5678	944
RC04_M	Impactada	15,4	1951,2	126,5

\* IA tem grandeza adimensional

A hipótese de que o índice autotrófico aumenta com o impacto foi testada e a análise de covariância mostrou que o índice autotrófico aumentou com o grau de impacto ( $p=0,023$ ) e não com a altitude ( $p=0,245$ ) (Apêndice 2) (fig. 72).

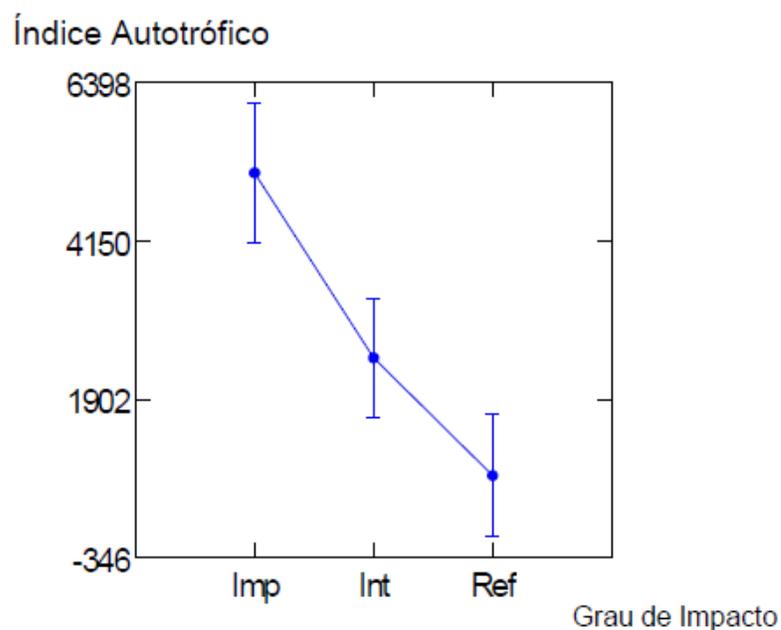


Figura 72: Gráfico do resultado da análise de covariância - Índice Autotrófico e Grau de Impacto como Fator Fixo

Os resultados obtidos com o Escalonamento Multidimensional da macrofauna em 23 cursos d'água estudados pelo LERC (fig. 73). Os pontos FRC\_16 e FRC\_17 não foram considerados na análise, pois apresentavam apenas uma espécie de girino.

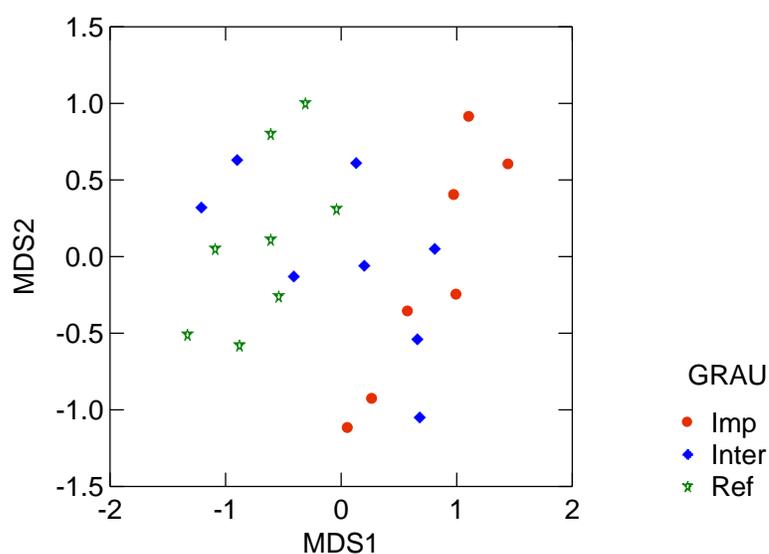


Figura 73: Escalonamento Multidimensional da macrofauna

## 5.5 Dados Bióticos relativos ao Perifíton e à Macrofauna – Análise e Discussão dos Resultados

### 5.5.1 Perifíton

A amostragem de perifíton foi realizada somente nos 25 sítios analisados pelo LERC. Os resultados de matéria orgânica sem cinzas (AFDM - *Ash free dry mass* ou MO – matéria orgânica) e da seca total (DM – *dry mass*) do perifíton foram quantificadas através da queima do produto proveniente da filtragem do material coletado para análise de perifíton e estão dispostos na ilustração a seguir (fig. 74, A e B).

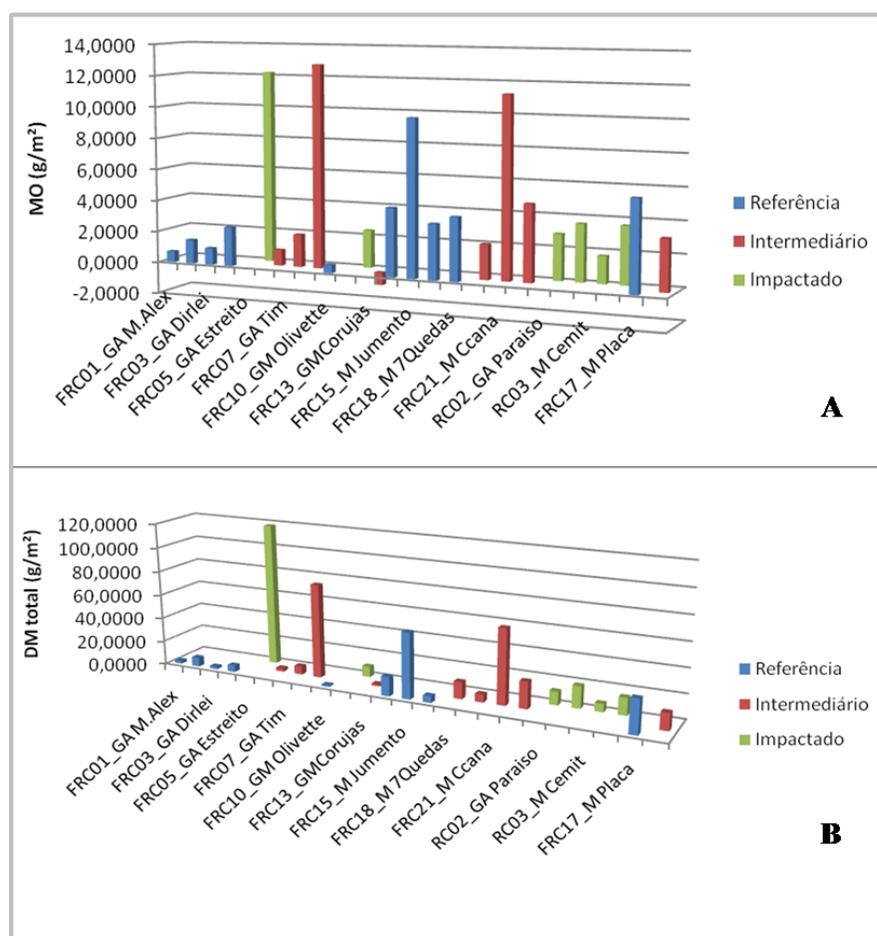


Figura 74: Valores de matéria orgânica (MO ou AFDM) e massa seca total (DM) do perifíton nos sítios amostrados

Percebeu-se que os sítios de referência apresentaram valores mais baixos de MO, variando de 0,50 g/m<sup>2</sup> (FRC10\_GM) a 9,85 g/mg<sup>2</sup> (FRC15\_M), e os intermediários apresentaram os valores mais altos nos pontos FRC08\_GA (12,84 g/mg<sup>2</sup>) e FRC21\_M (11,34 g/mg<sup>2</sup>). De uma forma geral, os sítios impactados foram os que apresentaram valores menores, exceto pelo 12,19 g/mg<sup>2</sup> medido no ponto FRC05\_GA. Para o parâmetro massa seca total, os maiores valores detectados, acompanharam a tendência apontada na análise da matéria orgânica dos intermediários, apresentarem os maiores valores, seguidos pelos de referência e impactados, incluso o alto valor em FRC05\_GA, conforme apresentado na figura 74 B.

Os valores de IA obtidos variam por classe, definidas *a priori*, de acordo com as faixas descritas na tabela 47, na qual os maiores valores individuais estão nas classes: impactada (FRC04\_GA) e intermediária (FRC20\_M). O sítio FRC04\_GA (Duas Barras), riacho de 3<sup>a</sup> ordem, apresentava um leito composto principalmente por areia e sedimentos finos, com poucas pedras ou substratos mais duros, no qual fosse possível amostragem de perifíton. Entretanto, apresentou o terceiro valor mais alto de matéria orgânica sem cinzas (12,19 g/m<sup>2</sup>) e como o valor medido para Cl não foi muito alto, o valor final de IA foi elevado.

Tabela 47 – Valores de IA distribuídos em faixas

<b>Classe</b>	<b>Faixas de IA</b>
Impactada	1604,3 a 69,8
Intermediária	4050 a 105,4
Referencia	871,8 a 107,8

O teste da hipótese que o IA aumentou de acordo com o grau de impacto demonstrou a importância da adoção deste parâmetro em análises de impacto ambiental nos córregos dessa região. O resultado obtido em RC02\_GA (Paraíso) foi fora do padrão por apresentar baixo índice autotrófico, não pela baixa quantidade de matéria orgânica, mas sim pelo alto estoque de algas. Este ponto encontra-se próximo à agricultura e deve ter muita influência de fertilizantes. Cabe ressaltar também que a análise do perifíton foi feita com bastante cautela, pois este sofre forte influência em micro escala (Allan, 2004), ou seja, alguma característica peculiar do local pode interferir diretamente na amostragem trazendo problemas de interpretação.

Este fato foi muito evidente no ponto FRC11\_GM (Klabin) para o qual foi necessário separar em dois tipos de amostras: Klabin com baixo índice autotrófico (devido à correnteza) e Klabin lodo com alto índice autotrófico.

A partir da análise dos dados obtidos, seguindo metodologia de Baptista *et al.* (2007), verificou-se que a utilização do IA do perifíton como índice multidimensional de avaliação rápida de riachos não é recomendável devido há grande proximidade dos quartis de tratamento impactado com o tratamento referência (fig. 75).

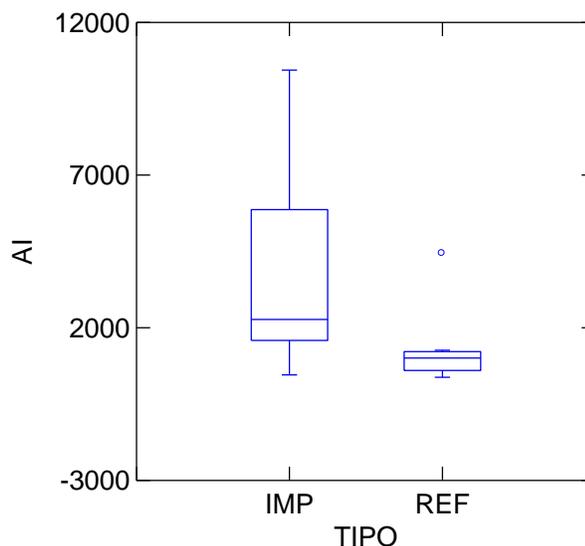


Figura 75: Representação da análise *Box-plot* do perifíton.

Silva (2009), em seu estudo, indicou que a razão de isótopos estáveis de nitrogênio ( $\delta^{15}\text{N}$ ) do perifíton constitui-se em um bom indicador para verificar a adição de esgoto sem tratamento e de fertilizantes animais em ecossistemas dulcícolas. Isto porque, segundo o autor, o perifíton possui uma grande sensibilidade à dinâmica da paisagem no entorno do sítio estudado, um sistema de amostragem simples, ágil e com ampla aplicação, e também por apresentar constituição (matriz heterogênea de algas, bactérias e detritos), que favorece a assimilação de nitrogênio oriundo de diversas fontes antropogênicas. Já existem alguns estudos em que o monitoramento de  $\delta^{15}\text{N}$  é utilizado para recuperação ambiental de um sistema hídrico, como o realizado por Constanzo *et al.* (2005) e Silva (2009), em que identificam o efeito de tratamento de esgotos e sua recuperação acompanhando o declínio de  $\delta^{15}\text{N}$  de algas.

### 5.5.2 Macrofauna

A amostragem de macrofauna também foi realizada nos 25 sítios estudados pelo LERC onde foram encontrados 380 peixes, 15 girinos, 15 caranguejos e 90 camarões (duas espécies: *Macrobrachium olfersi* e *M. potiuna*).

Utilizou-se a abundância da macrofauna para procurar diferenças entre córregos classificados nos diferentes graus de impacto, como disposto na figura 76, na qual está representada a distribuição das famílias peixes por sub-bacias.

Foram encontrados mais exemplares da família Poeciliidae em rios impactados (RC04\_M, FRC13\_GM e FRC11\_GM) das sub-bacias dos rios Guapimirim e Macacu, principalmente da espécie *Phalloceros caudimaculatus*. Na sub-bacia do Guapiaçu a família mais representativa foi a Loricariidae, tanto para pontos impactados como para intermediários. Nos sítios de referência, os espécimes mais encontrados foram os da família Characidae e da ordem Siluriformes (Heptapteridae e Trichomycteridae) nas três sub-bacias estudadas. Moulton *et al.* (2007) indicaram a presença de espécies do gênero *Characidium* também em áreas pouco impactadas.

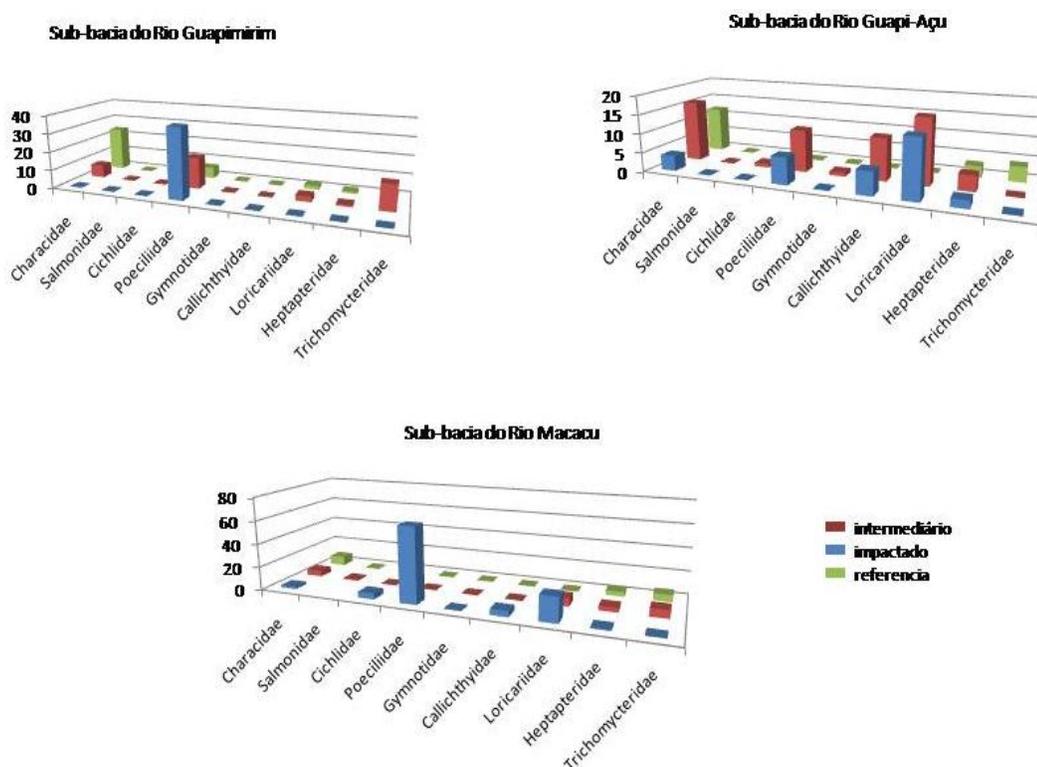


Figura 76: Distribuição das famílias de peixes amostradas na BHGM por sub-bacias

A primeira dimensão do escalonamento multidimensional realizado para os 23 córregos mostrou clara separação em dois grupos distintos, os de referência, dispostos mais à esquerda do gráfico, e os impactados, agrupados na porção direita. Os pontos intermediários ficaram distribuídos pelo gráfico (figura 73). A análise de variância realizada mostrou que essa configuração foi significativamente relacionada com a altitude ( $p= 0,002$ ) e com o grau de impacto ( $p= 0,094$ ) (Apêndice 3). Cabe destacar que os sítios FRC17\_M e FRC16\_M foram retirados desta análise, pois ambos apresentavam somente um exemplar de girino.

Os resultados apresentados foram utilizados também no desenvolvimento da dissertação de Lima (2009).

## **5.6 Macroinvertebrados – Resultados**

Os exemplares coletados pelo LAPSA estavam distribuídos em 11 ordens, pertencentes filo Arthropoda, Sub-filo Hexapoda, Classe Insecta e exemplares filo – Mollusca, Sub-filo Crustacea, Classe Malacostraea, Ordem Decapoda. As ordens mais representativas, isto é, as que apresentaram mais famílias levantadas foram Trichoptera e Coleoptera, conforme apresentado na tabela 48, disposta a seguir.

Tabela 48 – Ordens e famílias dos macroinvertebrados amostrados

<b>Ordem ou Classe</b>	<b>Família</b>
EPHEMEROPTERA	Baetidae
EPHEMEROPTERA	Caenidae
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae
ODONATA	Aeshinidae
ODONATA	Calopterygidae
ODONATA	Coenagrionidae
ODONATA	Cordullidae
ODONATA	Gomphidae
ODONATA	Libellulidae
ODONATA	Megapodagrionidae
ODONATA	Perilestidae
PLECOPTERA	Grypopterygidae
PLECOPTERA	Perlidae
HEMIPTERA	Belastomatidae
HEMIPTERA	Corixidae
HEMIPTERA	Gerridae
HEMIPTERA	Hebridae
HEMIPTERA	Helotrephidae
HEMIPTERA	Naucoridae
HEMIPTERA	Pleidae
HEMIPTERA	Vellidae
MEGALOPTERA	Corydalidae
TRICHOPTERA	Calamoceratidae
TRICHOPTERA	Hydrobiosidae
TRICHOPTERA	Helicopsychidae
TRICHOPTERA	Hydroptilidae
TRICHOPTERA	Leptoceridae
TRICHOPTERA	Odontoceridae
TRICHOPTERA	Odontoceridae
TRICHOPTERA	Philopotamidae
TRICHOPTERA	Polycentropodidae
TRICHOPTERA	Sericostomatidae
TRICHOPTERA	Glossosomatidae
LEPIDOPTERA	Pyralidae
COLEOPTERA	Curculionidae
COLEOPTERA	Hydrophilidae
COLEOPTERA	Dytiscidae
COLEOPTERA	Dryopidae
COLEOPTERA	Elmidae
COLEOPTERA	Gyrinidae
COLEOPTERA	Hydrophilidae
COLEOPTERA	Lutrochidae
COLEOPTERA	Psephenidae

COLEOPTERA	Scirtidae
COLEOPTERA	Staphilinidae
DIPTERA	Blephariceridae
DIPTERA	Ceratopogonidae
DIPTERA	Chironomidae
DIPTERA	Dixidae
DIPTERA	Ephrydidae
DIPTERA	Empididae
DIPTERA	Psychodidae
DIPTERA	Simulidae
DIPTERA	Stratiomyidae
DIPTERA	Syrphidae
DIPTERA	Tipulidae
DECAPODA	Trichodactylidae
DECAPODA	Atydae / Palaemonidae
BLATTODEA	Blattidae
GASTROPODA	Pilidae
GASTROPODA	Thiaridae
GASTROPODA	Physidae

Os resultados obtidos sobre a riqueza de macroinvertebrados amostrados na BHGM e diversidade de Shannon estão dispostos na tabela 49.

Tabela 49 – Riqueza e Diversidade Shannon de Macroinvertebrados amostrados

Código	Riqueza de macroinvertebrados	Diversidade de Shannon de macroinvertebrados
FRC01_GA	50	3,18
FRC02_GA	48	3,2
FRC03_GA	35	2,73
FRC04_GA	22	2,24
FRC05_GA	22	2,29
FRC06_GA	37	2,94
FRC07_GA	25	2,21
FRC08_GA	22	2,55
FRC09_GM	43	2,7
FRC10_GM	37	2,67
FRC11_GM	10	0,5
FRC12_GM	16	1,32
FRC13_GM	17	1,68
FRC14_M	49	3,08
FRC15_M	40	2,84
FRC16_M	39	2,83
FRC17_M	32	2,09
FRC18_M	33	2,48
FRC19_M	24	2,57
FRC21_M	40	2,85
FRC20_M	34	1,75
F01_GA	29	2,76
F02_GM	37	2,91
F03_GM	36	2,57
F04_GM	37	2,91
F05_M	26	0,16
F06_M	14	1,84
F07_M	29	1,99
F08_M	11	0,54
F09_M	14	2,18
F10_M	30	1,6
F11_M	4	0,35
F12_M	25	1,85

Os resultados obtidos a partir da análise discriminante realizada para verificar se um conjunto de variáveis medidas teria a capacidade de discriminar os grupos de impacto classificados *a priori*, estão dispostos na tabela 50.

Tabela 50 - Resultado das classificações com funções canônicas (aplicado *Jackknife* – Fonte: Oliveira, R.B.S., 2009).

	<b>Impactado</b>	<b>Intermediário</b>	<b>Referência</b>	<b>% correto</b>
<b>Impactado</b>	2	2	0	50
<b>Intermediário</b>	2	3	1	50
<b>Referência</b>	0	1	7	88
<b>Total</b>	4	6	8	67

### 5.7 Macroinvertebrados – Análise e Discussão dos Resultados

A partir dos dados de composição das comunidades de macroinvertebrados amostradas, foi analisada a estrutura das comunidades em relação à abundância total, riqueza de táxons e diversidade de Shannon. Os dados resultantes da análise de similaridade (ANOSIM) realizada com as abundâncias dos macroinvertebrados nos 33 sítios amostrados pelo LAPSA, classificados *a priori* em três classes de impacto, apontou, segundo Oliveira, R.B.S. (2009), uma grande distância entre a classe referência e a impactada ( $R=0,6179$ ), demonstrando assim que a fauna é realmente diferente em composição e estrutura nessas duas classes.

A autora indica também que a classe intermediária estava mais distanciada da classe de referência do que da impactada, evidenciando que a fauna já se encontra fortemente alterada pelos impactos. Os valores de “p” representam a probabilidade dos grupos não serem diferentes, com  $\alpha=0,95$  e os valores de “p” menores que 0,05 são considerados significativos e os resultados estão dispostos na tabela 51.

Tabela 51 - Valores de R da ANOSIM realizada (entre parênteses estão os valores de p do teste de significância do R). Fonte: Oliveira, R.B.S. (2009).

	Referência	Intermediária
Referência		
Intermediária	0.4469 (p=0.006)	
Impactada	0.6179 (p<0.001)	0.2291 (p=0.0482)

Os valores obtidos referentes à diversidade de Shannon de macroinvertebrados indicaram uma variação para os sítios de referência de 3,097 a 1,898, para os intermediários de 2,944 a 1,618 e para classe impactada de 2,351 a 0,472, conforme apresentado na figura abaixo (fig. 77). De uma forma geral, a diversidade maior foi detectada nos sítios de referência e a menor nos impactados.

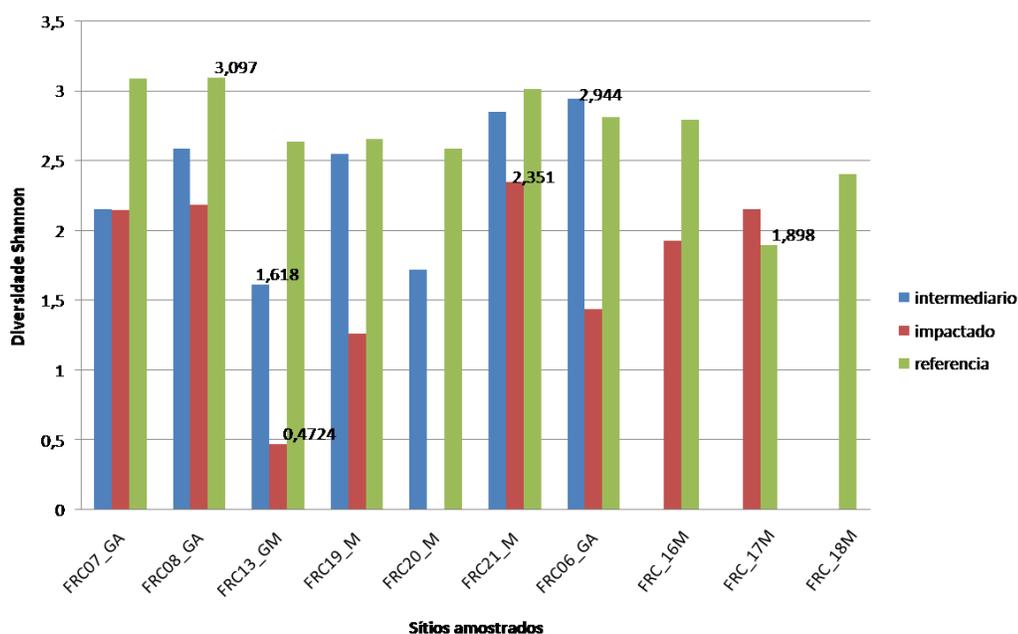


Figura 77: Valores de diversidade de macroinvertebrados

Os resultados obtidos da análise discriminante indicaram que somente para a classe referência esta capacidade foi bem definida, conforme descrito na tabela 50 e representado na figura 78. Para as outras duas classes apresentou 50% de acerto. Este fato pode ser explicado por parâmetros medidos, que apresentaram valores semelhantes para as duas classes.

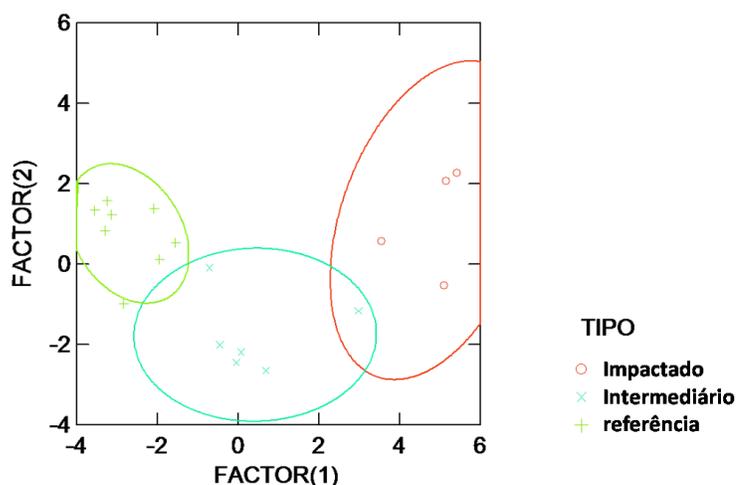


Figura 78: Gráfico mostrando a separação entre os pontos amostrais de acordo com o tipo de impacto (análise discriminante)

Cabe destacar que somente a utilização dos índices de riqueza e diversidade para análise biológica são frágeis, sendo necessária a integração de dados num índice mais robusto como o multimétrico apresentado por Oliveira, R.B.S. (2009), que foi capaz de diferenciar os gradientes de impacto.

### 5.8 Uso da terra e cobertura vegetal *versus* variáveis ambientais - Resultados

De acordo a metodologia adotada na presente tese, a análise de correlação canônica foi utilizada para avaliar a resposta que as variáveis ambientais apresentavam em relação ao uso da terra e cobertura vegetal, isolada e/ou conjuntamente, e a viabilidade de sua utilização para elaboração de índices / indicadores de qualidade ambiental.

Na tabela 52, estão dispostas as correlações esperadas de acordo com o modelo conceitual adotado e das hipóteses levantadas na presente tese para ao uso da terra e cobertura vegetal em contraste às variáveis ambientais. Na figura 79, estão representados os valores de análise encontrados.

Para a presente análise foi adotado a sigla UTCV para o tema uso da terra e cobertura vegetal elaborado pela EMBRAPA Solos, conforme disposto no Capítulo 2.

Tabela 52 - Correlações esperadas para análise UTCV x variáveis ambientais

UTCV X Variáveis ambientais	Correlações esperadas	
	Positiva	Negativa
UTCV x Água	Coliformes fecais e pastagem e coliformes fecais e área urbana	Temperatura e vegetação natural; nutrientes e vegetação natural; e coliformes fecais e vegetação natural
UTCV x Canal	Vegetação natural (vegetação estágio avançado e médio de sucessão natural)	Atividades agropastoris / área urbana
Canal x Água		Cobertura vegetal e temperatura da água; e cobertura vegetal e TDS
UTCV x Transporte de sedimentos	Atividades agropastoris e a quantidade de FPOM	
Canal x Transporte de sedimentos		Cobertura vegetal e FPOM

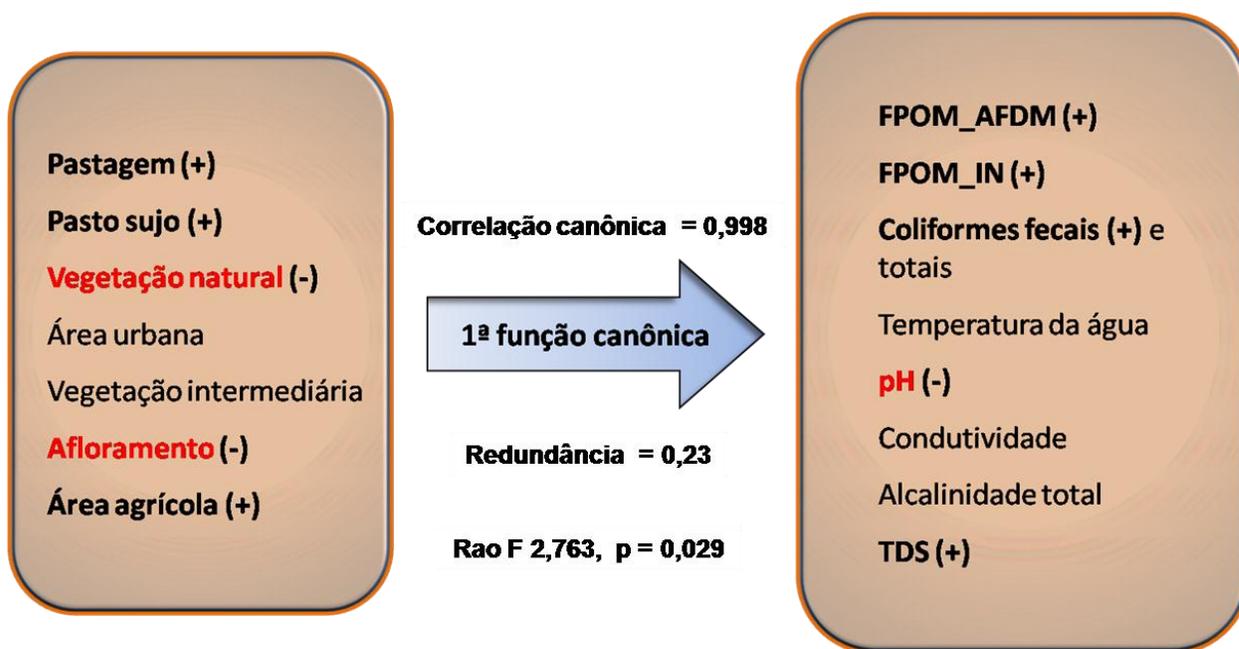


Figura 79: Cálculo das correlações canônicas entre as matrizes analisadas com indicação dos padrões de variabilidade conjunta entre as variáveis em questão

## 5.9 Uso da terra e cobertura vegetal *versus* variáveis ambientais – Análise e Discussão de Resultados

Com relação aos resultados obtidos na análise de correlação canônica para o UTCV *versus* Água, foram detectadas relações positivas entre coliformes fecais e pastagem e coliformes fecais e área urbana, conforme esperado, e também outras relações positivas entre TDS e pastagem e área urbana, pH e pastagem, e vegetação natural e OD que não foram identificadas na modelagem conceitual realizada.

Para a análise do UTCV e canal, os resultados obtidos indicaram relação positiva entre cobertura vegetal com pastagem e com vegetação em estágio inicial de sucessão natural, e negativa com vegetação em estágios médio e avançado de sucessão natural. Ambos os resultados foram contrário ao esperado, sendo o último contrário também as expectativas teóricas. Acredita-se que a diferença entre as escalas de obtenção da informação, a do canal obtida diretamente no campo e a de uso da terra e cobertura vegetal obtida a partir de um mapeamento realizado na escala cartográfica de 1:50000, seja um dos fatores que comprometerão o resultado obtido.

Em UTCV *versus* transporte de sedimentos foi percebido, ao contrário do que se esperava, uma correlação negativa entre FPOM com pastagem, pasto sujo e área agrícola, e uma relação positiva entre FPOM e vegetação natural, que também não era esperada.

Para canal e transporte de sedimento, a cobertura vegetal não foi um componente importante para a estrutura de correlações da análise. O que se encontrou de significativo foi a relação negativa entre FPOM e a velocidade da corrente, indicando que quanto maior a velocidade da água, menor a quantidade de matéria particulada em transporte.

Os resultados obtidos refutaram todas as hipóteses postuladas. Uma das explicações possíveis para as correlações inesperadas pode ser devido a problemas de distribuição espacial das categorias de uso e ocupação do solo, da escala espacial adotada e da influência da altitude nas características dos pontos amostrais.

No primeiro caso, fica a sugestão de testar correlações entre variáveis do canal e água com o UTCV somente para a área referente à faixa ripária em diferentes intervalos. Estaria associada também a este fator a problemática da escala cartográfica, juntamente com a escala espacial, pois o fato de se estar trabalhando em uma escala de 1:50000 (indicada para análise

regional) pode ter influenciando os resultados devido às variáveis ambientais serem obtidas localmente.

A escala espacial adotada é compatível á imagem utilizada para classificação do UTCV pela EMBRAPA Solos cujo grão foi *píxel* de 30 X 30 metros. Assim, para dirimir possíveis dúvidas seria indicado fazer também algumas análises na escala 1:10000, possivelmente mais adequada a um estudo com nível de detalhamento entre o regional e o local.

Outra fonte de variabilidade que pode gerar resultados inesperados é a grande heterogeneidade espacial das bacias. Esta situação não é incomum em estudos em que é amostrado grande número de variáveis.

### 5.10 Índices propostos - Resultados

Na tabela 53, estão dispostos os valores de IAV, de riqueza total e de diversidade (índice de Shannon) de *taxa* de macroinvertebrados bentônicos amostrados e a classe resultante da aplicação do Índice Biótico Estendido (IBE-IOC) da BHGM. O IBE-IOC foi aplicado com intuito de verificar a integridade ecológica dos rios estudados, a partir da metodologia proposta por Mugnai *et al.* (2008) descrita no Capítulo 2. A tabela 53 apresenta o cálculo do índice e a figura 80, a sua espacialização.

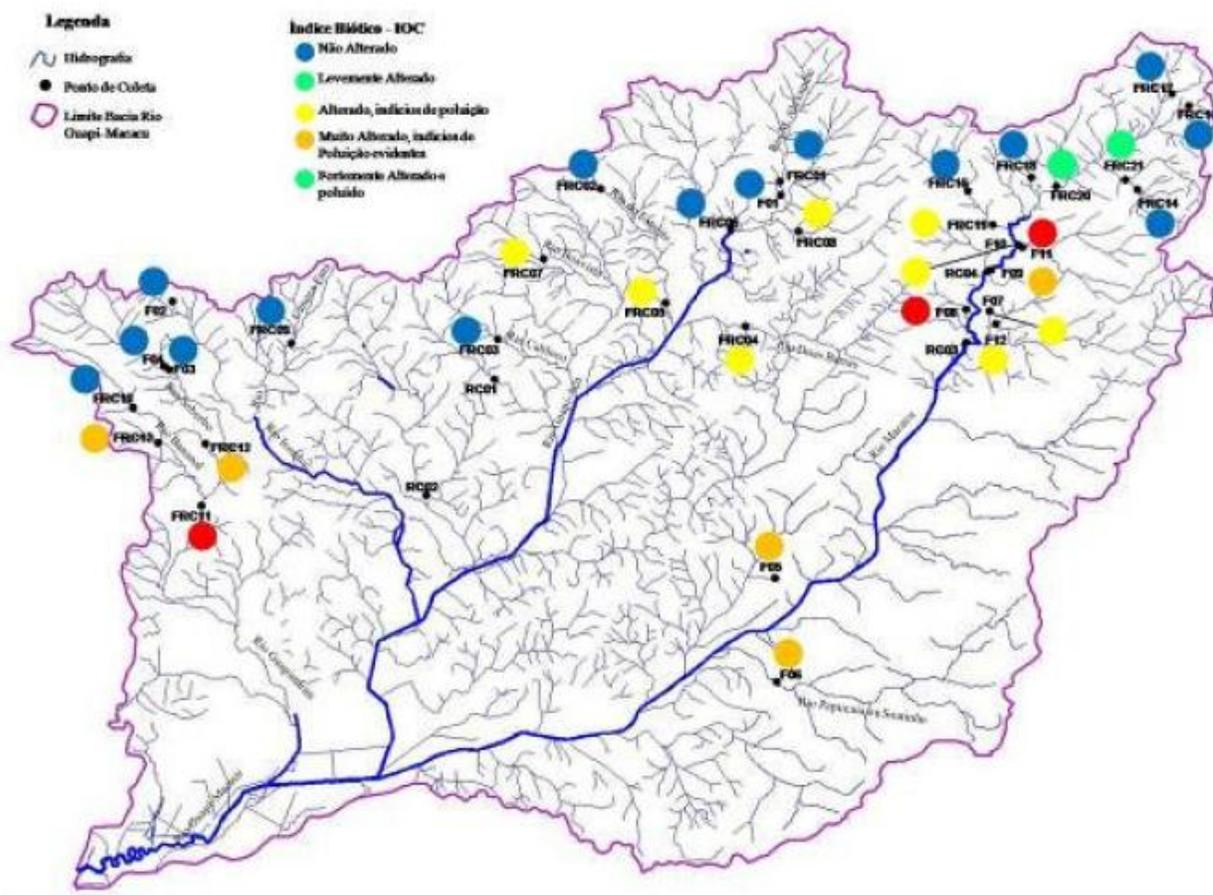


Figura 80: Índice Biótico Estendido (IBE-IOC) para BHGM

Tabela 53 – Comparação entre classes de IAV e IBE-IOC

<b>Código</b>	<b>Riqueza de Macroinvertebrados</b>	<b>Diversidade de Shannon de Macroinvertebrados</b>	<b>IAV</b>	<b>IBE / IOC</b>
FRC01_GA	50	3,18	16,6 / Ótima	Classe I
FRC02_GA	48	3,2	19,2 / Ótima	Classe I
FRC03_GA	35	2,73	18,3 / Ótima	Classe I
FRC04_GA	22	2,24	3,8 / Ruim	Classe III
FRC05_GA	22	2,29	1,4 / Ruim	Classe III
FRC06_GA	37	2,94	16 / Ótima	Classe I
FRC07_GA	25	2,21	14 / Boa	Classe II
FRC08_GA	22	2,55	13,2 / Boa	Classe III
FRC09_GM	43	2,7	19,4 / Ótima	Classe I
FRC10_GM	37	2,67	19,4 / Ótima	Classe I
FRC11_GM	10	0,5	3,8 / Ruim	Classe V
FRC12_GM	16	1,32	1,4 / Ruim	Classe V
FRC13_GM	17	1,68	12,5 / Boa	Classe IV
FRC14_M	49	3,08	19,6 / Ótima	Classe I
FRC15_M	40	2,84	19 / Ótima	Classe I
FRC16_M	39	2,83	19,4 / Ótima	Classe I
FRC17_M	32	2,09	19 / Ótima	Classe I
FRC18_M	33	2,48	17 / Ótima	Classe I
FRC19_M	24	2,57	12,3 / Boa	Classe III
FRC20_M	34	1,75	12,1 / Boa	Classe II
FRC21_M	40	2,85	12,9 / Boa	Classe II
F01_GA	29	2,76	19,6 / Ótima	Classe I
F02_GM	37	2,91	20 / Ótima	Classe I
F03_GM	36	2,57	19,6 / Ótima	Classe I
F04_GM	37	2,91	19,1 / Ótima	Classe I
F05_M	26	0,16	4,9 / Ruim	Classe III

F06_M	14	1,84	3,8 / Ruim	Classe IV
F07_M	29	1,99	2,5 / Ruim	Classe III
F08_M	11	0,54	2,1 / Ruim	Classe V
F09_M	14	2,18	4,8 / Ruim	Classe IV
F10_M	30	1,6	5,7 / Regular	Classe III
F11_M	4	0,35	2,4 / Ruim	Classe V
F12_M	25	1,85	5,3 / Regular	Classe III

As métricas selecionadas para o desenvolvimento índice multimétrico físico-químico-bacteriológico (IMFQB), abordado na presente tese, foram: OD (mg/l), IAV (PAV – EPA), Condutividade (uS/cm), TDS, Alcalinidade Total (mg/L Caco<sub>3</sub>), Cobertura areia (%), Coliformes fecais/100 mL (figura 81 e tabela 54).

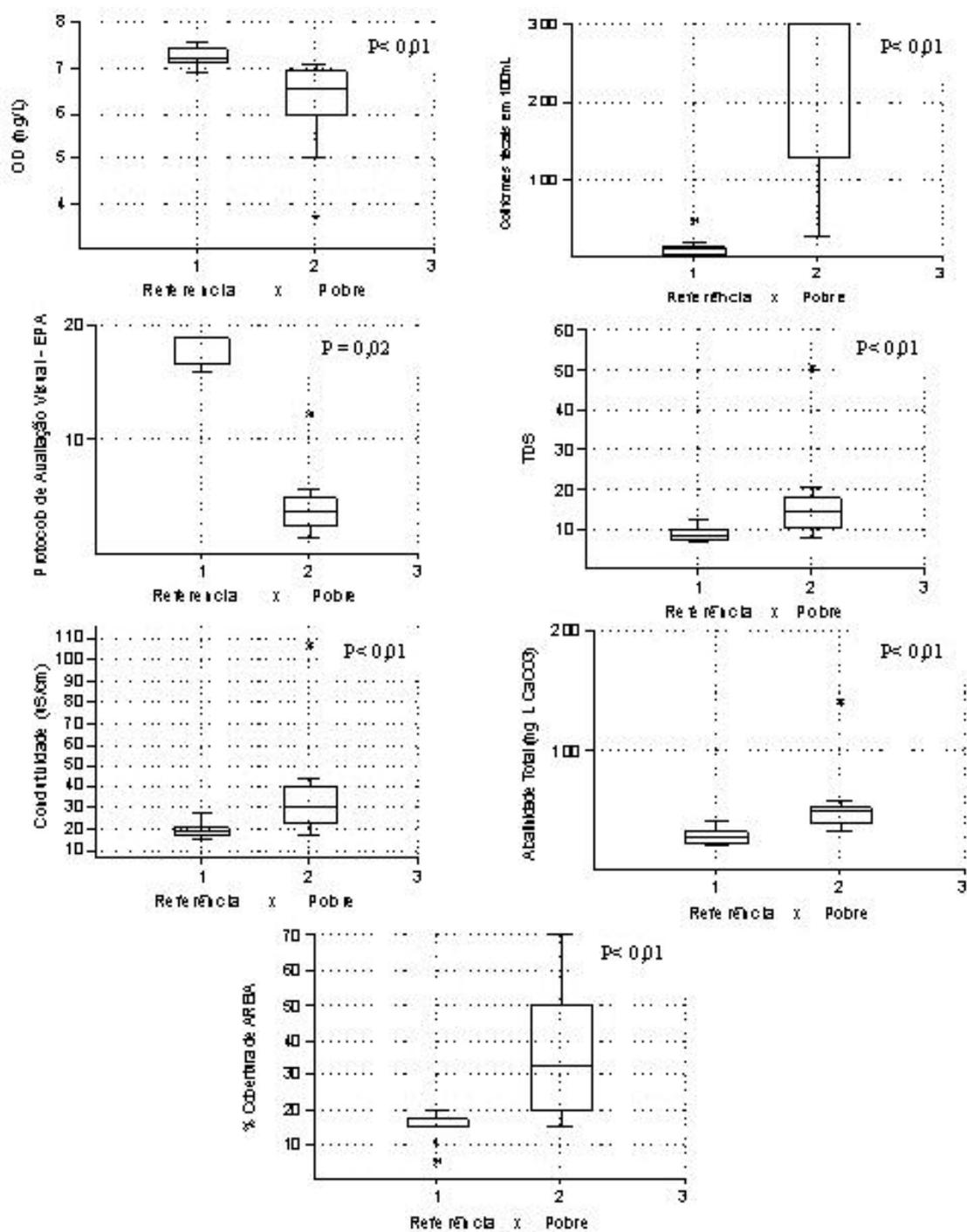


Figura 81: Métricas selecionadas para compor o índice multimétrico baseado em parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos

Tabela 54 - Tabela para cálculo do IMFQB e escores de classificação

Métrica	Estatística					Resposta predita com aumento do impacto	Score		
	Min	25%	50%	75%	Max		5	3	1
OD (mg/l)	6,5	7,07	7,16	7,39	7,58	diminui	>7,0	<=7,0 >=6,5	<6,5
PAV - EPA	15	16	19	19	19	diminui	>16	<=16 >=14	<14
Condut. (uS/cm)	14,98	16,44	18	20,7	27,2	aumenta	<20	>=20 <=28	>28
TDS	6,7	7,3	8,1	9,4	12,5	aumenta	<9,5	>=9,5 <=13	>13
Alc. Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	20,54	20,54	26,7	32,86	41	aumenta	<33	>=33 <=41	>41
Cobertura areia (%)	5	15	15	15	20	aumenta	<15	>=15 <=20	>20
Coliformes fecais/100 mL	0	2	8	12	45	aumenta	<12	>=12 <=45	>45

Pontuação (Soma dos escores)	Classificação	Cor
7 – 12	Muito Ruim	Vermelho
13 – 18	Ruim	Laranja
19 – 24	Regular	Amarelo
25 - 30	Bom	Verde
31 - 35	Excelente	Azul

### 5.11 Índices propostos – Análise e Discussão dos Resultados

Verifica-se na tabela 53 uma congruência entre os valores das classes ótima do IAV e Classe I do IBE/IOC para os mesmos sítios amostrados, sendo estes em sua maioria identificados *a priori* como pontos de referência.

O IBE-IOC da BHMC indica a classe da qualidade da água, de acordo com a comunidade de macroinvertebrados presente no rio. A comparação desse resultado com os valores do IAV mostra uma forte correlação entre degradação do hábitat e deterioração da comunidade bentônica. No entanto, a congruência dos dois resultados não ocorre em todos os pontos, indicando que os organismos não estão respondendo somente ao hábitat do entorno, mas respondem também às mudanças nos parâmetros físico-químicos da água. As dimensões paisagística, química da água e

química da biota devem ser consideradas e observadas conjuntamente para avaliação completa da integridade ecológica do corpo hídrico.

É importante salientar que o índice IMFQB deve ser utilizado como ferramenta complementar à avaliação biológica, uma vez que a sua utilização isolada pode levar a erros de interpretação. Além disso, sua aplicação é restrita à área para a qual ele foi desenvolvido, uma vez que é altamente dependente das características geomorfológicas, altimétricas e pedológicas da área teste, independente de sua relação com o uso e cobertura.

Os valores deste índice para alguns sítios de referencia foram comparados com os valores do protocolo de avaliação visual e do IBE-IOC obtidos para mesmas as áreas (tabela 55).

Tabela 55 – Demonstrativo da comparação do Índice Multimétrico Físico-Químico-Bacteriológico com IAV e IBE-IOC em cinco sítios de referência

<b>Código</b>	<b>IAV</b>	<b>IM F-Q B</b>	<b>IBE-IOC</b>
FRC01_GA	16,6 / Ótima	Excelente	Bom
FRC06_GA	16 / Ótima	Excelente	Excelente
FRC14_M	19,6 / Ótima	Excelente	Excelente
F02_GM	20 / Ótima	Excelente	Excelente
F04_GM	19,1 / Ótima	Bom	Excelente

Esta comparação indicou que os valores dos índices coincidem em sua maioria (FRC06\_GA, FRC14\_M e F02\_GM) com o disposto na tabela 55 e na figura 82.

O IMFQB pode representar também uma ferramenta importante para avaliação ecológica dos rios da bacia como o IBE-IOC. O uso de índices multimétricos é bastante interessante para direcionar os esforços das medições, bem como para avaliar diversas dimensões em que o ecossistema pode ser afetado, tornando possível a qualificação do impacto. Para isso, é necessário dar atenção não só para o valor final do índice, mas também para os valores individuais das métricas.

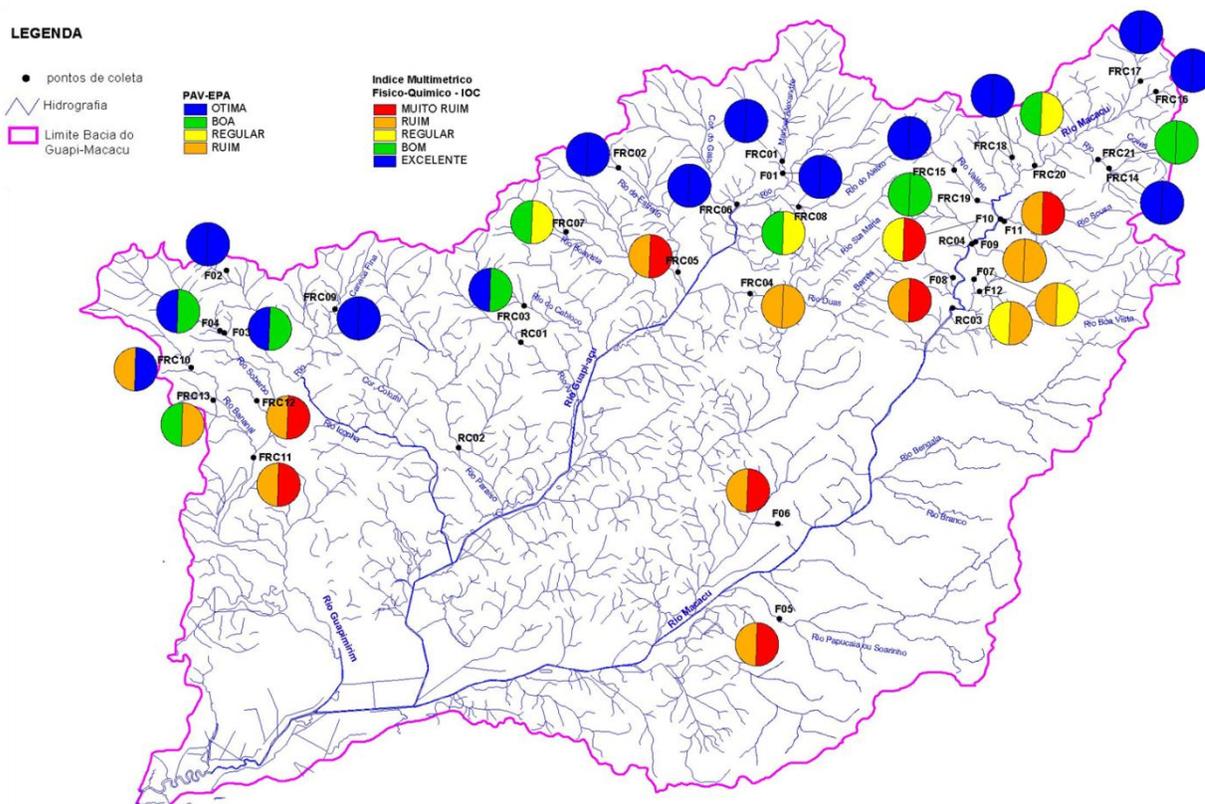


Figura 82: Comparação dos índices IAV e IMFQB na BHGM

Para a caracterização da qualidade da água nesta bacia, foi necessário que se avaliasse os índices obtidos em conjunto. Na figura 83, é apresentada a comparação espacial dos três índices. Note que existe uma confirmação nos resultados, dos três índices para a maioria dos pontos de referência e em, pelo menos, dois índices para quase todos os sítios intermediários e impactados. Isto demonstra que as três dimensões – habitat, química e biológica, são sensíveis às condições de integridade ou degradação da mesma forma. O conceito usual é que os sítios intermediários apresentam uma maior variação entre os índices, uma vez que as dimensões percebem de forma diferente cada tipo de distúrbio nestas áreas. Este preceito não foi confirmado pelos estudos realizados, pois somente o ponto FRC08\_GA apresentou os três índices diferentes.

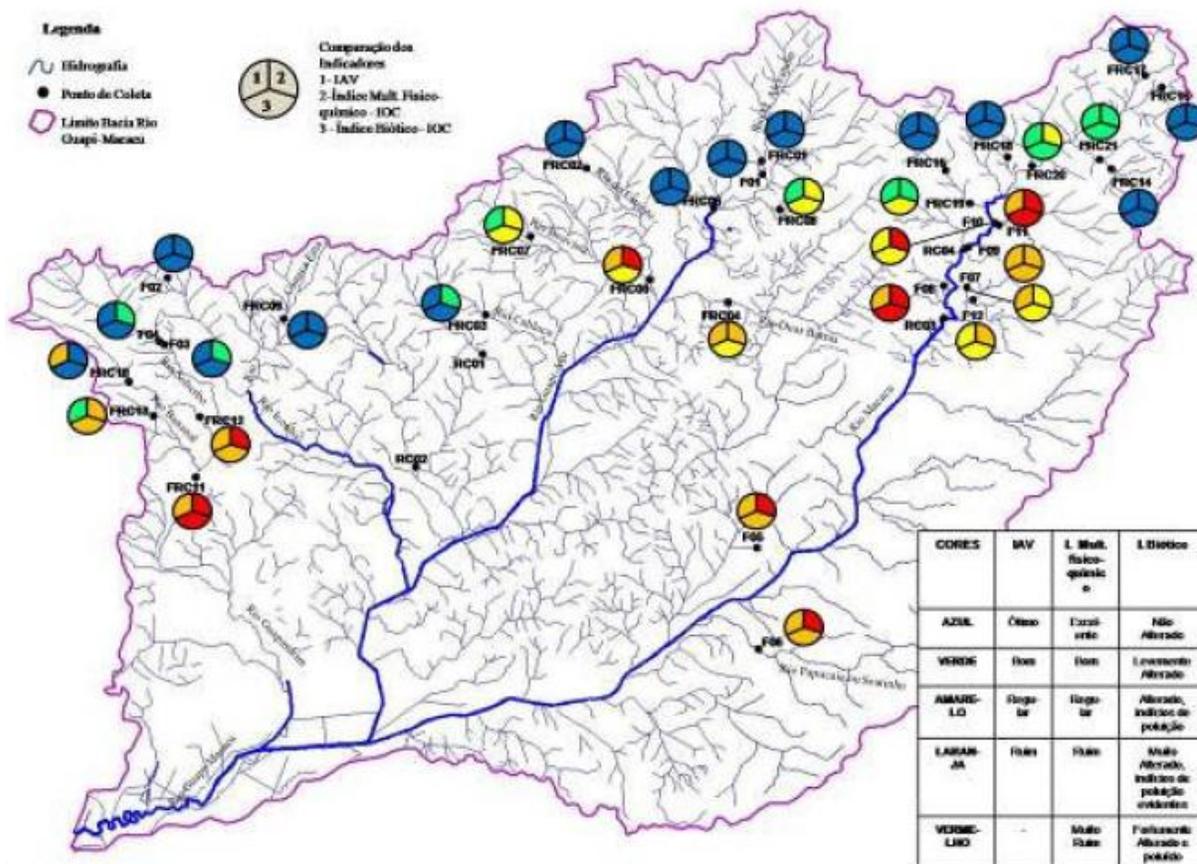


Figura 83: Comparação dos índices IAV (PAV-EPA) multimétrico físico-químico bacteriológico e o IBE-IQC na BHGM

Oliveira, R.B.S. (2009) e Oliveira, R.B.S. *et al.* (2011) propôs um Índice Mutimétrico para a bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu (IMGM) e no teste que realizou em áreas consideradas de impacto intermediário e de referência na bacia verificou uma alta correlação com os valores do IAV, indicando uma grande coerência de classificação dos locais. Cabe destacar que, de acordo com a autora, o IMGGM apresentou maior rigor do que o IAV, classificando normalmente as áreas teste em categorias mais baixas, indicando que a avaliação somente pelo IAV pode superestimar a integridade do local (Oliveira, R.B.S., 2009 e Oliveira, R.B.S. *et al.*, 2011).

## 5.12 Considerações finais

As SBs estudadas têm como principal atividade perturbadora a agropecuária. Embora tenha sido detectado que, em alguns sítios amostrados, existem áreas urbanas significativas como o ponto do Klabin e do Cemitério. Os comprometimentos ambientais oriundos de núcleos urbanos podem causar impactos locais diretos e à jusante do ponto de descarga, e em alguns locais como Guapimirim, empreendimentos industriais certamente aumentam o impacto existente, dependendo da atividade e adequação à legislação.

Em alguns casos, modificações da estrutura do canal como retificação, drenagem e dragagem do leito podem ser comuns, pelo menos em canais de ordem maior que quatro. Este fato foi constatado na bacia, na qual as obras efetuadas pelo DNOS constituem atualmente um problema de ordem ambiental, quando tratamos de questões como vazão ecológica, erosão, recuperação da vegetação nas áreas de preservação permanente, que atuam diretamente na qualidade ecológica da bacia, principalmente na porção média e baixa das sub-bacias estudadas.

Cabe ressaltar que as alterações de canal afetam o padrão de transporte de sedimentos e, em conjunto com a retirada de mata ripária, diminuem a heterogeneidade ambiental e podem aumentar a erosão das margens, contribuindo assim para o aumento da quantidade de sedimentos e resíduos de fertilizantes, pesticidas, dejetos de animais e alteração da proporção entre partículas orgânicas e inorgânicas, além de diminuir a temperatura local e da água (Allan; 1995; Allan *et al.*, 2004).

Os rios da bacia em questão estão sendo afetados por diversos processos relacionados aos usos múltiplos da terra e da água e se faz necessário o estabelecimento de rede de monitoramento desse sistema hidrográfico para acompanhar a evolução destes impactos e para avaliar o efeito de possíveis medidas mitigadoras locais e/ou regionais.

A alteração de remanescentes florestais para classes de uso antrópico resulta, na maioria das vezes, num aumento do assoreamento e de aporte de sedimento nos cursos d'água que impactará diretamente a cadeia trófica existente uma vez que o elemento basal da mesma nas áreas amostradas foi o perifiton.

Apesar de validada a hipótese de que IA aumenta de acordo com o grau de impacto e consequentemente a sua adoção como um dos parâmetros a ser considerado em análises de impacto ambiental nos córregos dessa região. A macrofauna também pode ser considerada como um indicativo de qualidade de corpos hídricos, entretanto é recomendável sua análise seja sempre

integrada com os parâmetros físico-químicos e outros parâmetros bióticos. É importante que outros estudos relativos funcionalidade ecológica sejam desenvolvidos na BHGM de forma a aumentar o poder de conhecimento e análise da saúde de seus rios e córregos através de um conjunto de parâmetros relativos ao metabolismo, a decomposição, ao estoque de massa, a ciclagem de nutrientes e a estrutura trófica deste ecossistema dulcícola.

Assim, o desenvolvimento de ferramentas para a indicação biológica de integridade ecológica de rios é um processo complexo, porém extremamente necessário para um plano de manejo de bacia. As avaliações físicas e químicas dos rios são importantes, no entanto devem ser consideradas como complementares a avaliação biológica.

À luz das análises realizadas na presente tese, foi recomendada a utilização do Protocolo de Avaliação Visual – EPA, modificado pelo LAPSA, como ferramenta de fácil aplicação, para avaliar a integridade física de hábitat de um rio e de sua vegetação ripária, podendo ser usada para monitorar impactos específicos de hábitat ou impactos de caráter mais geral. A adoção de biomonitoramento e de índices multimétricos como IMFQB, adotado nesta tese, e o Índice Multimétrico de Macroinvertebrados do Guapi-Macacu, desenvolvido para a bacia por Oliveira, R.B.S. (2009), e do IBE-IOC para BHGM foram também indicados para utilização em programa de monitoramento da qualidade da água desta bacia, ou a adaptação destas metodologias a outras bacias tropicais de características semelhantes.

Cabe informar que os estudos relacionados à avaliação de impactos devem estar centrados, além do desenvolvimento e aplicação de metodologias e ferramentas exequíveis, no tratamento e divulgação da informação obtida para comunidade científica, bem como para o meio público e privado. As informações disponibilizadas devem comunicar inequivocamente aos interessados a real condição ambiental da área monitorada.

Os resultados de trabalhos como este são essenciais para desenhar estratégias eficazes que permitam recuperar a biodiversidade dos ecossistemas aquáticos. Assim, a incorporação destes métodos e procedimentos testados na presente tese em Planos, Programas e Projetos de Monitoramento, Vigilância e Controle e ambiental do meio aquático em bacias hidrográficas, que proporcionará um conhecimento mais preciso da qualidade ambiental da mesma. Isto permitirá avaliar e caracterizar o estado de saúde ambiental dos ecossistemas aquáticos continuamente, produzindo dados confiáveis que possibilitarão a implantação de medidas adequadas para sua proteção e/ou recuperação, seu monitoramento, e avaliação dos riscos à saúde pública e a

biodiversidade desses ecossistemas, bem como os benefícios alcançados com a adoção dessas medidas.

Para alcançar o panorama aqui apresentado se faz necessário que o poder público legitime a adoção do monitoramento biológico através de instrumento jurídico competente, além de internalizar os procedimentos propostos.

## 6 APLICAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DE PLANEJAMENTO AMBIENTAL DA BHGM

“Um novo pensamento não é, necessariamente, um pensamento superior pelo fato de ser novo, nem é necessariamente pior do que o antigo. Merece que lhe seja dada atenção. Ele precisa de um fórum onde possa ser apresentado, discutido e avaliado”. **Capra & Steindl-Rast (1990)**.

### 6.1 Introdução

Os dados e análises espaciais do presente estudo foram todos estruturados, elaborados e armazenados em uma base de dados espacial em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), composta pelos temas anteriormente abordados e por temas oriundos de levantamento secundário e outras análises espaciais avançadas realizadas no contexto do planejamento ambiental, abordadas neste capítulo.

A estrutura básica do planejamento ambiental da BHGM trabalhado na presente tese está disposta em três eixos básicos: dados ambientais (físicos, físico-químicos, bióticos, legais e socioeconômicos); índices e indicadores ambientais; análise de cenários ambientais e propostas para planejamento.

Nos capítulos anteriores, foram apresentados e discutidos vários parâmetros ambientais utilizados para caracterizar a bacia e entender melhor sua dinâmica ambiental. A partir desses dados e dos outros temas, como indicação de áreas prioritárias para conservação e restauração discutidos neste capítulo, foram estruturados os cenários e prognósticos ambientais da bacia, considerando as seguintes situações: instalação dos novos empreendimentos – Complexo Petroquímico do Estado do Rio de Janeiro (COMPERJ) e Gasoduto Cabiúnas - Duque de Caxias (GasDUC III) – e realização das respectivas medidas (reflorestamento) (cenário 1), e a instalação dos empreendimentos sem realização das medidas compensatórias (cenário 2). Nos cenários serão analisados e discutidos os comprometimentos ambientais positivos e negativos, que poderão ocorrer nestes cenários nos próximos cinco anos.

A elaboração desses prognósticos foi obtida a partir da integração dos dados e informações produzidas e/ou levantadas, da análise da paisagem, da qualidade ambiental da bacia, da relação das unidades de paisagem e da utilização de indicadores ambientais físicos e biológicos.

A análise dos cenários e prognósticos segue a orientação de que para o planejamento ambiental a natureza representa processo e utilidade, apresentando facilidades e limitações para o uso antrópico, e onde a colaboração com a natureza esteja baseada no uso sustentável, na otimização de tendências, na compensação temporal e na conservação de suas estruturas e funcionalidades.

## 6.2 Cenário 1

### 6.2.1 Apresentação do Cenário 1

A composição atual do território na BHGM já considera os grandes empreendimentos da Petrobrás – COMPERJ e GasDUQ III.

O COMPERJ será composto por uma refinaria e unidades geradoras de produtos petroquímicos de 1ª geração como, por exemplo, propeno, butadieno, benzeno, eteno. Dentro do complexo, será encontrado também um conjunto de unidades de 2ª geração petroquímica com produção de estireno, etileno-glicol, polietilenos e polipropileno, entre outros, e uma Central de Produção de Utilidades (CDPU), responsável pelo fornecimento de água, vapor e energia elétrica necessários para a operação de todo o complexo (Petrobrás, 2011). A expectativa é de que este complexo beneficie, inicialmente, 165 mil barris de petróleo diariamente. Está previsto para final de 2014 o pleno funcionamento do complexo.

Este empreendimento visa também atrair empresas de 3ª geração para seu entorno e ao longo do Arco Metropolitano. Estas empresas serão responsáveis por transformar esses produtos petroquímicos de 2ª geração em bens de consumo, tais como, componentes para as indústrias montadoras de automóveis, materiais cirúrgicos e linha branca como eletrodomésticos, dentre outros (Petrobrás, 2011).

Os trâmites normais de licenciamento foram cumpridos. A Licença Prévia (LP) foi dada para o empreendimento como um todo, em março de 2008 (LP nº FE 013990). A Licença Instalação (LI) e Licença Operação (LO) são vinculadas diretamente às obras a serem desenvolvidas, respeitando as indicações da LP. O que foi licenciado diz respeito apenas às atividades intramuros do empreendimento. Existem três condicionantes de licença na LP vinculadas a reflorestamento. A primeira indica reflorestamento de uma área de 2014 ha de faixas marginais de proteção dos rios Caceribu e Macacu, a segunda refere-se a uma área de 2308 ha destinada à criação de uma

Unidade de Conservação e a terceira condicionante seria a implantação de macrocorredores de vegetação. Foi emitida também uma autorização de supressão de vegetação (ASV) em área de APP, na área do COMPERJ, em maio de 2008 (ASV nº 009/2008), que está vinculada com a implantação de 1450 ha de macrocorredores e reflorestamento na área interna do empreendimento, através do cumprimento de um Termo de Compromisso Ambiental.

O Gasduc III foi inaugurado pela Petrobrás em fevereiro de 2010. Trata-se de um empreendimento do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e representa o maior gasoduto em diâmetro na América do Sul – 38 polegadas (equivalente a 96,5 cm) – e entre os gasodutos brasileiros é o com maior capacidade de transporte (40 milhões de m<sup>3</sup>/dia), superando o Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), que tem 32 polegadas (81,3 cm) e capacidade de transportar 30 milhões de m<sup>3</sup>/dia de gás natural.

Este gasoduto aumentou a flexibilidade na oferta e a capacidade de transporte para atender o mercado do Sudeste, região de maior consumo de gás natural do país, permitindo com isso o crescimento da oferta para o mercado não termelétrico e atendimento pleno das usinas Mário Lago (922 MW), Barbosa Lima Sobrinho (394 MW), Leonel Brizola (1.036 MW) e Norte Fluminense (869 MW).

O Arco Rodoviário, outro empreendimento do PAC, também modifica a paisagem da BHGM, conforme apresentado na figura 84 disposta a seguir.

O foco principal deste cenário foram as obras de instalação do COMPERJ e suas condicionantes de licença, medidas compensatórias e mitigadoras em reflorestamento a ser realizado na BHGM. Cabe destacar que as áreas ocupadas por outros reflorestamentos na BHGM deverão ser também considerados, para que não haja conflito no planejamento de tal atividade.

Este empreendimento, na área por ele ocupada na bacia, está quase todo inserido em uma área classificada como frágil segundo o mapa de fragilidade ambiental (fig. 85). Para sua instalação, foi necessário realizar obras de terraplanagem. Com isso, houve uma significativa supressão de vegetação. Para área referente ao polígono do empreendimento, 2372,50 ha foram calculados os valores das classes de uso da terra e cobertura vegetal ali existente para os anos de 2007, 1985 e 2010 (tabela 56).

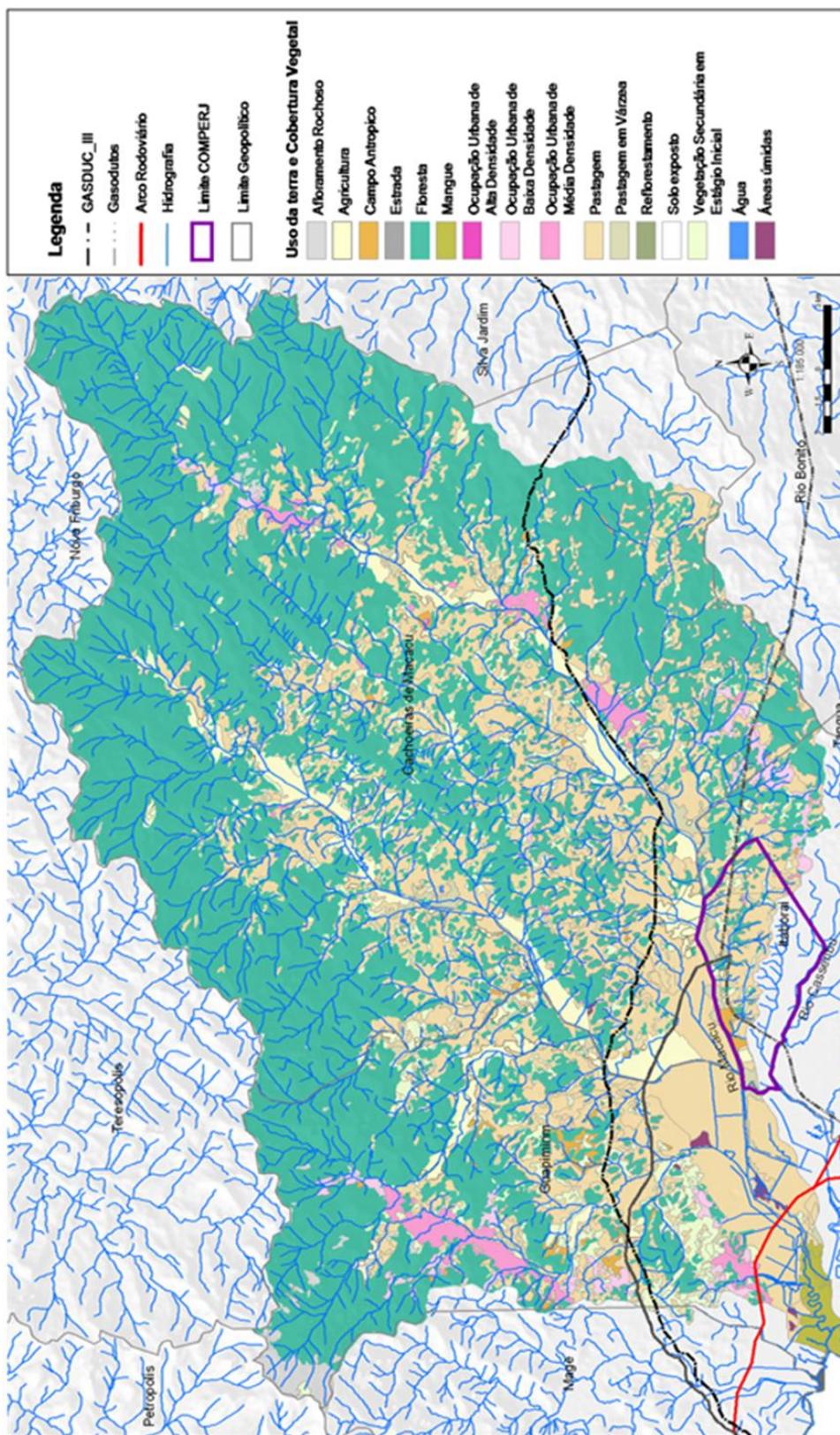


Figura 84: Localização dos principais empreendimentos na BHM;

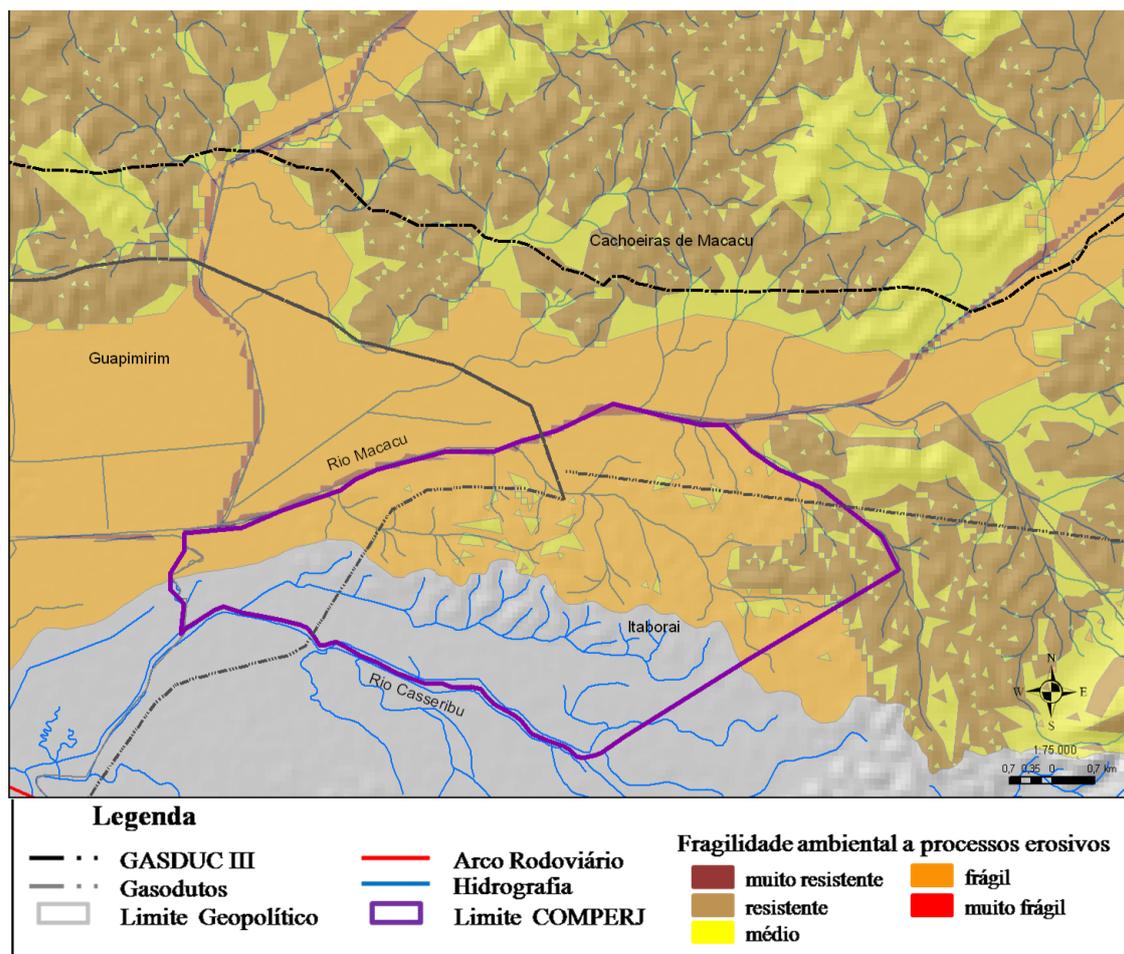


Figura 85: Cartograma de fragilidade ambiental física da área do COMPERJ presente na BHGM

Tabela 56 – Classes de uso da terra e cobertura vegetal da área do COMPERJ - mapeamento temporal

CLASSE	2007 (ha)	1985 (ha)	2010 (ha)
Agricultura	65,25	64,54	47,71
Campo Antrópico	106,59	42,39	197,74
Floresta	327,07	246,85	120,26
Ocup. Urb. de Média Densidade	5,7	5,7	5,7
Pastagem	1328,97	1557,10	608,25
Pastagem de Várzea	264,35	258,54	199,48
Solo exposto	-	-	1146,67
Veg. Sec. Inicial	252,88	171,42	25
Outros	-	26,0	21,7

Segundo informações da SEA (comunicação oral), já está em andamento o projeto de reflorestamento da área interna do empreendimento capitaneada pela EMBRAPA Solos. Como foi citada anteriormente, esta ação não será considerada no desenvolvimento da presente tese. A SEA informou também que além desta área existe a previsão de restaurar/reflorestar 5772 ha vinculados às atividades licenciadas da Petrobrás (referentes ao COMPERJ) nas bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Casseribu, conforme apresentado anteriormente. A atual linha de ação da SEA, para cumprimento destas condicionantes, consiste na indicação das áreas potenciais para realização das obras de restauração e implantação dos corredores ecológicos. O presente estudo contribuiu com estas indicações constituindo assim a composição do Cenário 1, aqui apresentado.

Partindo desse pressuposto, deu-se início à construção do Cenário 1, baseado no cumprimento dos compromissos de restauração pelo empreendimento, das áreas potenciais de restauração ecológica e de indicação de áreas potenciais de coleta de qualidade de água para monitoramento na BHGM. O Cenário 1 consistiu num produto de análise espacial com indicações das áreas potenciais de restauração, atendendo aos preceitos de conectividade de fragmentos (inclusive o fator altimétrico) e funcionalidade ecológica.

Os fragmentos de florestas e mangue mapeados foram considerados como fragmentos florestais para efeito dos estudos de conectividade desenvolvidos no Capítulo 3 da presente tese. Foram considerados nesta análise os dados de conectividade (estrutural e funcional considerando altimetria) do ano de 2010 e comparados com o mapa de áreas prioritárias para restauração (SEA, prelo) (figura 86). Foram mapeados 12911,57 ha de área potencial para restauração ecológica.

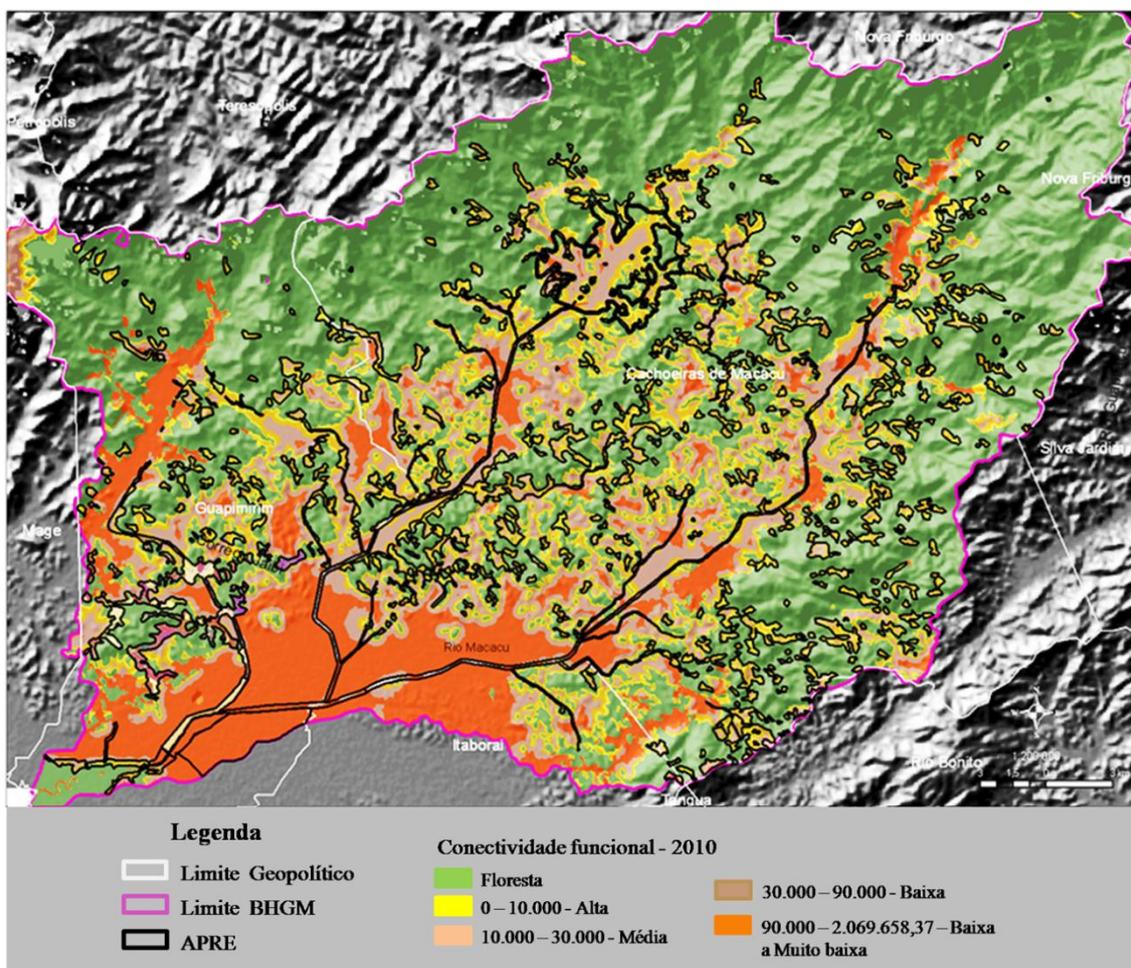


Figura 86: Integração de dados de áreas potenciais para restauração e conectividade funcional produzindo APRE

O resultado desta análise foi comparado com as informações das ortofotos, de forma a verificar a pertinência do mapeamento (figura 87). Foi feita também uma verificação de campo e dos 45 pontos visitados, 41 apresentavam concordância com a realidade de campo e o mapeamento das áreas potenciais para restauração ecológica (APRE).

O valor encontrado para APRE mapeada na bacia foi de 13764,21 ha. Estava inserido nesta área todo o conjunto de corredores ecológicos e *stepping stones* mapeados.

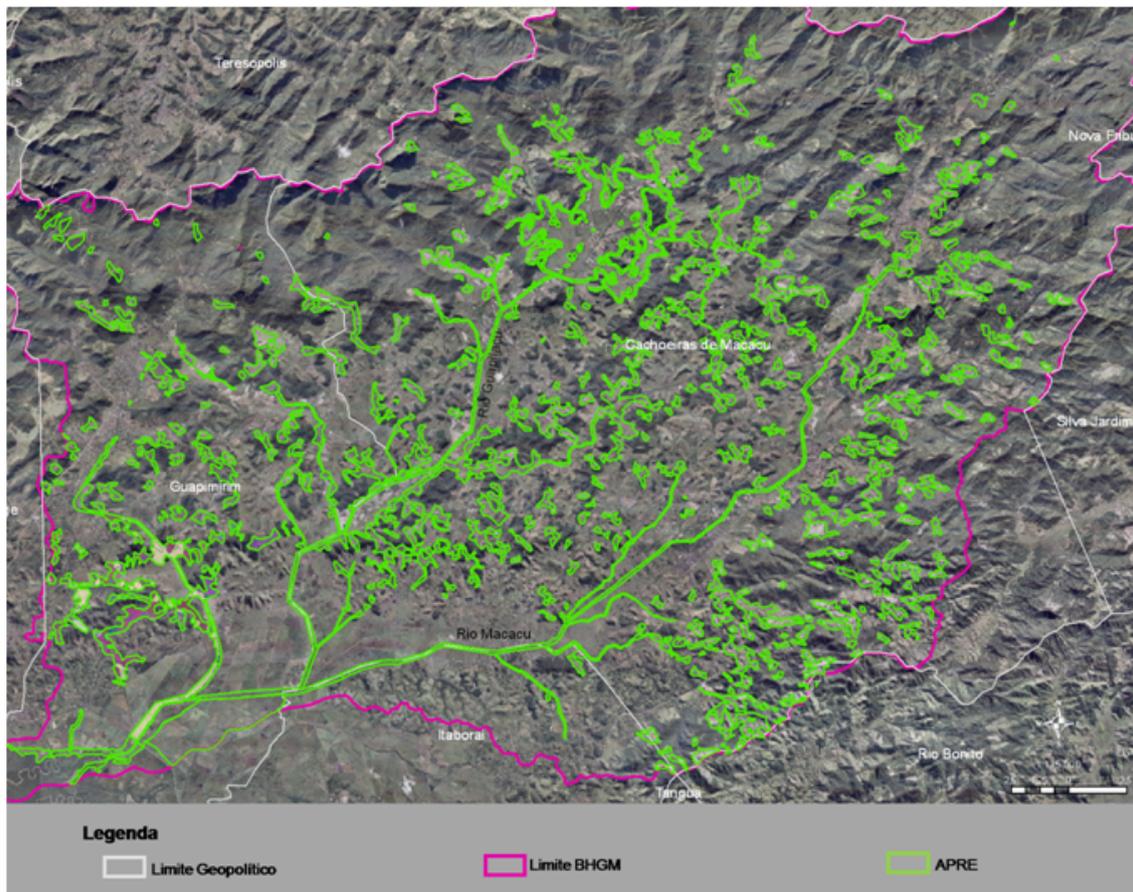


Figura 87: Cartograma da Área potencial para restauração ecológica na BGHM

Para auxiliar a análise deste cenário, foi elaborado um tema denominado Síntese Integrada para Restauração da Paisagem, que consistiu na integração dos temas de unidade de paisagem e áreas potenciais para restauração ecológica, e a sobreposição dos índices relativos às métricas de paisagem, de forma a entender a dinâmica da paisagem na área e criar subsídios para melhor planejar e otimizar as atividades vinculadas à restauração ecológica. Este tema foi gerado para uma região restrita, denominada área piloto, definida por corredor ecológico e *stepping stones*, conforme disposto na figura 88.

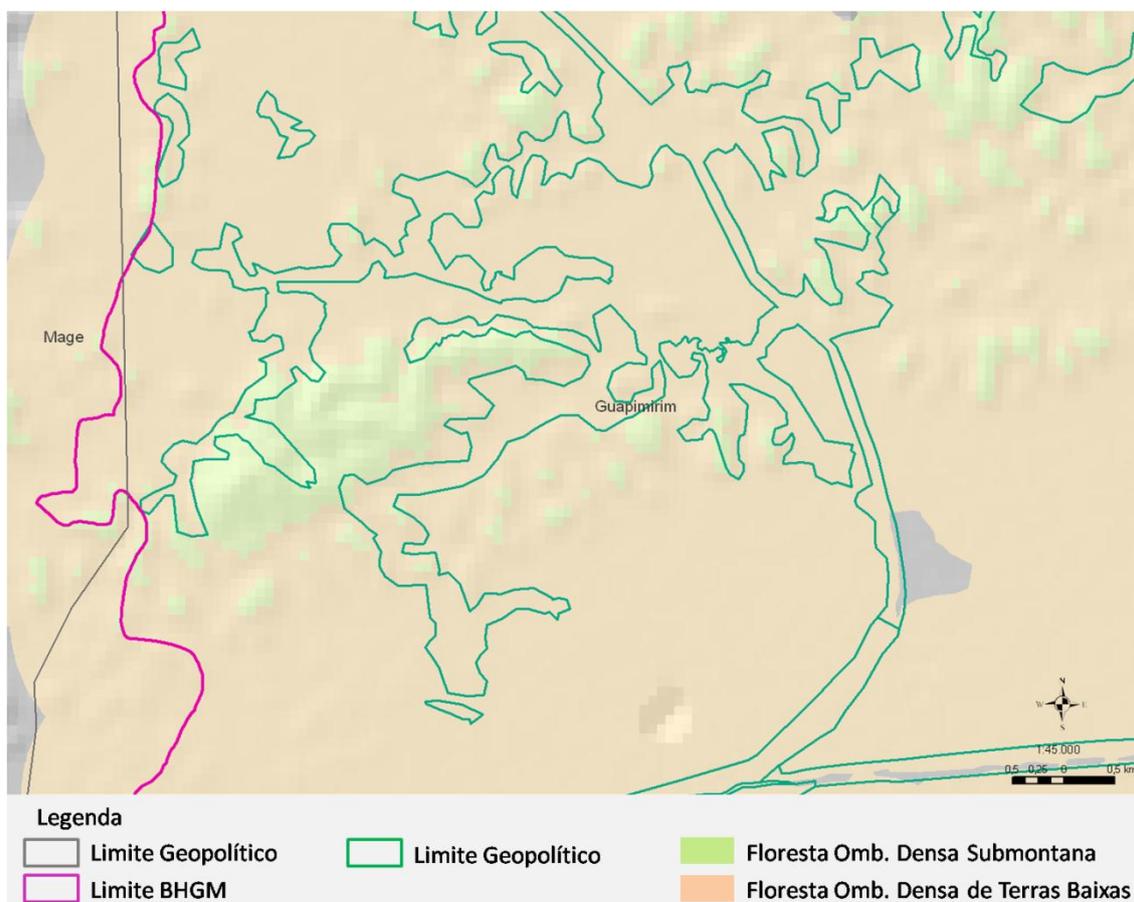


Figura 88: Definição da área piloto

A área total ocupada pela área piloto foi de 1338,86 ha. Seguindo a metodologia proposta na tese, foram identificadas as UPs referentes à área piloto. Elas estão representadas na figura 89, e na tabela 57 estão indicadas as respectivas áreas que ocupam na área piloto.

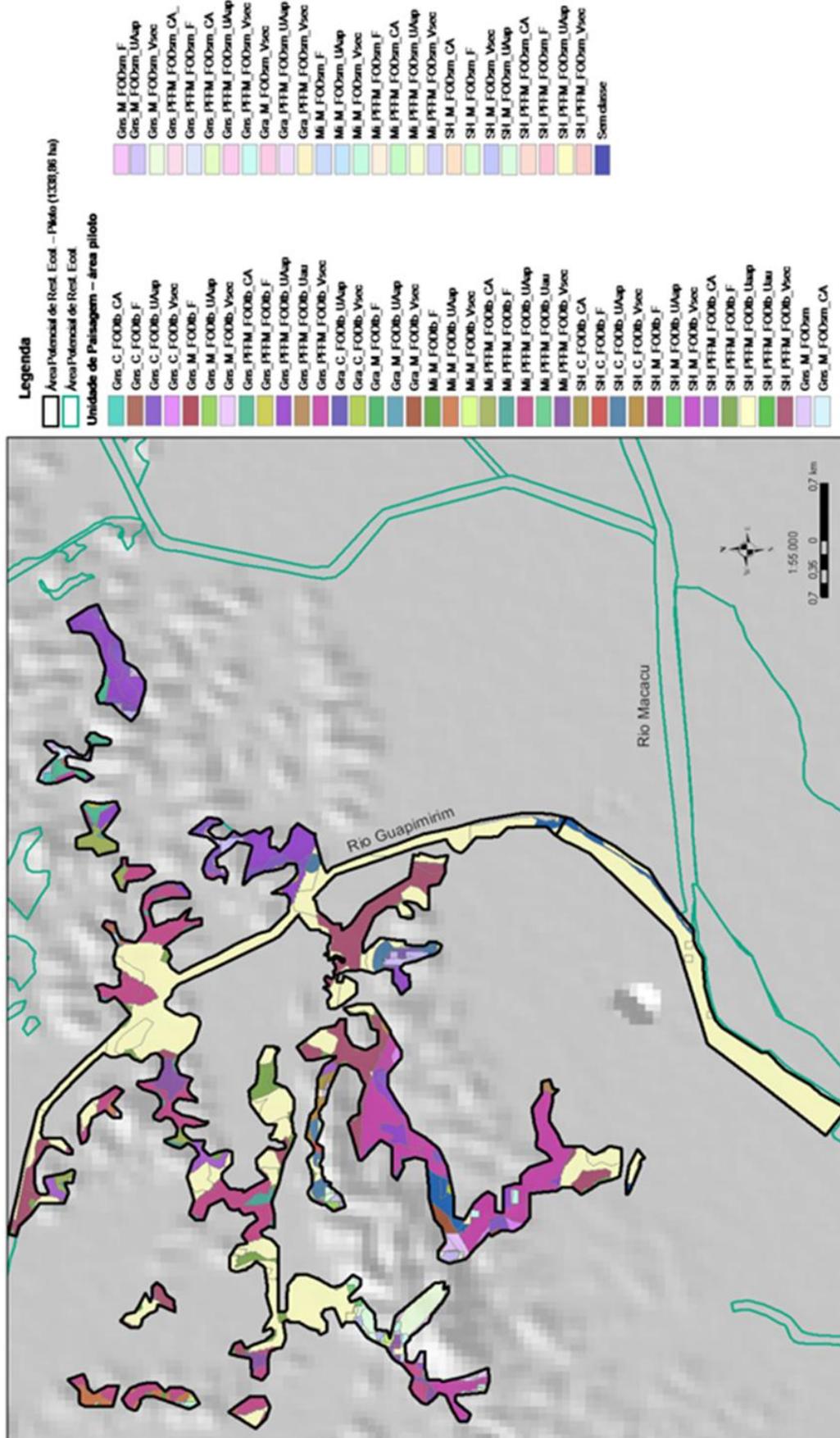


Figura 89: UPs existentes na área piloto

Tabela 57 - Áreas das UPs localizadas na área piloto

UP	nº polígonos	Área (ha)
Gns_M_FODsm_CA	3	3,38
Gns_M_FODsm_F	16	6,57
Gns_M_FODsm_UAap	21	19,31
Gns_M_FODsm_Vsec	11	19,88
Gns_PFFM_FODsm_CA	2	0,005
Gns_PFFM_FODsm_F	4	0,35
Gns_PFFM_FODsm_UAap	8	1,85
Gns_PFFM_FODsm_Vsec	8	3,69
Gra_M_FODsm_Vsec	1	0,07
Gra_PFFM_FODsm_UAap	1	0,15
Gra_PFFM_FODsm_Vsec	1	0,71
Mi_M_FODsm_F	3	0,49
Mi_M_FODsm_UAap	5	1,62
Mi_M_FODsm_Vsec	5	2,61
Mi_PFFM_FODsm_CA	2	0,16
Mi_PFFM_FODsm_F	5	0,43
Mi_PFFM_FODsm_UAap	4	1,6
Mi_PFFM_FODsm_Vsec	3	1,48
SH_M_FODsm_CA	1	0,5
SH_M_FODsm_F	6	1,69
SH_M_FODsm_UAap	10	10,37
SH_M_FODsm_Vsec	4	2,75
SH_PFFM_FODsm_CA	2	0,11
SH_PFFM_FODsm_F	4	0,4
SH_PFFM_FODsm_UAap	7	3,05
SH_PFFM_FODsm_Vsec	4	0,05
Gns_C_FODtb_CA	5	2,78
Gns_C_FODtb_F	11	2,54
Gns_C_FODtb_UAap	18	31,49
Gns_C_FODtb_Vsec	11	5,76
Gns_M_FODtb_F	3	1
Gns_M_FODtb_UAap	4	1,52
Gns_M_FODtb_Vsec	4	7,09
Gns_PFFM_FODtb_CA	4	13,99
Gns_PFFM_FODtb_F	14	4,01
Gns_PFFM_FODtb_UAap	25	95,17

Gns_PFFM_FODtb_Uau	1	1,75
Gns_PFFM_FODtb_Vsec	16	125,42
Gra_C_FODtb_UAap	1	0,2
Gra_C_FODtb_Vsec	1	0,68
Gra_M_FODtb_F	1	0,05
Gra_M_FODtb_UAap	1	0,04
Gra_M_FODtb_Vsec	2	5,13
Gra_PFFM_FODtb_F	2	0,19
Gra_PFFM_FODtb_UAap	2	3,57
Gra_PFFM_FODtb_Vsec	3	11,18
Mi_M_FODtb_F	3	1,17
Mi_M_FODtb_UAap	10	14,59
Mi_M_FODtb_Vsec	8	2,75
Mi_PFFM_FODtb_CA	4	16,81
Mi_PFFM_FODtb_F	20	17,28
Mi_PFFM_FODtb_UAap	17	123,13
Mi_PFFM_FODtb_Uau	1	0,45
Mi_PFFM_FODtb_Vsec	12	25,45
SH_C_FODtb_CA	1	2,28
SH_C_FODtb_F	4	1,69
SH_C_FODtb_UAap	9	18,55
SH_C_FODtb_Vsec	5	5,1
SH_M_FODtb_F	2	0,54
SH_M_FODtb_UAap	4	1,87
SH_M_FODtb_Vsec	1	0,03
SH_PFFM_FODtb_CA	4	14,11
SH_PFFM_FODtb_F	27	39,74
SH_PFFM_FODtb_Uaap	38	512,8
SH_PFFM_FODtb_Uau	3	2,07
SH_PFFM_FODtb_Vsec	21	120,7
sem classe	10	14,71

A exemplificação do mapa de Síntese Integrada para Restauração da Paisagem, utilizando o conjunto de áreas-núcleo (10m, 20m, 35m e 50m) gerados para 2010, foi realizada para a área piloto conforme apresentado na figura 90 disposta a seguir.

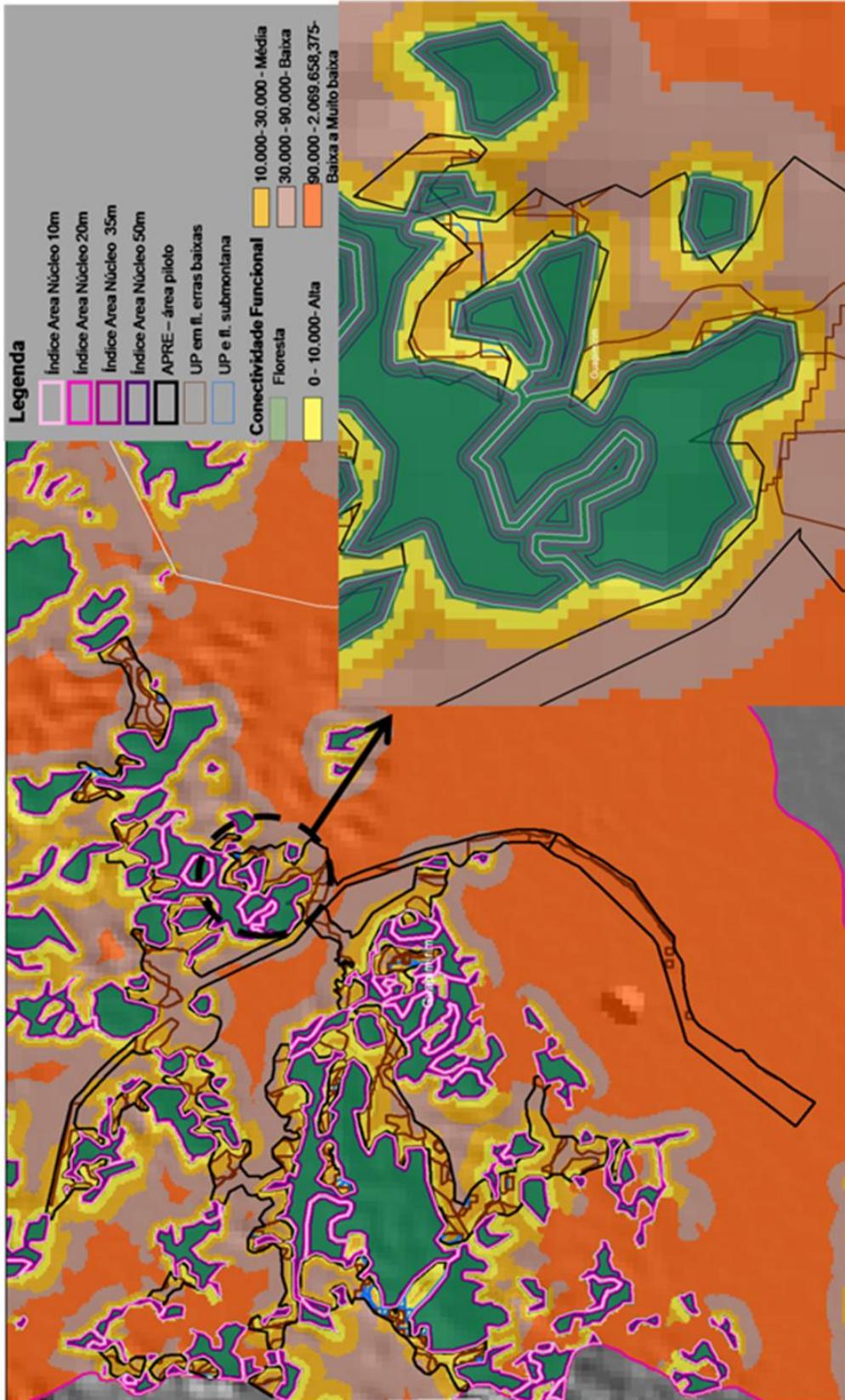


Figura 90: Exemplificação de mapa síntese integração para área piloto..

Para obtenção do resultado referente à indicação de áreas potenciais de coleta de qualidade de água para monitoramento da BHGM e das áreas potenciais de restauração, foi necessário verificar em qual Unidade de Paisagem (UP) os sítios amostrados estavam localizados (tabela 58) e em seguida indicar a partir do mapa síntese quais seriam os pontos amostrais potenciais para monitorar a qualidade da água com foco na área piloto (figura 90).

Tabela 58 – Sítios amostrados e UPs relacionadas

<b>Sítio amostrado</b>	<b>UP relacionada</b>	<b>Código UP</b>
FRC01_GA	Mi_M_FODsm_F	Mi3_02_4
FRC02_GA	Mi_SE_FODsm_F	Mi5_02_4
FRC03_GA	Mi_PFFM_FODsm_F	Mi1_02_4
FRC04_GA	Gns_PFFM_FODtb_F	Gns1_01_4
FRC05_GA	SH_PFFM_FODtb_Uau	SH1_01_3
FRC06_GA	SH_PFFM_FODtb_F	SH1_01_4
FRC07_GA	Mi_SE_FODsm_F	Mi5_02_4
FRC08_GA	Gns_PFFM_FODsm_F	Gns1_02_4
FRC09_GM	Mi_SISL_FODsm_F	Mi4_02_4
FRC10_GM	Mi_SISL_FODsm_F	Mi4_02_4
FRC11_GM	SH_PFFM_FODtb_Uau	SH1_01_3
FRC12_GM	SH_PFFM_FODtb_Uau	SH1_01_3
FRC13_GM	Mi_SE_FODsm_UAap	Mi5_02_1
FRC14_M	Gns_SE_FODm_Vsec	Gns5_03_5
FRC15_M	Gns_SE_FODsm_F	Gns5_02_4
FRC16_M	Gns_SE_FODm_F	Gns5_03_4
FRC17_M	Gns_SE_FODm_F	Gns5_03_4
FRC18_M	Gns_SE_FODsm_F	Gns5_02_4
FRC19_M	Gns_SISL_FODsm_F	Gns4_02_4
FRC20_M	Gns_SE_FODsm_F	Gns5_02_4
FRC21_M	Gns_SISL_FODsm_F	Mi4_02_4
RC01	Mi_SISL_FODtb_F	Mi2_01_4
RC02	SH_PFFM_FODtb_Uaap	SH1_01_1
RC03	Gns_PFFM_FODtb_Uau	Gns1_01_3
RC04	Gns_PFFM_FODsm_Uau	Gns1_02_3
F01_GA	Mi_M_FODsm_F	Mi3_02_4

F02_GM	Mi_SE_FODm_F	Mi5_03_4
F03_GM	Mi_SE_FODsm_F	Mi5_02_4
F04_M	Mi_SE_FODsm_F	Mi5_02_4
F05_M	Gns_C_FODtb_F	Gns2_01_4
F06_M	Gns_PFFM_FODtb_UAap	Gns1_01_1
F07_M	Gns_PFFM_FODsm_UAap	Gns1_02_1
F08_M	Gns_PFFM_FODsm_Uau	Gns1_02_3
F09_M	Gns_PFFM_FODsm_Uau	Gns1_02_3
F10_M	Gns_SISL_FODsm_Uau	Gns4_02_3
F11_M	Gns_SISL_FODsm_F	Gns4_02_4
F12_M	SH_PFFM_FODtb_Uaap	SH1_01_1

### 6.2.2 Análise e Discussão do Cenário 1

Em relação à área ocupada pelo COMPERJ, houve alteração de uso entre 2007, antes da terraplanagem e início das obras de instalação do empreendimento, em 2010. Dos 327,07 ha de floresta existentes em 2007, 15% foram convertidos em campo antrópico, 18% em pastagem e 35% em solo exposto. Foram mantidos na classe de floresta 105,28 ha (32%). Dos

1328,97 ha de pastagem em 2007, 1% foram convertidos em campo antrópico, 63% em solo exposto e os 36% restantes continuaram classificados como pastagem. Dos 264,34 de pastagem de várzea mapeados em 2007, 2% foram convertidos em pastagem, 22% em solo exposto e os 76% restantes permaneceram na mesma classe de 2007. Dos 252,88 ha de vegetação secundária inicial mapeados em 2007, 12% foram convertidos em campo antrópico, 6% em florestas, 24% em pastagem, 47% em solo exposto e os 11% restantes permaneceram como vegetação secundária inicial.

Assim, a classe mapeada como solo exposto para a área do COMPERJ, 1146,67 ha, representou o montante de alterações ocorridas no uso da terra e cobertura vegetal decorrente das atividades de instalação do empreendimento. Considerando somente as classes floresta e vegetação secundária inicial, foram suprimidos respectivamente 114,47 ha e 118,85 ha por conta da conversão destas classes para solo exposto, perfazendo um total de 233,32 ha. O valor da compensação com reflorestamento na área interna do COMPERJ está diretamente relacionada com a supressão desta área florestal,

e também com a implantação dos 1450 ha de macrocorredores citados no TCA da ASV, citada anteriormente.

Paisagens são produtos de um processo evolutivo cuja dinâmica tende a um determinado equilíbrio e são caracterizadas por respostas não lineares em função da mudança no ambiente ou resultante direta ou indireta da intervenção humana. Neste aspecto, segundo BAUDRY (1989), modelos de paisagem devem considerar um modelo conceitual das interações entre o complexo de atividades humanas e os sistemas ecológicos. Seguindo esta abordagem, a dinâmica da paisagem da BHGM está mudando de agrária e florestal para agrária, florestal e industrial com a implantação do COMPERJ e das outras empresas de 3ª geração, que deverão ser instaladas nesta região, conforme apresentado no item 6.1.1.

Em relação às atividades da Petrobrás licenciadas até o presente momento foram indicadas pela SEA/INEA algumas ações para atendimento da condicionante de licença previa do COMPERJ referente ao componente restauração/reflorestamento. Estas ações foram propostas com base nos estudos desenvolvidos nesta tese e que compõe o cenário potencial para o desenvolvimento desta atividade na BHGM denominado de cenário 1. O total previsto pela SEA para esta atendimento desta condicionante foi de 5772 ha (para as bacias hidrográficas dos rios Guapi-Macacu e Casseribu) e a área potencial mapeada somente para BHGM foi de 13764,21 ha. Este valor representa quase 2,38 vezes mais que a área prevista pela SEA para atendimento da condicionante nas duas BHs.

Este cenário 1 foi proposto com a intenção de garantir a real implantação desta obra de restauração e de outras que deverão ser implantadas por conta da ampliação do parque industrial da BHGM. Há de se retirar do montante da área potencial para restauração a área ocupada por reflorestamento já executado, como o do GasDUQ III e o da Águas de Niterói/CEDAE, para evitar que a atividade seja realizada uma vez mas paga duas vezes.

Entretanto, cabe destacar que existem outras atividades que deverão ser desenvolvidas para o êxito destas atividades de restauração/reflorestamento como, por exemplo, o envolvimento político direto das esferas estadual e municipal na coordenação estratégica da atividade, conscientização da importância da manutenção da funcionalidade ecológica da bacia através da promoção da atividade de restauração, cumprimento da legislação ambiental, estabelecimento de um banco de áreas para restauração (estruturação lógica, levantamento e cadastramento de áreas), adoção de

alternativas sustentáveis para algumas áreas a serem restauradas (agrosilvicultura), dentre outras. O INEA está captando recursos para implantar o projeto de Banco de Áreas, que servirá inicialmente para as atividades de restauração/reflorestamento desenvolvidas no âmbito do projeto Jogo Limpo Rio 2016, além de servir às demais necessidades do estado em disponibilizar áreas para restauração, como para a BHGM.

Paralelamente à atividade de verificação do mapeamento de conectividade foi realizado, também, por iniciativa da Geopea/DIMAM/INEA, com apoio da administração da APA do rio Macacu, o cadastramento de áreas para restauração (levantamento e espacialização das áreas), cedidas espontaneamente a partir de divulgação desta iniciativa nas propriedades mais próximas à sede do município de Cachoeiras de Macacu pelo administrador da APA e pela Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura.

Existe uma relação parcial entre as áreas disponibilizadas e o mapeamento de áreas potenciais para restauração (fig. 91). Isto significa que uma porção expressiva das áreas disponibilizadas para obras de restauração estão inseridas no mapeamento de áreas potenciais para restauração, porém isto não será regra quando se tratar de demanda espontânea. O proprietário disponibiliza a área que não possui interesse direto, ou seja, muito íngremes, de difícil acesso, com solo não apropriado para cultura que desenvolve, reserva legal ou áreas de APP (Áreas de Preservação Permanente) sem vegetação, área onde não pode haver supressão vegetal (localizadas em UCs, fora as APPs que não são respeitadas), ou áreas nas quais o enriquecimento florestal é necessário.

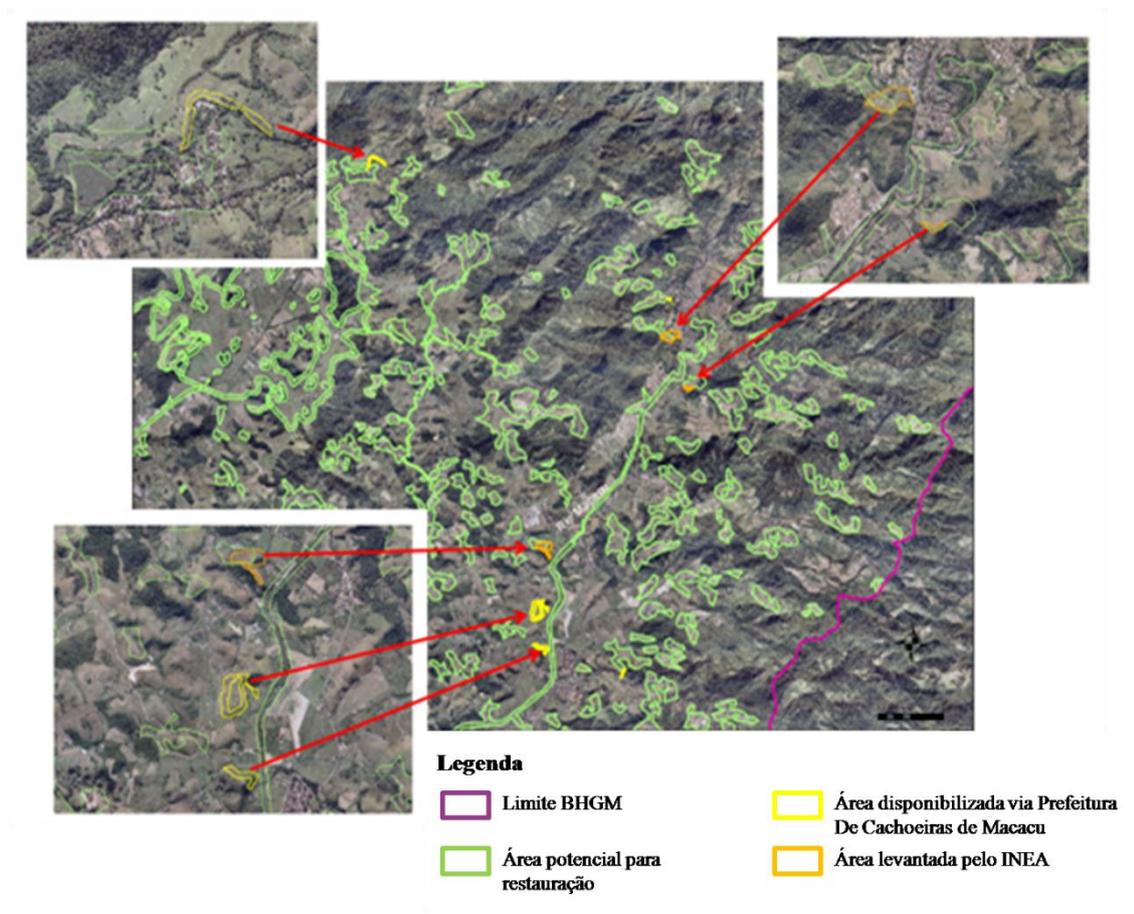


Figura 91: Compatibilidade de áreas potenciais para restauração e áreas levantadas pela esfera municipal e estadual

A conectividade na paisagem é essencial, pois a sobrevivência de muitas espécies em habitats fragmentados depende da habilidade destas se deslocarem entre manchas de habitat. O arranjo espacial dos fragmentos, a densidade e complexidade dos corredores, e a permeabilidade da matriz são características da paisagem que determinam sua conectividade (Baudry, 1984). Os corredores, em particular, atuam na paisagem favorecendo a movimentação e recolonização, diminuindo o risco de extinções, o que garante a manutenção da biodiversidade e aumento da conservação de ecossistemas importantes.

Em relação ao manejo da paisagem fragmentada, a SEA sugeriu, por conta das atividades envolvendo o COMPERJ, três corredores para concentrar a atividade de restauração conforme disposto na figura 92.

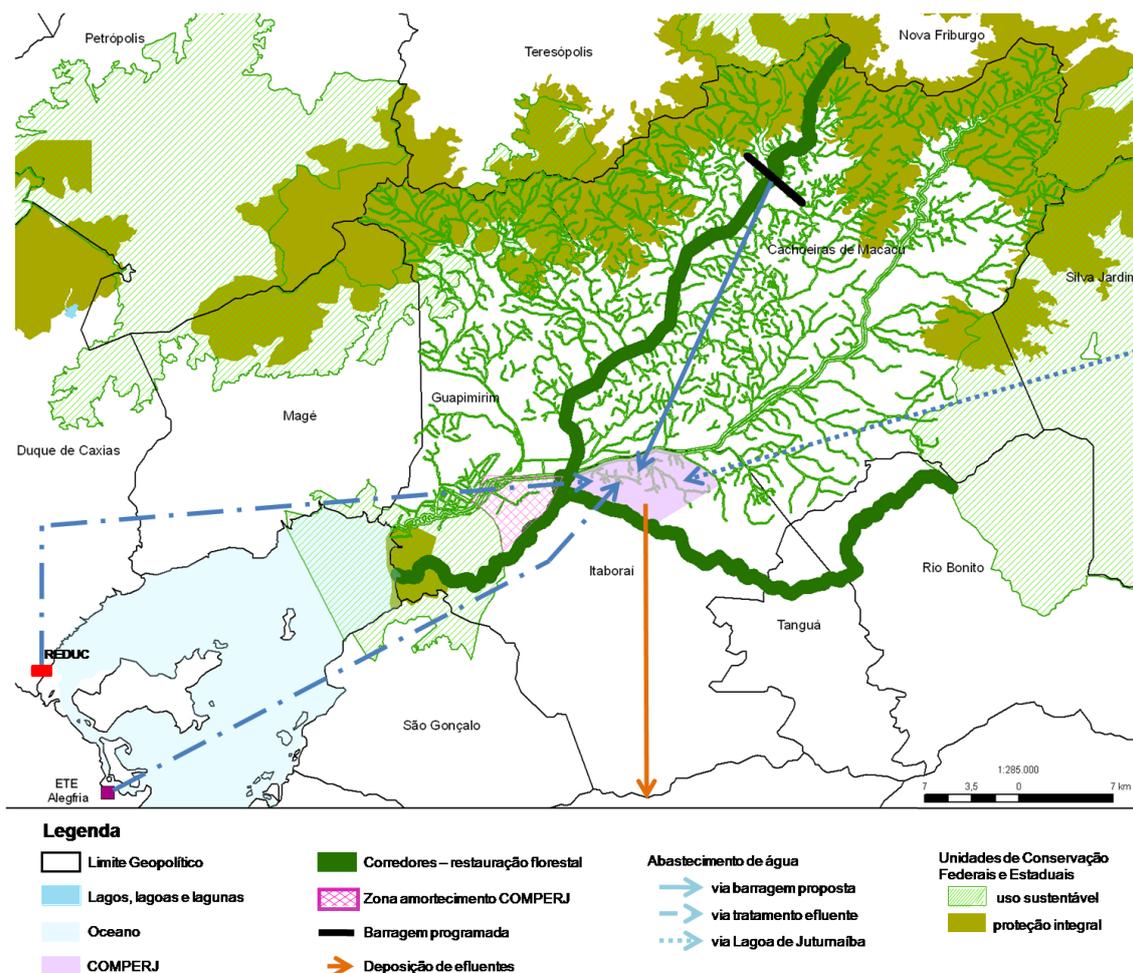


Figura 92: Cartograma esquemático das intervenções das condicionantes da Licença Prévia do COMPERJ – arranjo maio 2011

A proposta da SEA está mais centrada em corredores de mata ciliares. Já o conjunto de corredores ecológicos propostos nesta tese abordou uma composição de áreas mais amplas do que as lineares que representam áreas de preservação permanente (APP). A presente proposta associou esta áreas à *stepping stones* (fragmentos florestais de diversas formas e tamanhos, incluso áreas de APPs), estabelecendo conexões por todas as fitofisionomias existentes na bacia (fig. 93).

A indicação de conexão de fragmentos do presente estudo visou à atenuação de impactos ambientais, conservação de biodiversidade, de recursos hídricos e de solos, e a melhoria da estrutura da paisagem funcionalidade-sustentabilidade, diminuição do efeito de borda e aumento da área nuclear, recuperação de áreas legais (APP e Reserva Legal). Nesta tese, entende-se restauração ecológica como recuperação da função ecológica da paisagem, da proteção do solo, da produção de água, do abrigo fauna, do estoque de carbono e da sustentabilidade ecológica.

O mapa síntese integrado para restauração da paisagem produzido na presente tese atendeu bem as considerações acima citadas, constituindo uma grande ferramenta de planejamento para as atividades previstas de restauração/reflorestamento que serão estabelecidas na bacia. Ele atendeu bem a intenção primária de sua postulação que seria a integração dos aspectos do território tratados pela ecologia de paisagem, de abordagem geográfica (eixo vertical – geossistemas) e de abordagem mais ecológica, apresentadas no Capítulo 1.

A partir deste dado, foi possível realizar um estudo mais sinérgico da área piloto da paisagem indicando quais as UPs constituintes dos fragmentos existentes e as UPs presentes na matriz que os circundam e que integram o corredor e os possíveis *stepping stones*, as características de métricas dos fragmentos considerados como, por exemplo, através da verificação de possibilidade de conexão a partir do conhecimento do *shape index*, no intervalo temporal de 1985 – 2010 (fig. 44), ou de estudos de área-núcleo. Este tema também poderá auxiliar e subsidiar a indicação das melhores metodologias de restauração e dos conjuntos de gêneros florestais mais indicados para plantio na área de interesse, pertencentes ao mesmo grupo fitofisionômico, que mantenham a funcionalidade ecológica da região, e mais adequada às características vinculadas as UPs ali existentes

No período inicial de obras de restauração, ou reflorestamento propriamente dito, o consumo de água é intenso, e isto representa um dos maiores *inputs* para o crescimento e estabelecimento da vegetação na área de interesse. Para a BHGM, tal situação tem que ser equacionada com outras variáveis presentes na bacia como, por exemplo, a deficiência existente no abastecimento de água dos municípios atendidos pelo sistema Imunana-Laranjal e o aumento da demanda com a instalação e funcionamento dos empreendimentos e crescimento da população residente. Mesmo com o estabelecimento do reservatório do Guapiaçu e a possível utilização de reuso de água proveniente de duas estações de tratamento de esgoto (ETEs) pelo COMPERJ, conforme disposto na figura 92, o comprometimento do abastecimento de água nesta região poderá ainda ser significativo, dependendo de variáveis climáticas que incidirem na região durante o período de estabelecimento dos espécimes plantados. Entretanto, com o avanço e estabelecimento das áreas restauradas, haverá um aumento na produção de água que a pequeno e médio prazo podem minimizar esta situação.

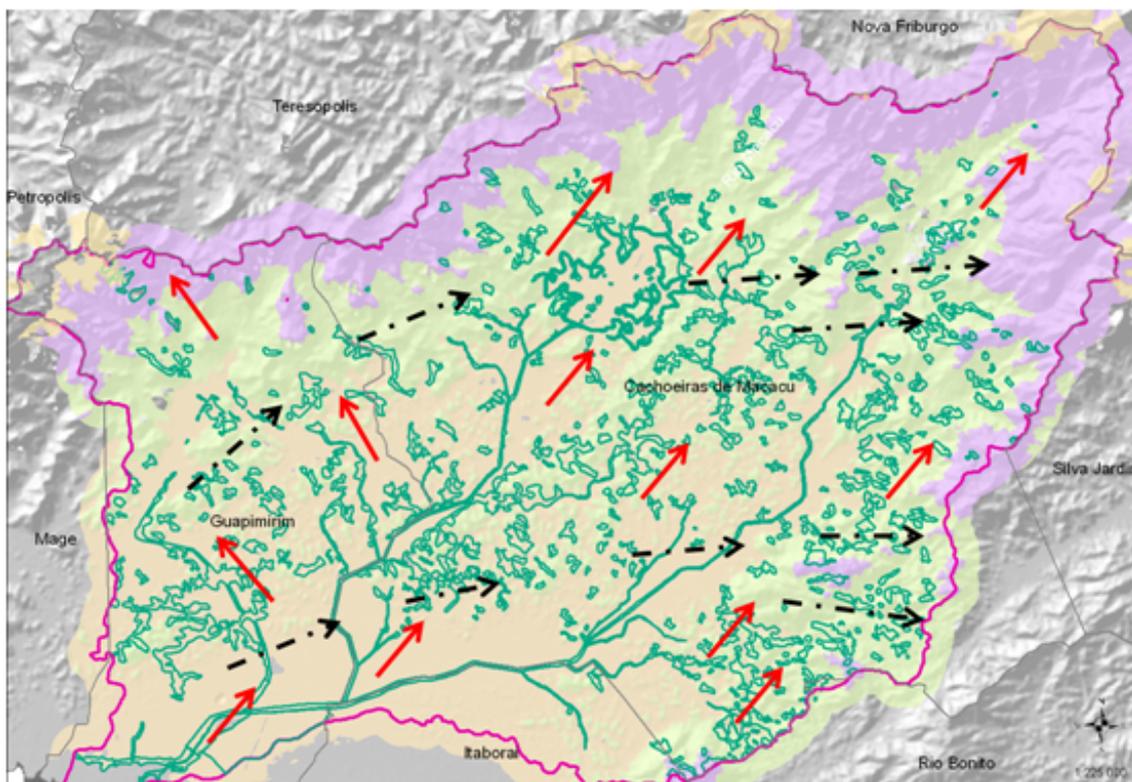


Figura 93: Eixos de conexão – formação de conjunto de corredores e *stepping stones*

Foram consideradas também, no planejamento ambiental da bacia, as possíveis áreas de conflito entre os locais de instalação de empresas de 3ª geração e o consequente surgimento e crescimento de áreas urbanas associados à moradia dos profissionais empregados na construção e funcionamento dessas empresas, incluso o COMPERJ (fig. 94). A definição das áreas de crescimento urbano-industrial indicada neste estudo foi baseada, no caso dos empreendimentos, na localização do COMPERJ e na possível localização das empresas de 3ª geração próximo ao complexo, e para as áreas urbanas na proximidade destas aos novos empreendimentos.

Assim, o que se pode esperar é uma concentração de conflito na área circundante ao complexo. Para minimizar estes conflitos, é necessário que os responsáveis (municípios, estado e iniciativa privada) sigam a legislação vigente – Código Florestal, CONAMA 303 e 302, Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006), os planos diretores municipais e os planos de manejo de UCs, bem como respeitem e apliquem as medidas vinculadas ao licenciamento dos empreendimentos na área de interesse.

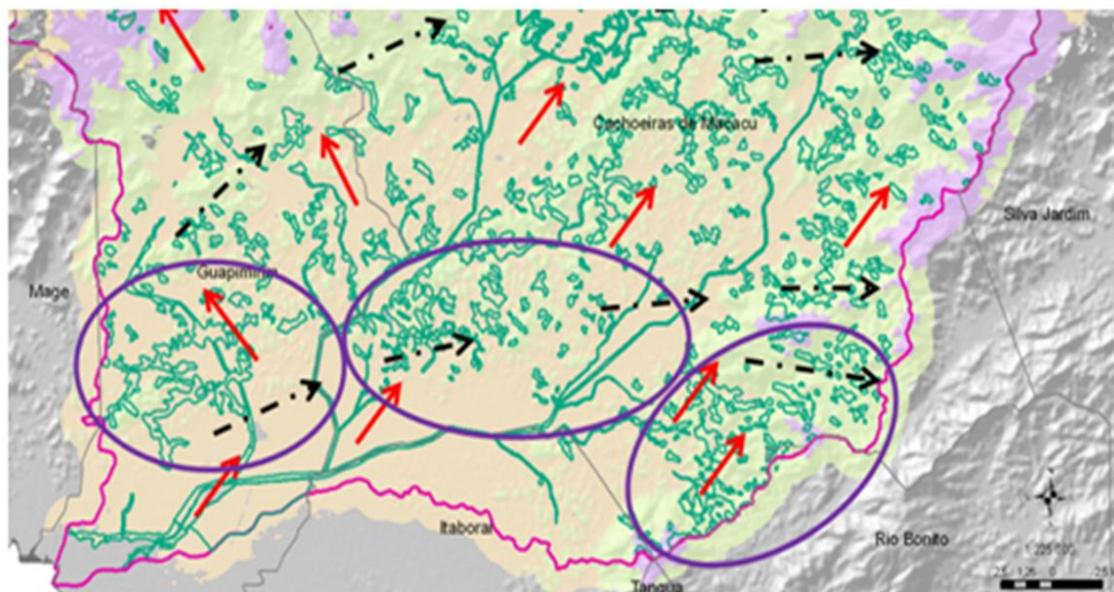


Figura 94: Cartograma com indicação das possíveis áreas de conflito entre crescimento urbano-industrial e restauração

Cabe ressaltar que para o sucesso da implantação das obras de restauração, serão necessários projetos que considerem o banco de áreas de restauração, um elenco de espécies pertinentes à fitofisionomia, no qual estão inseridos os fragmentos e às áreas de conexão de interesse, a adoção de várias metodologias de restauração ecológica (*e.g.*, reflorestamento, introdução de poleiros, isolamento da área de interesse), produção de mudas na bacia (*e.g.*, re-estruturação dos hortos e viveiros existentes, construção de novos, utilização de matrizes da área, armazenamento correto de sementes, viveiros de espera), monitoramento das obras de restauração [biometria, mapeamento temporal por satélite de alta resolução, crescimento biomassa (*LIDAR*) e da qualidade de água (quando for mata ciliar ou a montante de captação)].

De acordo com a análise realizada, foi recomendado, por este estudo, que as áreas agropastoris localizadas próximas à matriz florestal, aos grandes fragmentos e corredores ecológicos, existentes ou os que ainda serão formados na matriz antrópica, e as que constituíram fragmentos inseridos na matriz florestal, sejam paulatinamente adequadas a boas práticas de cultivo, e/ou sejam substituídas por agrosilvicultura

(dependendo da vocação da área de interesse), de forma a minimizar o impacto antrópico nos fragmentos e aumentar a permeabilidade da matriz no entorno dos mesmos. Destacando que para os fragmentos antrópicos inseridos na matriz florestal, deverão também ser objetos de restauração, substituindo gradualmente o uso vigente por uma atividade mais conservacionista. O mais recomendável seria mesmo a restauração direta.

Assim, em 2014, teríamos um melhor uso e aproveitamento do território da bacia com aumento da área florestal e da urbana (inclusive a área industrial), e uma diminuição da área agropastoril. A adoção de boas práticas agrícolas e o aproveitamento sustentável do solo dará a área agropastoril um impulso refletindo no aumento de qualidade e produção. Já o aumento da área florestal poderá beneficiar os produtores, a partir da efetivação, pelo estado, do pagamento por serviços ambientais, como a produção de água, por exemplo.

## **6.3 Cenário 2**

### **6.3.1 Apresentação do Cenário 2**

O Cenário 2 considerado na presente tese consistiu na consequência da instalação do empreendimento na BHGM sem realização das obras de restauração.

### **6.3.2 Análise e Discussão do Cenário 2**

A paisagem da BHGM foi modificada pela instalação do empreendimento e até 2014 quando este começar a funcionar sofrerá mais modificações provenientes da instalação de empresas de 3ª geração, do surgimento e crescimento de novas áreas urbanas destinadas à moradia de trabalhadores envolvidos nas etapas de construção e implantação dos diversos empreendimentos que existirão ali.

Assim, em 2014, teríamos um comprometimento maior do uso da terra na bacia com aumento da área urbana (inclusive a área industrial) e agropastoril, e uma diminuição da área florestal. Com o crescimento antrópico, aumentará a demanda por água já existente na bacia por conta do colapso do sistema de Imuna-Laranjal. A produção de água estará muito comprometida, devido à diminuição da área florestal. Caso os

proprietários rurais venham a adotar boas práticas agrícolas e o aproveitamento sustentável do solo, a área agropastoril poderá proporcionar um melhor rendimento, refletindo no aumento de qualidade e produção, porém o comprometimento significativo na oferta de água freará este avanço. O possível aparecimento de pragas agrícolas ou que atinjam os seres humanos poderão comprometer também o crescimento na região no que tange a oferta de alimento e à saúde pública.

#### **6.4 Considerações Finais**

É importante que seja a abordagem sinérgica no planejamento ambiental da BHGM seja realmente adotada pelo poder público, de forma a propiciar o maior entendimento da dinâmica da paisagem, de acordo com a evolução das variáveis relativas ao crescimento antrópico (urbano e industrial), potencial aumento de área florestal (restauração), saúde ecológica (qualidade ambiental) e conflitos ambientais (produção/demanda de água e uso da terra).

O conhecimento da distribuição espacial e temporal da disponibilidade hídrica na BHGM deve subsidiar o estabelecimento de diretrizes para a implementação de políticas de planejamento e execução para o uso racional da água e das florestas.

A crescente demanda de água na bacia, a limitação dos recursos hídricos, os conflitos entre alguns usos e os prejuízos causados pelo excesso, pela escassez e pelo mau uso (desperdício), devem exigir que tanto o planejamento ambiental, como a gestão da sua utilização, ocorram em termos racionais e otimizados.

A malha potencial de pontos de amostragem da qualidade de água, proposta na presente tese, poderá servir como subsídio para escolha tanto dos pontos de amostragem para monitoramento de qualidade na bacia, a ser desenvolvido pela esfera municipal e/ou estadual, quanto da rede utilizada para monitorar as obras e intervenções de restauração ecológica a serem realizadas na bacia. É recomendável que a atividade de monitoramento de atividades de restauração integrada com partir da qualidade da água seja iniciada antes da instalação da obra propriamente dita, associando dentro da metodologia aqui proposta procedimentos para medir o escoamento de sedimento para os cursos d'água, de biomassa e de percolação de água antes, durante e depois da instalação dos talhões de vegetação nativa e das outras técnicas adotadas para restauração,

Em relação ao componente hídrico da bacia, sugere-se a aplicação do princípio físico de conservação de massa, mediante a estimativa do balanço hídrico, para que a partir da utilização do SIG e da aplicação dos conceitos do balanço hídrico elabore-se um sistema de suporte à outorga de direito do uso da água, visando ao estabelecimento dos cálculos que contabilizem a necessidade de água para determinada área cultivada, industrializada e urbanizada e a disponibilidade de tal recurso no ponto de captação, a localização dos eventos e uso da terra e cobertura vegetal localizados à montante da área de interesse.

Recomenda-se a utilização do Protocolo de Avaliação Visual – EPA, modificado pelo LAPSA, como ferramenta, de fácil aplicação, para avaliar a integridade física de hábitat de um rio e de sua vegetação ripária, podendo ser usada para monitorar impactos específicos de hábitat ou impactos de caráter mais geral. A adoção de biomonitoramento e de índices multimétricos como IMFQB e do IBE-IOC também foram indicados para utilização em programa de monitoramento da qualidade da água em quaisquer BHs de características semelhantes à BHGM. Importante destacar que para aplicação desses índices deverão ser considerados os levantamentos e monitoramentos de dados físico-químicos e bióticos específicos de cada BH estudada.

Em relação à dinâmica da paisagem os fragmentos de remanescentes florestais monitorados estão mais concentrados nas classes fitofisionômicas de Florestas Ombrófila Densa Sub-montana e de Terras Baixas. A comparação entre o mapeamento do ano base com a fitofisionomia potencial indicou que a área de maior fragmentação da cobertura vegetal foi aquela ocupada pela Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas. Este dado constitui-se em um importante argumento científico para o planejamento de restauração ecológica da bacia.

As áreas remanescentes de floresta existentes na BHGM atuam em vários serviços ecossistêmicos. Dentre eles destacam-se: o aumento da quantidade de polinizadores para as lavouras; controle das pragas; e manutenção dos regimes hidrológicos e da qualidade da água, que são críticos para a existência não só de anfíbios, mas para muitas outras espécies, em geral. Para o planejamento ambiental, a proposição de atividades de restauração (principalmente para áreas anteriormente ocupadas por floresta de terras baixas), de fomento, e de conservação (através do ICMS Ecológico) são estratégias importantes para alavancar a economia verde nesta bacia.

As unidades de paisagens (UPs) obtidas para a bacia constituem-se em um instrumento essencial de planejamento ambiental tanto para monitoramento da biodiversidade como para ordenamento territorial da BH. A aplicação deste instrumento apresentou como resultados a proposição de áreas para restauração ecológica e de malha potencial de pontos de amostragem da qualidade de água a partir de dados das unidades de paisagens (UPs). Cabe destacar que para constituir um arranjo mais detalhado e expressivo da realidade da área da BHGM, na escala estudada, seria importante a integração com o tema de solos. Não foi possível no âmbito desta tese elaborar o tema de UPs considerando o dado de solos, pois apesar de constituir um projeto da SEA o produto final do detalhamento de solos para escala de 1:10000 ainda não havia sido entregue.

Os resultados apresentados corroboram a hipótese, levantada no Capítulo 1, de que é possível estabelecer e aplicar procedimentos integrativos no planejamento ambiental de BHs através da ecologia de paisagem e da geomática.

Como é de competência do poder público propor, normatizar e fiscalizar os instrumentos de planejamento e gestão ambiental, e suas respectivas aplicações, pertinentes a restauração, recurso hídrico e estabelecimento, melhoria e manutenção da qualidade ambiental, a presente tese será um auxílio prestimoso para a renovação das abordagens e metodologias utilizadas na atualidade para o atendimento destas questões. Como exemplo da utilização dos procedimentos aqui apresentados cabe ressaltar que o poder público, na figura da Secretaria do Ambiente (SEA) e o Instituto do Ambiente (INEA), estão em processo de estabelecimento do primeiro cenário proposto neste documento a partir das indicações de áreas potenciais para restauração realizadas de acordo com a metodologia aqui apresentada.