

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL EGINO LAURIANO

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO AQUÍFERO CARSTE: A ELABORAÇÃO DE UM
MATERIAL DIDÁTICO PARA ESCOLAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE COLOMBO
- PR

CURITIBA
2013

RAFAEL EGINO LAURIANO

EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO AQUÍFERO CARSTE: A ELABORAÇÃO DE UM
MATERIAL DIDÁTICO PARA ESCOLAS PÚBLICAS DO MUNICÍPIO DE COLOMBO
- PR

Trabalho de Conclusão de Curso em licenciatura
apresentado ao Curso de Geografia, do Setor de
Ciências da Terra, Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Prof.Dr. Claudinei Taborda da Silveira

CURITIBA
2013

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida, pela inspiração, por me dar força e proteção.

Aos meus pais, Ilda e João, pelo zelo, apoio e incentivo, aos meus irmãos, Patricia, Gustavo e Lidia, que sempre estiveram comigo, e todos os meus familiares.

Aos amigos da IEAD Santa Tereza que me incentivaram e me apoiaram em situações difíceis.

Aos amigos e funcionários da Biblioteca Saúde/Botânico pela compreensão e suporte durante os quatro anos de curso.

Aos amigos e colegas que fiz no curso de Geografia e na UFPR que me ajudaram a chegar até aqui.

Aos professores e funcionários do departamento de Geografia, em especial ao professor Dr. Claudinei Taborda da Silveira, pelas orientações, paciência e disposição em discutir esse trabalho.

A Universidade Federal do Paraná que me deu a oportunidade de realizar este curso.

A todos aqueles que de certa forma contribuíram para a minha formação.

“E apliquei o meu coração a esquadrihar, e a informar-me com sabedoria de tudo quanto sucede debaixo do céu; esta enfadonha ocupação deu Deus aos filhos dos homens, para nela os exercitar.”

Ecclésiastes 1 : 13.

RESUMO

Este estudo apresenta a elaboração de um material de educação ambiental voltado para a preservação do aquífero carste, tendo como principal público alvo os alunos de Ensino Médio das escolas pública do município de Colombo, Paraná. O aquífero carste representa uma importante fonte de abastecimento hídrico para a Região Metropolitana de Curitiba (RMC) e vem sendo explorado desde a década de 1990. A sua formação se deu na região do carste na RMC, que é constituída por rochas metacarbonáticas da Formação Capiru, a natureza permeável dessas rochas e entre outros fatores, possibilitaram o armazenamento de água ao longo do tempo, formando assim o sistema aquífero carste que compreende, parcial ou totalmente, os municípios de Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio Branco do Sul e Colombo, totalizando uma área de 2.800 km². No município de Colombo tem se registrado atividades de uso do solo que estão em conflitos com a fragilidade do ambiente cárstico, e que acabam representando riscos de contaminação do aquífero carste. Entende-se que a educação ambiental compõe uma das medidas que envolvem a preservação do aquífero carste, apoiando-se nos princípios de que ela forneça conhecimentos essenciais para a conscientização ambiental e o exercício da cidadania. O produto final se deu na forma de um folder com o título “AQUÍFERO CARSTE EM COLOMBO – PR: CONHECER PARA PRESERVAR”, onde os temas estão distribuídos em seções que abordam desde a conceituação e caracterização do ambiente cárstico até a discussão dos problemas de uso e ocupação do solo em Colombo que colocam em risco a qualidade da água do aquífero carste.

Palavras-chave: Educação ambiental. Material didático. Colombo. Aquífero carste.

ABSTRACT

This study presents the development of an environmental education material aimed at the preservation of karst aquifer, the main target audience of high school students from public schools of the city of Colombo, Paraná. The karst aquifer is a major source of water supply for the Metropolitan Region of Curitiba (RMC) and has been explored since the 1990s. Its formation occurred in the region of the karst in the RMC, which consists of formation Capiru rocks metacarbonatic, the permeable nature of these rocks and other factors, allowed water storage over time, thereby forming the karst aquifer system comprising partially or totally, the municipalities of Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio Branco do Sul and Colombo, totaling an area of 2,800 km². In the city of Colombo has registered land use activities that are in conflict with the fragile karst environment, and they end up representing a risk of contamination of the karst aquifer. It is understood that environmental education makes up one of the measures involving the preservation of karst aquifer, relying on the principles that it provides essential knowledge for environmental awareness and citizenship. The final product took the form of a brochure titled "KARST AQUIFER IN COLOMBO - PR: LEARN TO PRESERVE", where themes are divided into sections that address since the conceptualization and characterization of karst environment until the discuss the problems of use and occupation in Colombo that endanger the water quality of the karst aquifer.

Keywords: Environmental education. Didactic material. Colombo. Karst aquifer.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - EVOLUÇÃO DAS FEIÇÕES CÁRSTICAS.....	15
FIGURA 2 - FEIÇÕES CÁRSTICAS.....	16
FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERESSE DO AQUÍFERO CARSTE NA RMC.....	18
FIGURA 4 - UNIDADE MORFOESTRUTURAL (CÉLULA) MODIFICADO DE LISBOA E BONACIM, 1995.....	19
FIGURA 5 - CAPA DO FOLDER.....	32
FIGURA 6 - SEÇÕES “O QUE É O CARSTE ?” E “O AQUÍFERO CARSTE.....	33
FIGURA 7 - BLOCO DIAGRAMA DA SEÇÃO “O AQUÍFERO CARSTE”	34
FIGURA 8 - PARTE INTERNA DO FOLDER.....	35
FIGURA 9 – ÚLTIMA SEÇÃO DO FOLDER.....	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 JUSTIFICATIVA.....	11
3 OBJETIVOS.....	12
3.1 OBJETIVO GERAL.....	12
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
4 REVISÃO TEÓRICA.....	13
4.1 O AMBIENTE CÁRSTICO.....	13
4.1.1 O desenvolvimento do relevo cárstico.....	13
4.1.2 Formas cársticas.....	14
4.1.3 O carste da RMC e o aquífero Carste.....	16
4.2 O CRESCIMENTO POPULACIONAL E O ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA RMC.....	20
4.2.1 A evolução da ocupação urbana RMC.....	20
4.2.2 Demanda hídrica na RMC.....	21
4.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL.....	23
4.3.1 Histórico da educação ambiental.....	23
4.3.2 Concepções da educação ambiental.....	25
4.3.3 A educação ambiental aplicada aos recursos hídricos e o aquífero carste.....	27
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	29
5.1 PRODUÇÃO TEXTUAL.....	29
5.2 RECURSOS VISUAIS.....	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	32
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO FOLDER.....	37
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
8 REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE.....	45

1 INTRODUÇÃO

A deterioração e a escassez dos recursos hídricos são problemas ambientais que vêm ganhando proporções nas últimas décadas dentro do cenário urbano brasileiro, o Brasil possui cerca de 12% da água doce do planeta, desse total, mais de 70% estão na Amazônia onde vivem apenas 7% da população brasileira, enquanto que o Sul-Sudeste, que concentram a maior parte da população, abrigam apenas 12% dos recursos hídricos (PEREIRA JUNIOR, 2004).

Esta característica territorial brasileira, marcada pela distribuição desigual entre população e água potável, assistiu ao longo dos anos o crescimento da população urbana acompanhado de problemas associados à degradação e a redução dos recursos hídricos.

A gestão da água nas cidades brasileiras corresponde um desafio onde se associam diversos fatores conflitantes como a manutenção da qualidade hídrica, aumento do consumo, crescimento industrial e populacional, além da disponibilidade para as gerações futuras. Inserida nessa lógica se encontra a Região Metropolitana de Curitiba (RMC), que desde a década de 1970 tem registrado altas taxas de crescimento populacional e expansão urbana. Segundo Andreoli *et al.* (2005, p.72) “O grande desafio para o desenvolvimento urbano da RMC está diretamente associado aos problemas enfrentados pelos recursos hídricos: perda da qualidade; redução da disponibilidade e aumento da demanda”. Ainda segundo o autor, a perspectiva num prazo de 50 anos é a população total da RMC atingir mais de 10 milhões, demandando entre 32 000 e 39 000 l/s de água para consumo.

Diante da atual demanda da RMC e das futuras projeções, o sistema aquífero carste corresponde uma das principais fontes de abastecimento hídrico devido a sua qualidade, boa disponibilidade e por estar próximo à população consumidora (HINDI *et al.*, 2002). Localizado na porção norte da RMC, o aquífero carste engloba os municípios de Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio Branco do Sul e Colombo compreendendo aproximadamente uma área total de 2.800 km². Em alguns municípios a aquífero corresponde a única fonte de abastecimento hídrico, enquanto para outros representa uma fonte complementar, no caso do município de Colombo, 73% da água consumida pela população provém do carste (SANEPAR, 2002).

Devido às características geológicas do aquífero, as células do carste podem corresponder a pontos de recarga sujeitos a absorção de qualquer substância poluidora. Essa vulnerabilidade à contaminação se intensifica com a urbanização e os conflitos de uso do solo ocorrentes no município de Colombo. Um dos riscos associados à ocupação está relacionado ao saneamento básico, sobretudo na destinação do esgoto, segundo Instituto Paranaense De Desenvolvimento Econômico e Social (IPARDES) (2012), dados apontam que domicílios com rede de esgoto chegam a 46% em Colombo, sendo a precariedade na dispensação dos resíduos líquidos uma grande ameaça de contaminação do aquífero. Em vista desse atual quadro em que se verifica a importância do aquífero para o abastecimento da população e o desenvolvimento econômico do município sobreposto à fragilidade do ambiente cárstico e o risco de contaminação das águas do aquífero carste, se faz necessário propor ações que visem preservação desse recurso. Com base na definição de educação ambiental no artigo 1º da Lei Federal 9795/1999 onde “Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”, verifica-se que a educação ambiental desempenharia um importante papel na preservação do aquífero carste.

Esse trabalho propõe a produção de um material didático focado na educação ambiental a ser aplicado no ensino formal, especificamente no Ensino Médio das escolas da rede pública estadual de ensino em Colombo, como uma ação preventiva visando a conscientização da importância do aquífero. Busca-se produzir um material de linguagem acessível e ilustrativo que forneça o conhecimento técnico científico a respeito do aquífero e o ambiente cárstico em Colombo assim como as discussões da realidade ambiental conflitante no município. Compreende-se dessa maneira conforme Berlinck *et al.* (2003) que a educação ambiental se torna essencial não apenas na conscientização, mas também na instrumentalização técnica, dando base para a ação coletiva.

2 JUSTIFICATIVA

Analisando a importância do aquífero carste em Colombo no abastecimento local e regional sobreposto a sua suscetibilidade à contaminação, nota-se a necessidade de propor ações que visem à preservação desse recurso, ressalta-se ainda a difícil recuperação das águas subterrâneas uma vez que estas estejam poluídas (TEIXEIRA *et al.*, 2001). A pertinência do tema para o município está no fato de que a região do carste em Colombo representa uma área com fortes tendências à ocupação urbana. Conforme Polidoro (2005), Colombo possui 2 eixos viários indutores, a Rodovia da Uva (PR - 417) e a Estrada da Ribeira, além de um vetor interno entre a sede municipal e a localidade da Fervida.

É importante destacar que o carste corresponde a um ambiente de fragilidade natural que, analisado no contexto do município de Colombo, reflete em conflitos associados à subsidência de terrenos, contaminação de mananciais e secamento de fontes. Segundo Milek (2011, p. 29) “As medidas que envolvem a prevenção dos mananciais subterrâneos incluem uma vasta gama de aplicações. A prevenção pode contar com sistemas de gestão territorial, monitoramento, técnicas de engenharia e educação ambiental, entre outros”.

A produção de um material sobre educação ambiental no aquífero carste pode vir a suprir a lacuna deixada pelos livros didáticos que muitas vezes abordam a educação ambiental de forma superficial e descontextualizada. A Educação Ambiental direcionada ao ensino formal das escolas em Colombo contribui para a formação de uma consciência crítica dos alunos a respeito dos problemas ambientais do município, estimulando e dando bases para o exercício da cidadania, podendo ser construída de forma interdisciplinar e ser levada ao ensino informal.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Objetiva-se produzir um material didático visando à educação ambiental sobre o aquífero carste de Colombo direcionado ao Ensino Médio das escolas do município, abordando os aspectos naturais, as potencialidades, bem como os conflitos associados a esse ambiente. Fornecer um conhecimento técnico científico apoiado numa linguagem didática onde se contemple a realidade local dos alunos, estimular a consciência a respeito da importância do aquífero e dos problemas associados à ocupação antrópica no ambiente carste e promover o suporte necessário para o exercício da cidadania e a ação coletiva na resolução dos problemas.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produção de um material de educação ambiental sobre o aquífero carste direcionado aos alunos do Ensino Médio das escolas públicas no município de Colombo.
- Utilizar textos, imagens, fotografias e mapas didáticos que caracterizem e representem o ambiente cárstico e a sua dinâmica.
- Produzir um mapa do município que contextualize a comunidade escolar dentro do carste, possibilitando a assimilação do público alvo à realidade espacial.
- Discutir sobre os conflitos associados ao uso do solo em Colombo e a contaminação do aquífero carste.

4 REVISÃO TEÓRICA

4.1 O AMBIENTE CÁRSTICO

O carste (karst) é um termo de origem servo-croata que significa campo de pedras calcárias sendo primeiramente empregado para as formações calcárias em Rjeka (na antiga Iugoslávia), atualmente a termo é utilizado de forma abrangente para designar morfologias formadas a partir da dissolução encontrada em topografia típica de rochas calcárias ou dolomíticas (BIGARELLA *et al.*, 1994).

4.1.1 O desenvolvimento do relevo cárstico

De acordo com Bigarella *et al.* (1994, p. 248) “O desenvolvimento do relevo cárstico tem início quando as águas de infiltração agem sobre a rede de fissuras e diáclases das rochas, dando lugar aos processos de dissolução subsuperficiais”. A drenagem no sentido vertical e subterrânea predomina nas paisagens cársticas, onde a circulação da água ocorre por meio de fendas, condutos e cavernas. Os processos que formam o ambiente cárstico se chama carstificação, sendo as rochas carbonáticas o principal material de origem devido seu caráter dissolúvel e de sua grande expressão em área (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2008).

Segundo Teixeira *et al.* (2001) para o desenvolvimento de sistemas cársticos são necessários três requisitos: *Rocha solúvel com permeabilidade de fraturas* (principalmente calcários, mármore e dolomitos) - com a presença de estratificações, planos de fraturas e falhas, que possibilitam a instalação de rotas preferenciais de circulação de água subterrânea. *Relevo* (gradientes hidráulicos moderados a altos) - com a topografia no mínimo moderadamente acidentada, os gradientes hidráulicos são elevados, permitindo fluxos mais rápidos das águas ao longo dos condutos nos aquíferos, a rapidez do fluxo hídrico intensifica a remoção de resíduos insolúveis e a dissolução das rochas, acelerando o processo de carstificação. *Clima* - a presença da água é fundamental no processo de carstificação logo, climas úmidos permitem o melhor desenvolvimento, climas quentes com densa vegetação também favorecem, uma vez que produção biogênica de CO₂ no solo aumenta a acidez das águas de infiltração.

Bigarella *et al.* (1994) ressalta que o carste das regiões tropicais se difere das regiões temperadas, uma vez que no carste tropical, comparado com as regiões temperadas, a erosão mecânica é menor e a dissolução é mais intensa. Muitas paisagens cársticas podem ser encontradas distribuídas em diferentes regiões do mundo como a França, México, China, América Central, Etiópia, Austrália entre outras, no território brasileiro, o carste corresponde cerca de 5 a 7%.

4.1.2 Formas cársticas

As formas cársticas podem ser agrupadas em duas grandes classes, as exocársticas e as endocársticas, as primeiras se referem às formas superficiais, enquanto as outras dizem respeito às formas subterrâneas. As formas que mais caracterizam a paisagem cárstica são as dolinas, uvalas, poljes, relevos residuais, sumidouros e cavernas. *Dolinas* são depressões do terreno de forma circular e oval, que variam de dimensão e profundidade, as dolinas formadas em calcário têm formas mais irregulares e vertentes mais íngremes comparado com as desenvolvidas em dolomito. As *Uvalas* são definidas como depressões alongadas provavelmente originada a partir da coalescência de duas ou mais dolinas (BIGARELLA *et al.*, 1994) (FIGURA 1).

Os *poljés* correspondem a grandes depressões fechadas, com fundo plano e circundadas por paredes íngremes (CARVALHO JÚNIOR *et al.*, 2008), podem originar-se pela coalescência de dolinas e uvalas, pelo desenvolvimento de uvalas sobre uma linha de falha e pela carstificação de uma zona tectônica. O tamanho pode variar de centenas de metros a alguns quilômetros, sendo muitas vezes locais de preferência para a ocupação humana. *Relevos residuais* são formas cônicas, piramidais ou cilíndricas que sobressaem na paisagem, se originam a partir da erosão que as separaram do maciço das rochas calcárias. *Sumidouros* originam-se no decorrer da evolução das dolinas, são locais onde o curso da água penetra no subsolo (BIGARELLA *et al.*, 1994).

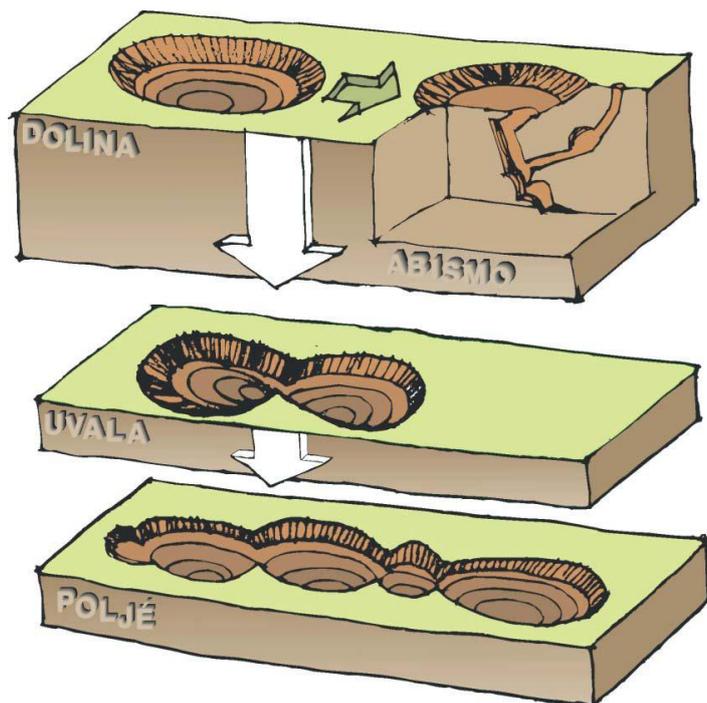


FIGURA 1 - EVOLUÇÃO DAS FEIÇÕES CÁRSTICAS

FONTE: Bigarella *et al.*(1994)

ADAPTAÇÃO: Maria Luiza Malucelli Araújo (2006)

As cavernas, comuns nos ambientes cársticos, podem ser definidas como o um leito natural subterrâneo, estendendo vertical ou horizontalmente em um ou mais níveis (CHRISTOFOLETTI, 1980), algumas podem apresentar fluxo de água enquanto outras podem estar secas, isto é determinado conforme o processo de formação dos condutos subterrâneos, onde a circulação da água pode ser transferida para níveis mais baixos abandonando os níveis superiores.

Com relação à circulação da água subterrânea, Christofolletti (1980) define duas zonas, uma vadosa, onde a água circula livremente, e outra freática, localizada abaixo da zona vadosa, onde a água circula sob pressão hidrostática e as juntas e fissuras estão preenchidas. A ação da água nas cavernas resulta em uma variedade de aspectos como as estalactites que pendem do teto, e as estalagmites, assentadas no assoalho das cavernas, a junção dessas duas formas corresponde a uma coluna. As cavernas possuem uma beleza cênica que chamam a atenção de muitas pessoas e são pontos turísticos em muitos lugares, por sua importância natural e cultural, elas estão protegidas por lei. Conforme o artigo 20 da Constituição

Federal de 1988 “Art. 20 - São bens da União: [...] X - as cavidades naturais subterrâneas e os sítios arqueológicos e pré-históricos”.

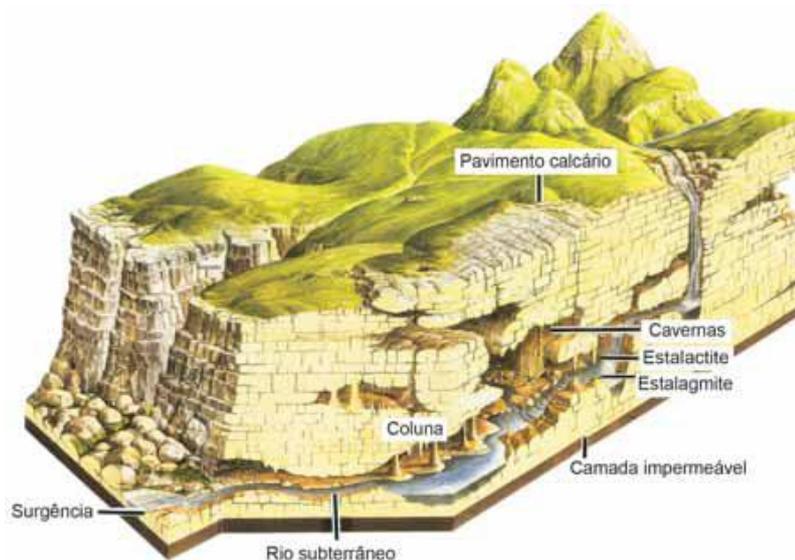


FIGURA 2 - FEIÇÕES CÁRSTICAS
FONTE: MINEROPAR (2012)

4.1.3 O carste da RMC e o aquífero carste

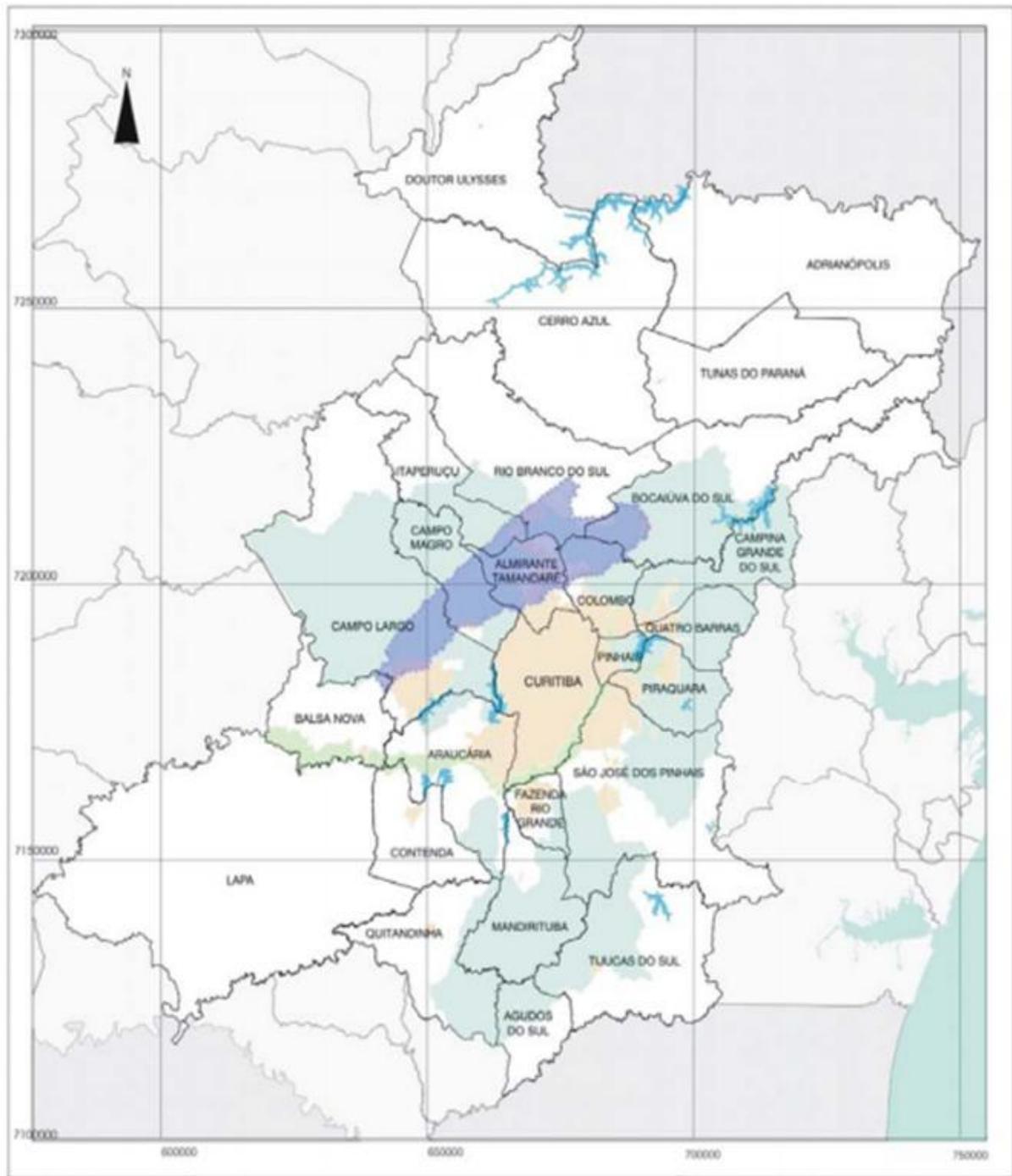
O carste na Região Metropolitana de Curitiba (RMC) é constituído por rochas metacarbonáticas da Formação Capiru do Grupo Açungui, formados na Era Neoproterozóica. Os primeiros estudos no Grupo Açungui foram realizados por Derby (1878) e sistematizados por Oliveira (1925) e Carvalho e Pinto (1937); também é importante ressaltar os estudos realizados na região por Maack (1947), Bigarella (1948, 1953 e 1956) e Salamuni (1956, 1958, 1959) (HINDI *et al.*, 2002). Segundo Bigarella e Salamuni (1958 citado por Hindi *et al.*, 2002) a morfologia do Grupo Açungui está associada a fenômenos tectônicos regionais compondo linhas de crista formadas por filito e quartzito dispostas nas direções NE-SW e por diques de diabásio nas direções NW-SE, a erosão diferencial resultou em núcleos rebaixados nas zonas formadas por rochas carbonáticas, limitadas pelas linhas de crista. Os vales esculpidos nas rochas carbonáticas são mais largos comparados aos das rochas de filito ou quartzito, e possuem o fundo aplanado permitindo a formação de dolinas e uvalas.

As rochas carbonáticas da região do carste na RMC possuem uma excelente estrutura armazenadora de água que permitiram o desenvolvimento do sistema aquífero carste, um manancial de grande valor estratégico que compreende os municípios de Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Rio Branco do Sul e Colombo totalizando uma área de 2.800 km² (FIGURA 3).

De acordo com Hind *et al.* (2002) os estudos sobre o aquífero datam desde a década de 1990 com Souza *et al.* (1992); Bonacin (1996); SANEPAR (1996); Lisboa (1997); GEA-GEOLOGIA AMBIENTAL (1998); SUDERHSA-SANEPAR-UFPR-JR (1998) e HINDI (1999). Uma série de conflitos registrados na região do aquífero levou a Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba (COMEC) a produzir o “Plano de zoneamento do uso e ocupação do solo da região do karst da Região Metropolitana de Curitiba” em 2002.

O aquífero carste situa-se dentro dos metacalcários dolomíticos distribuídos em duas faixas orientadas no sentido WSW-ENE: uma de 2 e 5 quilômetros de largura, que segue de Campo Magro até Bocaiúva do Sul, passando por Colombo e outra ao norte, paralela à primeira, de 3 a 7 quilômetros passando por Itaperuçu e Rio Branco do Sul (COMEC, 2002). Lisboa e Bonacim (1995) apresentam a compartimentação do aquífero em células compostas de massas carbonáticas (metacalcários calcíticos e dolomíticos) com excelente permeabilidade. Nos limites entre as células, estão estruturas impermeáveis correspondentes às cristas de filito e quartzito que por sua vez são entrecortadas por diques de diabásio (FIGURA 4).

O armazenamento e o fluxo da água no aquífero decorrem da dissolução da massa carbonática por meio dos planos de fraturamento oriundo dos eventos tectônicos no qual a região foi sujeita. A COMEC (2002) definiu a região em duas zonas: *Zona de influência direta*, onde ocorre os metacalcários dolomíticos, isto é, áreas geotécnica e ambientalmente vulneráveis relacionadas a recarga e produção do aquífero. *Zona de influência indireta*, formada por quartzitos, filitos e rochas do entorno cuja drenagem corre para os calcários.



Escala Gráfica **Legenda**
 0km 30km Área de Interesse do Aquífero Carste

FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE INTERESSE DO AQUÍFERO CARSTE NA RMC

FONTE: COMEC (2002) e ARAÚJO (2006)

ADAPTAÇÃO: O autor (2013)

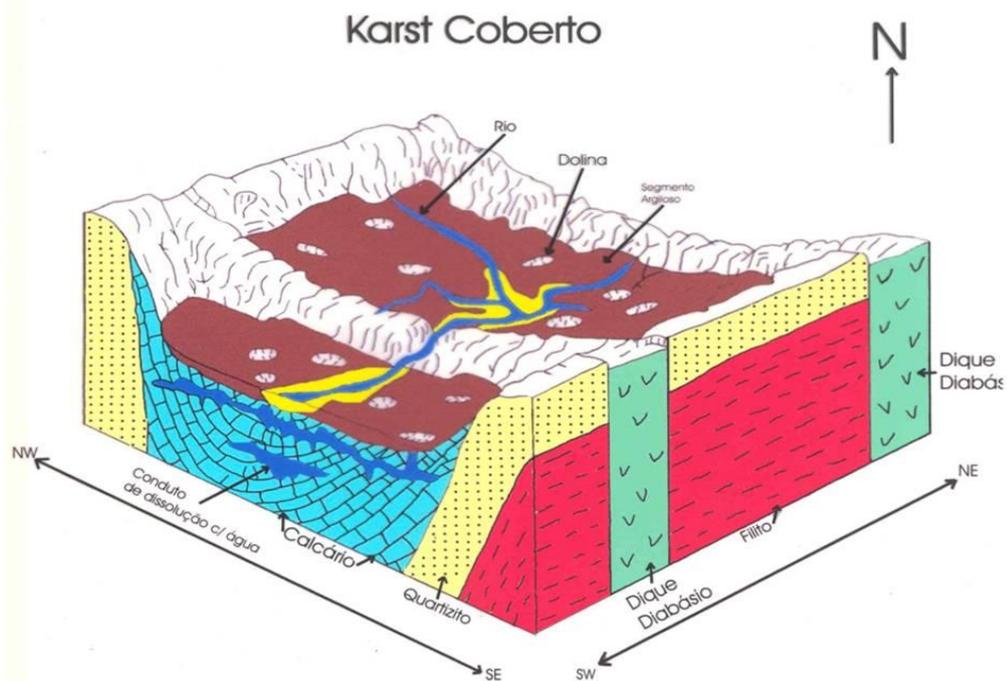


FIGURA 4 - UNIDADE MORFOESTRUTURAL (CÉLULA) MODIFICADO DE LISBOA E BONACIM, 1995
 FONTE: MINEROPAR (2012)

Os pontos de recarga do carste mais eficientes correspondem as dolinas, os sumidouros e os poljés, contudo, qualquer região de rochas carbonáticas pode ser responsável pela recarga do aquífero, isso traz consideráveis implicações ambientais uma vez todas as células do carste na região estão sujeitas a absorção de qualquer elemento poluidor (COMEC, 2002). No caso de Colombo, a falta de saneamento tem representado uma grande ameaça ao aquífero, em 2010, apenas 46% dos domicílios no município apresentavam atendimento de esgoto (IPARDIS, 2012).

Os problemas relacionados à ocupação no aquífero carste são temas de alguns estudos que buscam apresentar um diagnóstico socioambiental e propostas de ocupação, principalmente direcionado aos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo, dentre os quais se destacam: Vestena *et al.* (2002) ; Polidoro (2005); Floriani *et al.* (2006); Araújo (2006); Zarpelon (2007); Sema (2011) e Milek (2011).

4.2 O CRESCIMENTO POPULACIONAL E O ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA RMC

4.2.1 A evolução da ocupação urbana RMC

O território onde hoje se encontra a RMC iniciou a sua ocupação nos séculos XVI e XVII. Os portugueses na busca por ouro e índios, ocuparam o planalto curitibano dando início aos primeiros núcleos populacionais, dentre eles estão o Arraial Queimado (Bocaiuva do Sul), Borda do Campo (Atuba, Vilinha, Vila dos Cortes em Curitiba), Arraial Grande (São José dos Pinhais), Barigui e Tediquera (Araucária) além do povoado de Nossa Senhora da Luz e do Bom Jesus dos Pinhais. A partir de 1830 a população da região sofreu um aumento significativo com a chegada dos primeiros imigrantes alemães, a partir de 1869 a imigração se intensificou com italianos, poloneses, franceses, suíços, ingleses, sírios e libaneses. Entre 1870 e 1880 diversos colonos se estabeleceram em Curitiba, voltadas para a atividade agrícola, esses colonos definiram diversos bairros e localidades. Um grupo de colonos italianos oriundos de Morretes deu início ao povoamento de Colombo em 1878. Nesse período de imigrações, o aumento demográfico permitiu a autonomia política de Almirante Tamandaré em 1889, Colombo, Piraquara e Araucária em 1890.

A crescente urbanização brasileira na década de 1970 levou a aprovação da Lei Federal Complementar nº 14 de 1973, no qual foram definidas as Regiões Metropolitanas de São Paulo, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife, Salvador, Belém, Fortaleza e Curitiba. A Região Metropolitana de Curitiba formulou seu primeiro Plano de Desenvolvimento Integrado da RMC (PDI-RMC/1978) com base nas diretrizes da Política Nacional de Desenvolvimento Urbano da época onde se destacava a preservação dos mananciais hídricos e demais recursos ecológicos; geração de riqueza através da exploração mineral, agropecuária e atividade industrial; orientação do crescimento baseado numa estrutura em rede urbana hierarquizada.

As mudanças ocorridas no mesmo período na agricultura do Paraná substituindo a cultura do café, algodão, entre outras, pela cultura do milho e soja, fomentou o desenvolvimento de uma agricultura mecanizada no estado acentuando o êxodo rural. Nesse período a RMC praticamente dobrou em habitantes, com

contingentes populacionais de baixa renda devido à conjuntura nacional de inflação e desemprego.

A partir de 1992, recursos provenientes do Banco Mundial (BIRD) possibilitaram a implantação do PROSAM – Programa de Saneamento Ambiental da RMC. Os estudos realizados pelo PROSAM levaram a discussão do planejamento metropolitano e a realização de um novo Plano de Desenvolvimento Integrado da RMC (PDI-RMC/2001) entre os anos de 2000 e 2002, onde se buscou levar em conta os temas relacionados ao uso e ocupação do solo, sistema viário, transporte público, recursos hídricos e habitação. Dentre as recomendações do PDI-RMC/2001 está a orientação do crescimento urbano para a porção sul da RMC devido as características físicas e naturais regionais. Segundo Polidoro:

Estas características físicas e naturais dizem respeito principalmente aos aspectos geológicos e geomorfológicos da porção norte da RMC, onde, dada a sua história, desenvolveram-se núcleos urbanos que se transformaram em cidades – Almirante Tamandaré, Colombo, Bocaiuva do Sul, Rio Branco do Sul, Itaperuçu, Campo Magro e parte de Campo Largo, e que buscaram as condições topográficas mais favoráveis para tanto, ou seja, relevos planos sobre rochas carbonáticas- ambientes cársticos, inseridos num contexto regional de relevo enérgico. (POLIDORO, 2005, p.60).

Mesmo com as orientações do PDI-RMC/2001, os municípios da porção norte da RMC ainda apresentam altas taxas de crescimento populacional impulsionada por vetores de expansão urbana que pressionam a área do carste. Colombo apresentou no intervalo de 1991/2000 uma taxa de crescimento de 5,31% da população urbana. Em 2000 Colombo possuía 183.329 habitantes, esse número aumentou no censo 2010 para 212.967, onde 95% do excedente populacional ocorrido nesse período se deu na zona urbana, chegando a um total de 203.203 habitantes urbanos.

4.2.2 Demanda hídrica na RMC

Até 1945 o fornecimento de água para a RMC provinha dos mananciais captados da Serra do Mar, a população nessa época era por volta de 150.000 pessoas. Conforme o aumento populacional a captação foi direcionada para o rio Iraí

e o rio Iguaçu, que tinham uma produção máxima de 800 L/s e 3.000 L/s respectivamente (HINDI *et al.*, 2002).

Atualmente o abastecimento de água da RMC é feito da captação do rio Passaúna e do sistema Alto Iguaçu. A exploração do aquífero carste vem sendo realizada desde anos de 1990, complementando o abastecimento público de algumas cidades da RMC ou em casos como fonte única (TABELA 1). Segundo a Sanepar (2002), os municípios de Almirante Tamandaré e Bocaiúva do Sul, são abastecidos 100% pelo aquífero carste. Analisando o consumo mensal de água dos municípios descritos na tabela 1, vemos que mais de 70% provém do aquífero carste.

TABELA 1 - CONSUMO DE ÁGUA SUPERFICIAL E SUBTERRÂNEA DOS MUNICÍPIOS DA RMC

Município	Total (m ³ /mês)	Água Superficial		Aquífero Carste	
		M ³ /mês	%	M ³ /mês	%
Almirante Tamandaré	513.862	0	0	513.862	100
Bocaiúva do Sul	84.023	0	0	84.023	100
Campo Magro	15.401	1.468	9,5	13.933	90,5
Colombo	1.188.691	322.704	27	865.987	73
Itaperuçu	64.674	24.878	38,5	39.796	61,5
Campo Largo	393.616	326.366	83	67.250	17

FONTE: SANEPAR (2002)

A demanda aumenta não só com o crescimento populacional, o aumento do consumo per capita somado aos problemas no sistema de distribuição de água compõem potenciais fatores de escassez de oferta de água. Curitiba por exemplo apresenta um *déficit* da ordem de 600 L/s, isso representa aproximadamente 320 mil pessoas sem água durante 60 horas por semana (FILHO *et al.*, 2002). Em 2050 a população da RMC deve exceder 10 milhões de habitantes demandando entre 32.000 e 39.000 l/s (ANDREOLI *et al.*, 2005).

4.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL

4.3.1 Histórico da educação ambiental

A expressão educação ambiental (environmental education) foi utilizada pela primeira vez em 1965 em um encontro promovido pela Universidade de Keele na Grã-Bretanha (MORALES, 2009). A partir dos anos de 1970 a discussão sobre a problemática ambiental se intensificava e se institucionalizava por meio de eventos internacionais (SAITO, 2002).

A Conferência Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em Estocolmo realizada pela ONU em 1972, representa um marco mundial onde se associava a educação aos problemas ambientais, nessa conferência foi estabelecido um programa internacional de educação ambiental onde acabou por ser definido, três anos mais tarde, no Encontro Internacional de Educação Ambiental em Belgrado. De acordo com Barbieri (2002) esse encontro levou a aprovação da Carta de Belgrado que estruturou objetivos do programa de educação ambiental em diferentes escalas: *a conscientização, o conhecimento, as atitudes, as habilidades, a capacidade de avaliação e a participação.*

Em 1977 a Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental, realizada em Tbilisi (ex-URSS) delineou os princípios, os objetivos e as estratégias da educação ambiental. Outro evento relevante foi a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, no Rio de Janeiro em 1992 (RIO-92), onde foram criados documentos importantes para o tema como a Agenda 21, Tratado das ONG's e a Carta da Terra.

As discussões em nível global sobre a educação associado às questões ambientais foram determinantes para o desenvolvimento do campo da educação ambiental no Brasil. Segundo Morales (2009, p. 163) “esses eventos influenciam a institucionalização da educação ambiental no contexto brasileiro, bem como delimitam a diversidade de discursos e práticas que demarcam diferentes tendências e concepções da educação ambiental”. Os primeiros passos da educação ambiental no Brasil tiveram um suporte em diversos grupos como a ONU, Unesco, movimentos sociais e ONG's (LIMA, 2011).

O contexto político brasileiro de ditadura militar, onde as discussões políticas e sociais eram mais restritas, levaram as primeiras experiências sobre o assunto a ter um caráter naturalista. A redemocratização na década de 1980 trouxe novas visões ao debate ambiental, e a educação ambiental começa a ser incorporada a legislação brasileira. Conforme Barbieri:

A primeira vez que a educação ambiental aparece na legislação de modo integrado foi com a Lei 6.938 de 1.981 que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente (Art. 2o, X). Essa Lei foi posteriormente recepcionada pela Constituição Federal de 1.988 que incorporou o conceito de desenvolvimento sustentável no Capítulo VI dedicado ao meio ambiente. (BARBIERI, 2002, p. 9).

A Constituição Federal de 1988 trouxe exigências de caráter ambiental onde foram implantados ações e instrumentos legais como, por exemplo, a criação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) em 1989 e o Ministério de Meio Ambiente em 1992. A Constituição Federal juntamente com a Conferência Internacional do Rio-92 impulsionaram a criação do Programa Nacional de Educação Ambiental (PRONEA), realizado em ação conjunta dos Ministérios de Meio Ambiente (MMA) e de Educação e Cultura (MEC).

Em 1999, a criação da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), Lei nº9. 795/99, representou um avanço significativo na institucionalização da educação ambiental brasileira, a PNEA compões um instrumento legal que reafirma a importância do temática para a educação, o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável brasileiro, com base artigo 1º:

Entendem-se por educação ambiental os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade. (PNEA, Artigo 1º Lei nº9. 795/99).

Apesar de ter sido criada em 1999, essa lei só foi regulamentada em 2002, de acordo com Morales (2009) isso demonstra a inconsistência política da educação ambiental brasileira, contudo Saito (2002) afirma que a regulamentação da PNEA é um grande avanço, uma vez que a questão ambiental ganha reconhecimento político.

4.3.2 Concepções da educação ambiental

A educação ambiental possui um conjunto de classificações que são abordadas de diferentes perspectivas. Sorrentino (1997, citado por Lima, 2011) define como as principais correntes: a) conservacionista, preocupada na preservação dos recursos naturais intocados; b) educação ao ar livre, que defende o contato com a natureza por meio de caminhadas e outras formas; c) gestão ambiental, busca a participação coletiva na resolução de conflito e criticam o modo predatório do sistema capitalista e por fim; d) economia ecológica, defende os conceitos de ecodesenvolvimento e desenvolvimento sustentável e possui grande aceitação em diversas ONGs.

Lima (2011) sintetiza as diversas classificações em macrocategorias básicas: o conservacionismo, a política, a cultura e a integração das diversas dimensões do relacionamento entre educação, a sociedade e o meio ambiente. A ênfase conservadora foca em um ambiente natural desumanizado preocupando-se na preservação dos ecossistemas e na biodiversidade. A ênfase política vê os problemas ambientais como resultado do modelo político e econômico dominante, isto é, a degradação ambiental é responsabilidade principalmente do Estado e das empresas privadas. A ênfase cultural defende uma mudança de ética e de valor na relação dos indivíduos, da sociedade e o meio ambiente. A ênfase integradora se preocupa em articular toda a trama envolvida na questão socioambiental, formando um conhecimento abrangente e integrador na compreensão e resolução dos problemas.

As diferentes concepções estão associadas ao processo evolutivo pelo qual a questão ambiental sofreu ao longo das décadas, isso fez com que a educação ambiental apresentasse um caráter de constante expansão e reformulação. Morales (2008) apresenta um quadro baseado nos trabalhos de Sauv  (1997) e Sato (2001), onde sintetiza as diferentes concepções do ambiente (Quadro 1). As concepções, ora divergentes ora complementares, abre uma série de perspectivas que refletem as diferentes problemáticas socioambientais e que possibilitam o enriquecimento das práticas e discussões que envolvem a educa o ambiental, conforme Morales (2008).

Esse processo de conhecer as diferentes concepções relacionadas ao conceito de meio ambiente, por sua vez, pode expressar práticas pedagógicas e discursos antagônicos e/ou complementares de educadores e educadoras ambientais, como também podem determinar as concepções e os caminhos da pesquisa em educação ambiental, que se aproximam, ou seja, são solidárias, a uma epistemologia ambiental. (MORALES 2008, p. 167).

Representação do ambiente	Palavras-chave	Problema identificado	Objetivos da EA	Metodologias
Natureza: para ser apreciada e preservada.	Preservação, árvores, animais, natureza.	Dicotomia da relação ser humanonatureza.	Renovação do ser humano com a natureza, tornando-o parte dela; desenvolvimento da sensibilidade para pertencimento.	<ul style="list-style-type: none"> • exposições; • imersão na natureza: processos de admiração do meio natural.
Recurso: para ser gerenciado.	Água, resíduos sólidos, energia, biodiversidade, ar.	Ser humano apropriando-se de forma ilimitada dos recursos.	Manejo e gestão ambiental para um futuro sustentável.	<ul style="list-style-type: none"> • campanhas de reciclagem do lixo, • auditorias.
Recurso: para ser gerenciado.	Contaminação, efeito estufa, queimadas, danos ambientais, industrialismo.	Relação negativa do ser humano com o ambiente ameaçado.	Desenvolver competências e ações para a resolução dos problemas por meio de comportamentos responsáveis.	<ul style="list-style-type: none"> • resolução de problemas; • intervenção pelo modelo econômico.
Sistema: para compreensão e tomada de decisão.	Ecossistema, desequilíbrio, relações ecológicas.	Ser humano percebe o sistema fragmentado.	Desenvolver pensamento sistêmico para a tomada de decisão.	<ul style="list-style-type: none"> • análise das situações; • modelagem.
Meio de vida: para conhecer e cuidar do ambiente.	Tudo o que nos rodeia.	Ser humano é habitante do ambiente, porém, sem o sentido de pertencimento.	(Re)descobrir os próprios meios de vida, despertando o sentido de pertencimento.	<ul style="list-style-type: none"> • projetos de jardinagem; • trilhas interpretativas e de percepção

QUADRO 1 – CONCEPÇÕES SOBRE O AMBIENTE NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL contínua

Representação do ambiente	Palavras-chave	Problema identificado	Objetivos da EA	Metodologias
Biosfera: como local para ser vivido.	Planeta Terra, ambiente global, visão sistêmica.	Ser humano não é solidário e a cultura ocidental não reconhece a relação do ser humano com a Terra.	Desenvolver uma visão global do ambiente, considerando as interrelações.	<ul style="list-style-type: none"> estudos de caso com problemas globais; valorização das narrativas: histórias com diferentes cosmologias.
Projeto comunitário: para ser envolvido e comprometido	Responsabilidade, projeto político, transformações, emancipação, saber tradicional, sustentabilidade	Ser humano é individualista e falta compromisso com a comunidade.	Desenvolver a práxis (ação-reflexão-ação) por meio do espírito crítico e coletivo.	<ul style="list-style-type: none"> pesquisa-ação participativa para a transformação comunitária; fórum com a comunidade.
Relação sociedade-natureza (concepção emergente e recorrente nos fundamentos da EA)	Meio ambiente, desenvolvimento, socioambientalismo, saber ambiental, ética ambiental.	Ser humano se depara com conhecimento científico fragmentado e estilos de vida que levam ao consumo exagerado.	Integrar os conhecimentos sobre natureza e sociedade, facilitar a reflexão crítica e o planejamento ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Interdisciplinaridade; diálogo de saberes; pedagogia da complexidade.

QUADRO 1 – CONCEPÇÕES SOBRE O AMBIENTE NA EDUCAÇÃO AMBIENTAL conclusão

FONTE: MORALES (2008)

4.3.3 A educação ambiental aplicada aos recursos hídricos e o aquífero carste

Os problemas associados aos recursos hídricos se apresentam de diferentes aspectos, como exemplos mais comuns têm-se a contaminação das águas, o aumento da demanda, as enchentes, o desperdício e a geração de energia. A gestão dos recursos hídricos exige a ação conjunta de todos os segmentos da sociedade, principalmente do Estado, segundo Saito (2011) a educação ambiental pode surgir como uma política pública na intervenção dessa problemática.

Saito (2011) relaciona os principais projetos de educação ambiental pertinentes aos recursos hídricos. Projetos relacionados à universalização dos direitos humanos, a fiscalização de empresas potencialmente poluidoras, a conservação da fauna entre outros, podem estar associados à questão da água,

assim como muitos projetos de recursos hídricos podem apresentar um potencial educativo.

As primeiras explorações do aquífero carste em Colombo ocorreram na década de 1990, devido à falta de conhecimento técnico da área, ocorreram diversos impactos no município como secamento de rios e afundamentos de solo, que acabaram prejudicando principalmente os agricultores locais. Após esses eventos, foi criada a Câmara Técnica do Aquífero Carste de Colombo, formada por moradores, técnicos e gestores públicos com o intuito de se discutir os impactos causados pela exploração do aquífero. Durante as reuniões da Câmara Técnica foi idealizado um projeto de educação ambiental, contudo, a desarticulação desse movimento em 2003 levou a não concretização desse projeto (ZARPELON, 2007).

Outras ações relacionadas à educação ambiental no aquífero carste foram a produção do livro Geoturismo no Karst, produzido por Gil F. Piekarz em 2011 e divulgado pela Mineropar, e um material informativo produzido em 2011 pela prefeitura municipal de Colombo chamado “Colombo- Caminhos para uma cidade sustentável”, onde se abordam várias temáticas ambientais no município e dentre elas está o aquífero carste.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Produzir um material de educação ambiental exige métodos que possibilitem transmitir o conhecimento proposto e a assimilação do público alvo com a sua realidade. Segundo Ab'Saber (1993, p. 114) “Educação ambiental exige método, noção de escala, boa percepção das relações entre tempo, espaço e conjunturas; conhecimentos sobre as realidades regionais e, sobretudo, códigos de linguagem adaptados às faixas etárias do alunado”. Algumas recomendações para a produção de materiais de educação ambiental são apontadas no livro “Avaliando a Educação Ambiental no Brasil: Materiais Impressos”, Coleção Gaia-Ecoar 1996, são elas: pensar a quem se destina o material e qual o foco do trabalho, linguagem acessível aos destinatários do material, o enfoque deve ser mais real e a visão crítica é fundamental.

O público alvo pensado para produção do material foram alunos do Ensino Médio das escolas localizadas no município de Colombo. Segundo MEC (2007), no Ensino Médio, o pensamento crítico e as cidadanias ambientais devem ser aprofundadas, visando não só a qualidade de vida, mas também a justiça ambiental. As Diretrizes Curriculares da disciplina de Geografia no Ensino Médio do Paraná tem como um dos conteúdos estruturantes a dimensão socioambiental do espaço e é apontado como abordagens teórico-metodológicas as realidades local e paranaense, bem como a educação ambiental (PARANÁ, 2008). Buscou-se dessa forma promover a consciência socioambiental e o senso crítico a partir do conhecimento técnico científico de um problema ambiental que está inserido no contexto espacial dos alunos.

O folder foi escolhido como meio de divulgação por apresentar um formato mais compacto e possibilitar a inserção de informações suficientes para assunto. As informações contidas no folder foram transmitidas por meio de textos, imagens e um mapa. Cada uma desses recursos foram tratados buscando explorar o potencial de comunicação que esses meios possuem para assim chegar a um material que transmita as ideias propostas de forma coesa e didática.

5.1 PRODUÇÃO TEXTUAL

Para a produção textual foi necessário um levantamento bibliográfico geral e levantamento específico do município de Colombo a respeito do carste de uma forma geral e do aquífero carste. Esse levantamento foi de extrema importância para a confiabilidade do conhecimento transmitido, dessa forma as informações utilizadas foram baseadas em bibliografias consagradas no meio acadêmico sobre o tema carste, como por exemplo, BIGARELLA *et al.* (1994), CHRISTOFOLETTI (1980), PILÓ (2000) e TEIXEIRA *et al.*(2001).

As informações de cunho local foram baseadas em relatórios de instituições governamentais como a COMEC (2002), SANEPAR (2002) e SEMA (2007), além de alguns pesquisadores que realizaram estudos na região voltados ao aquífero carste, como LISBOA e BONACIM (1995) e HINDI *et al.*(2002). A linguagem técnica desses estudos precisou ser transferida para uma abordagem mais didática, foram realizadas as substituições de alguns termos técnicos por palavras mais acessíveis, como por exemplo, coalescência foi substituída pela palavra união. Os termos essenciais para o tema foram mantidos, contudo recebiam a definição logo em que apareciam.

5.2 RECURSOS VISUAIS

A utilização de recursos visuais compõe outra importante etapa da produção do material. Os elementos utilizados foram fotografias, ilustrações (blocos diagramas) e o mapa. As fotografias utilizadas no folder são do município de Colombo, com exceção da imagem que retrata as estalactites e as estalagmites, que nesse caso foi ideal para o material, pois representa os dois espeleotemas de forma nítida em apenas uma imagem. As fotografias do município buscam representar os conflitos associados à preservação do aquífero carste e retratam os usos urbano, rural e a atividade mineradora, como também espaços que caracterizam o ambiente cárstico e o relevo de Colombo, como a Gruta de Bacaetava e o Morro da Cruz.

Os blocos diagramas são recursos utilizados para a representação do relevo que tem a vantagem de representar a superfície terrestre de forma tridimensional. No relevo cárstico, as feições superficiais e subterrâneas são marcantes, logo, os blocos diagramas são ideias para a representação de um recorte espacial abrangendo essas feições.

Foram utilizados dois blocos diagramas, o primeiro foi extraído de Araújo (2006), uma adaptação de BIGARELLA *et al.*(1994). Essa ilustração compõe uma sequência de blocos que representam a evolução de uma dolina. O segundo bloco diagrama foi do livro “Geoturismo no karst”, é uma imagem mais detalhada, onde é mostrada a composição simplificada de um ambiente cárstico com a geologia, a infiltração da água na rocha e algumas feições subterrâneas. Este bloco diagrama foi mais explorado, sendo realizadas algumas adaptações para encaixar o tema poluição do aquífero. O intuito é compor, em uma imagem, os elementos naturais que caracterizam um ambiente cárstico como também indicar o risco de contaminação que está relacionado ao aquífero carste.

O mapa produzido representa a geologia do aquífero carste em Colombo, para produção do mapa foram utilizados como base o Mapa geológico do Paraná na escala 1:250.000, mapa de conflitos de uso no carste na escala 1:20.000 e mapa de bairros de Colombo na escala 1: 75.000, disponível na Secretaria Municipal de Planejamento de Colombo. As coordenadas da gruta de Bacaetava e o Morro da Cruz foram coletados com um aparelho de GPS, coordenadas UTM, do sistema SAD 69, fuso 22.

No mapa foram representados as três principais geologias do aquífero carste: mármore, filito e quartzito. Também foram representados alguns pontos de referência como a Igreja Nossa Senhora do Rosário, o Colégio Estadual Abraham Lincoln e alguns bairros.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O produto final resultou em um folder com dimensões de 42 cm de comprimento e 21 cm de altura (ANEXO). O folder foi estruturado para que seja dobrado até três vezes, assumindo, quando dobrado, as dimensões 10,5 cm de comprimento e 21 cm de altura. O conteúdo do folder, de uma forma geral, foi organizado em uma parte externa, composto de textos e imagens, e uma parte interna compõe o mapa.

A capa do folder (FIGURA 5) contém o título do material “AQUÍFERO CARSTE EM COLOMBO – PR: CONHECER PARA PRESERVAR ” e uma imagem da entrada da Gruta de Bacaetava. O título transmite diretamente as intenções do material, que é fornecer o conhecimento sobre aquífero carste em Colombo voltado para a preservação. A imagem da gruta de Bacaetava que ilustra a capa remete a um espaço de conhecimento comum dos alunos, possibilitando que estes se identifiquem com o material.

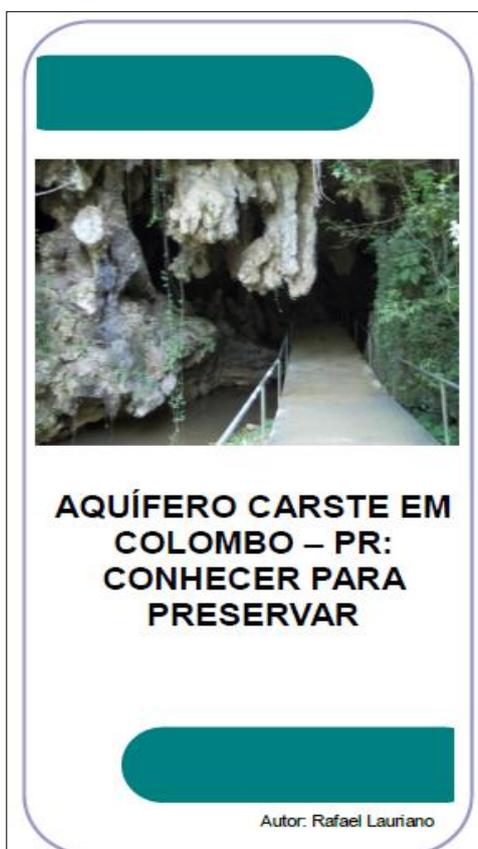


FIGURA 5 - CAPA DO FOLDER

FONTE: O autor (2012)

Ao abrir a primeira dobra do folder, o aluno encontrará uma estrutura com textos e ilustrações, essa parte do material foi dividido em duas seções: “O QUE É O CARSTE?” e “O AQUÍFERO CARSTE” (FIGURA 6).

A primeira seção busca situar o aluno aos conceitos essenciais para a compreensão do tema, são discutidos nessa parte: A etimologia do termo carste e a sua atual definição; as rochas carbonáticas e suas características; e as principais formas cársticas : dolina, uvala, poljés e as cavernas.

O QUE É O CARSTE ?

O carste (karst) é um termo de origem servo-croata que significa campo de pedras calcárias, sendo primeiramente utilizado para as regiões calcárias em Rječka na antiga Iugoslávia no século XIX. Atualmente esse termo se refere às áreas que possuem diferentes formas de relevo que se desenvolvem em rochas carbonáticas.

A rocha carbonática é um tipo de rocha que possui dois minerais principais na sua composição: a calcita (CaCO₃), e a dolomita (CaMgCO₃), as rochas carbonáticas, quando metamorfozadas, dão origem aos mármore. Esse tipo de rocha é muito suscetível à ação da água. A água da chuva dissolve essa rocha quando ela penetra em seus poros e fraturas, formando assim diferentes feições que caracterizam uma paisagem cárstica.

O ambiente do carste é caracterizado por um conjunto de formas que podem ser divididas em: a) exocársticas – formas cársticas na superfície terrestre; e b) endocársticas – formas cársticas subterrâneas. Como exemplo de feição exocárstica temos as dolinas. Dolinas que são depressões fechadas, circulares ou ovais, que se formam na superfície devido a dissolução das rochas. Quando uma ou mais dolinas se unem, originam uma uvala, e a união de dolinas e uvalas resultam em um poljé.

Evolução de uma dolina

A figura A representa uma dolina, ao lado da dolina é mostrado um abismo, que é uma feição endocárstica assim como as cavernas, mas os abismos se diferenciam por se desenvolverem na vertical, enquanto as cavernas se desenvolvem horizontalmente.

Na figura B, duas dolinas se juntam e formam uma uvala.

A dissolução da rocha se mantém e na figura C, as dolinas e uvalas próximas uma das outras, com diferentes tamanhos, se juntam e formam um poljé.

Fonte: BICARELLA ET AL., 1994.
Adaptação: Maria Izabel Araújo, 2006.

As cavernas são cavidades naturais subterrâneas que podem ou não estar ocupadas por rios. A ação da água no interior das cavernas cria uma variedade de formas que são chamadas de espeleotemas, as estalactites e estalagmites são os exemplos mais comuns. O gotejamento da água no interior de uma caverna arrasta os minerais da rocha carbonática, com a deposição desses minerais forma-se as estalactites, que surgem do teto das cavernas, e as estalagmites, que crescem no chão das cavernas.

Fonte: <http://www.infoescola.com>

O AQUÍFERO CARSTE

O aquífero carste é um importante reservatório de água subterrâneo que se formou a partir do acúmulo da água da chuva que infiltra nos poros e fraturas das rochas carbonáticas. A permeabilidade dessas rochas faz com que as áreas do carste possuam uma excelente capacidade de armazenar água. A água, em contato com a matéria orgânica presente no solo, aumenta a sua acidez e isso ajuda a intensificar o processo de dissolução.

O aquífero carste, situado na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), ocupa uma área aproximada de 2800 km² e abrange além de Colombo, também os municípios de Campo Largo, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaperuçu, Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul. O aquífero se destaca tanto pela sua quantidade, quanto pela qualidade da água, em Colombo, aproximadamente 73% da água consumida provém do aquífero carste.

Chuva
Dessecação do chorume
Cavernas
Resíduos em terrenos
Rio
A contaminação do aquífero compromete a qualidade da água oferecida para a população.

O esgoto não tratado leva à contaminação do aquífero.

Mármore → Rocha impermeável

Fonte: http://www.minteropar.pr.gov.br/aquiferos/Files/Painel_geologicos/FormacaoCapitulosKarst_portugues
Adaptação: Rafael E. Lauriano

O aquífero carste é reabastecido por meio das chamadas zonas de recarga que podem ser as dolinas ou os poljés por exemplo, contudo, qualquer área onde ocorre as rochas carbonáticas pode ser responsável pela recarga do carste. Isso faz com que aquífero possua um risco natural à contaminação, uma vez que suas áreas de recarga podem absorver qualquer elemento poluidor. Se a água da chuva entrar em contato, por exemplo, com esgoto ou chorume, há grandes chances dessa água ir para o aquífero.

A água do aquífero carste é essencial para os abastecimento da população de Colombo e demais cidades da RMC e a sua contaminação coloca em risco a qualidade dessa água fornecida. Vale ressaltar que uma vez poluídas as águas de um aquífero, leva-se muito tempo para reverter a situação.

FIGURA 6 - SEÇÕES “O QUE É O CARSTE?” E “O AQUÍFERO CARSTE”
FONTE: O autor (2012)

As duas imagens utilizadas nessa parte são essenciais para ilustrar as ideias do texto, elas são responsáveis por exemplificar as feições exocársticas e endocársticas. O bloco diagrama na seção “O QUE É O CARSTE ?” mostra a evolução de uma dolina e cada etapa do processo é descrito ao lado da ilustração, a

outra imagem dessa seção retrata o interior de uma caverna onde são indicados dois espelotemas, as estalactites e a estagmites. O fato das cavernas representarem atrativos naturais, desperta o interesse dos alunos, podendo ser explorado para uma melhor compreensão das cavernas como parte de um ambiente cárstico e como elas estão associadas ao aquífero carste.

A seção “O AQUÍFERO CARSTE”, traz o tema para uma escala local-regional e se inicia discussão sobre o risco de contaminação do aquífero. É descrito como a ação da água e a natureza permeável das rochas possibilitaram a formação do reservatório subterrâneo, também se faz menção da abrangência do aquífero e a importância dele para o abastecimento de Colombo e outros municípios da RMC.

O bloco diagrama utilizado nessa seção traz uma visão do carste como um sistema no qual foi adaptado buscando incluir o uso antrópico nesse sistema (FIGURA 7). Junto com os elementos naturais, como as rochas, o rio e a vegetação, a imagem possui alguns pontos que são destacados, permitindo ver a área em questão mais detalhada. Isso ocorre no ponto onde há o contato do solo com a rocha e a água da chuva infiltrando as fraturas da rocha, no córrego é indicada uma imagem de um esgoto ao céu aberto, e em outro ponto no rio foi inserido uma imagem de uma pessoa bebendo água. O texto abaixo dessa imagem explica a suscetibilidade de contaminação intrínseca ao aquífero e menciona como isso pode comprometer o abastecimento hídrico da população.

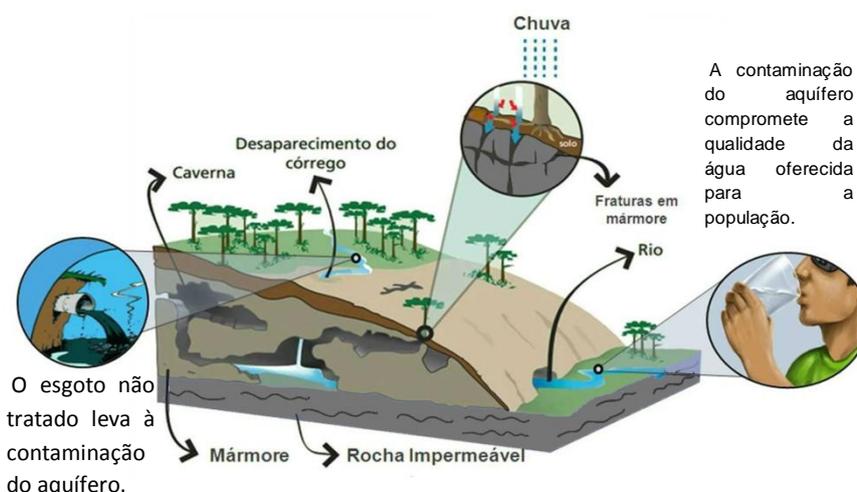


FIGURA 7 - BLOCO DIAGRAMA DA SEÇÃO “O AQUÍFERO CARSTE”

FONTE: MINEROPAR (2012)

ADAPTAÇÃO: O autor (2012)

Essas duas seções compõem uma etapa focada na introdução dos conceitos e subsídios para compreensão do carste, como também se inicia a discussão do problema principal que o folder visa tratar que é a poluição do aquífero carste. O texto e as ilustrações estão estruturados de forma a esclarecer satisfatoriamente os títulos colocados em de cada seção, partindo do conhecimento técnico levando até ao problema o ambiental.

A parte interna do folder compõe uma seção única onde se explora o mapa do município Colombo (FIGURA 8). Essa seção é responsável por situar o aluno a realidade local, são indicados alguns elementos no mapa como a igreja Nossa Senhora do Rosário, o Colégio Abraham Lincoln, a Rodovia da uva e a Estrada da Ribeira, são espaços representativos e visam com que o aluno que reside no município se identifique com o espaço representado e passe a contextualizar a questão ambiental em discussão.

A geologia do aquífero carste é representada pelas principais rochas (mármore, filito e o quartzito), a origem e formação dessas rochas são explicadas no canto inferior direito. Apoiados nas explicações anteriores, os alunos poderão identificar as áreas de mármore, que estão diretamente relacionadas à recarga do aquífero, e também estão associadas vulnerabilidade de contaminação. A delimitação do centro de Colombo no mapa, que compõe a área mais urbanizada dentro do aquífero carste no município, é apontada como uma área de risco eminente de poluição.

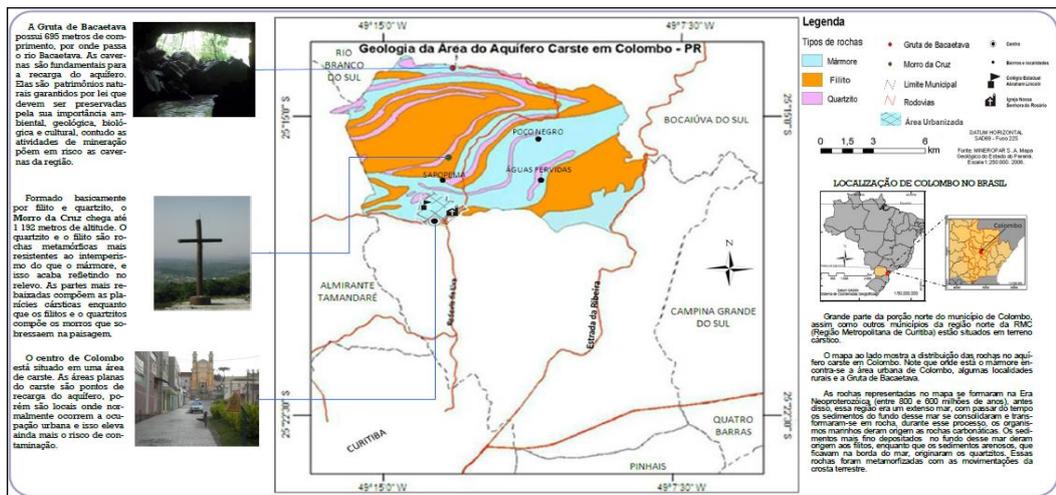


FIGURA 8 - PARTE INTERNA DO FOLDER
 FONTE: O autor (2012)

No canto esquerdo dessa seção são apresentados três recortes espaciais: A Gruta de Bacaetava – onde se discute a importância natural e cultural das cavernas e o seu papel no aquífero carste; o Morro da cruz – onde é caracterizado o papel das rochas mais resistentes ao intemperismo dentro da paisagem cárstica; o centro de Colombo – discute-se a ocupação das áreas planas do carste onde se acentua o risco de poluição.

A última seção, “ATIVIDADES QUE COMPROMETEM A QUALIDADE DA ÁGUA NO AQUÍFERO CARSTE”, são registrados os principais conflitos de uso do solo que põem em risco a água do aquífero: A ocupação urbana, o uso rural e a atividade mineradora (FIGURA 9). Essa seção tem o papel de apontar os problemas ambientais que esses usos oferecem, fomentando visão crítica dos alunos. O texto final dessa seção aponta uma ação conjunta da população e gestores públicos no planejamento da cidade para a resolução dos problemas apontados, a intenção é associar a defesa da qualidade ambiental como um exercício de cidadania.

ATIVIDADES QUE COMPROMETEM A QUALIDADE DA ÁGUA NO AQUÍFERO CARSTE

 **Ocupação Urbana:** As atividades urbanas são diversas, como por exemplo, a moradia, o comércio e o transporte. Essas atividades, quando não são planejadas, influenciam muito para a poluição do aquífero carste, principalmente por meio do esgoto não tratado, do lixo ou cemitérios.

O uso rural: A principal ameaça à qualidade da água do aquífero que as atividades agrícolas oferecem está no uso de agrotóxicos, que em Colombo são usados principalmente na hortifruticultura. A agricultura orgânica tem sido uma boa solução para esse problema.



 **Atividade mineradora:** A mineração é uma atividade econômica há muito tempo estabelecida em Colombo, as rochas extraídas são matéria-prima para a produção de cimento, cal e corretivo de solo, contudo, quando essa atividade é realizada de forma inadequada resulta na degradação ambiental. A mineração produz uma grande quantidade de resíduos industriais, além disso, é responsável pela destruição de grutas e cavernas que deveriam ser preservadas.

Como podemos ver, em Colombo e nas demais cidades do carste, existem atividades econômicas e sociais que representam riscos notáveis para a contaminação das águas do aquífero, isso exige que a cidade seja planejada com a ação conjunta de governantes, população e técnicos que busquem conciliar as ações humanas com a preservação do carste.

Você tem papel importante na conservação da qualidade da água do aquífero carste.

FIGURA 9 – ÚLTIMA SEÇÃO DO FOLDER
FONTE: O autor (2012)

O final desta seção contém a frase “Você tem papel importante na conservação da qualidade da água do aquífero carste”. O intuito dessa frase é despertar um sentimento de compromisso por parte dos alunos na preservação do aquífero carste, incluindo estes como agentes sociais envolvidos na resolução do problema em questão. O ambiente escolar pode corresponder a um espaço onde o aluno inicie sua prática enquanto cidadão, como por exemplo, questionando com a direção da escola a respeito de como se é tratado os resíduos sólidos e esgoto da escola.

6.1 RECOMENDAÇÕES PARA O USO DO FOLDER

O papel de mediador do professor na utilização de um material de educação ambiental é de fundamental importância para uma aprendizagem efetiva, além da organização do material e as formas de uso dele, o professor tem a função de estimular a curiosidade e o senso crítico dos alunos. Esse tópico aponta algumas recomendações para a aplicação do folder “AQUÍFERO CARSTE EM COLOMBO – PR: CONHECER PARA PRESERVAR”.

Os temas e conceitos tratados no folder são de grande relevância para a disciplina de Geografia, podendo ser explorados nos conteúdos de geografia física e cartografia, contudo, é importante que haja uma abordagem interdisciplinar do material para que ele não se torne apenas um material complementar de um conteúdo, mas sim um suporte para uma prática efetiva de educação ambiental. É essencial o diálogo entre outros conhecimentos além da Geografia que complementem ou apontem outras visões sobre o problema discutido. Alguns assuntos podem ser abordados mais profundamente como a dissolução da rocha carbonática ou a história da ocupação do centro de Colombo, esses temas podem ser explorados nas disciplinas de Química e História.

O folder objetiva fornecer um conhecimento técnico que embase a consciência ambiental e estimule o exercício da cidadania a partir de um problema inserido no contexto espacial dos alunos. Na aplicação desse material, o professor tem o papel de incentivar o debate, é importante dar espaço para os alunos mostrarem a sua compreensão do tema e apresentarem experiências pessoais.

Algumas atividades extraclases também podem ser realizadas, a Mineropar, localizada em Curitiba, cerca de 10 km do centro de Colombo, possui um museu de rochas aberta a visitação, muitos dos assuntos citados no folder estão expostos no museu, como as rochas carbonáticas e atividade mineradora na RMC. Os locais representados no mapa também podem ser destino de visitação, como por exemplo, o centro de Colombo, a Gruta de Bacaetava e o Morro da Cruz. Essas atividades extraclases podem oferecer outra perspectiva aos alunos em relação ao espaço abordado. A utilização do folder, acompanhado das atividades extraclases atendem três das quatro práticas pedagógicas do ensino de Geografia que são apontadas nas Diretrizes Curriculares da Educação Básica no Paraná, são essas três práticas: a aula de campo, os recursos áudio visuais e a cartografia.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo consistiu na produção de um material de educação ambiental voltado à preservação do aquífero carste em Colombo – PR, partindo do pressuposto que a educação ambiental tem o papel de estimular a consciência socioambiental e o exercício da cidadania, sendo que esse estímulo deve ser embasado pelo conhecimento.

Os debates sobre a educação ambiental no cenário internacional foram determinantes para a institucionalização da educação ambiental no Brasil. Ao longo dos últimos 50 anos, a educação ambiental vem sendo amplamente discutida diante das constantes crises socioambientais que atuam em diferentes escalas. Compreende-se que a demanda hídrica e os problemas ambientais que envolvem o aquífero carste na RMC estão inseridos nessa crise socioambiental.

É importante ressaltar que o carste é marcado por ser um ambiente naturalmente frágil e que essa característica deve ser levada em conta em processos de sua ocupação, contudo, os municípios da área norte da RMC, como Colombo e Almirante Tamandaré, que estão situados em terrenos cárstico, vêm apresentando ao longo das últimas décadas elevadas taxas de aumento populacional, aumento este que é marcado pela falta de infraestrutura e ordenamento territorial.

Ao mesmo tempo em que o processo desordenado de ocupação coloca em risco o aquífero carste, esse aumento da população na RMC reafirma ainda mais a necessidade de ações voltadas à preservação da água do aquífero, uma vez que, desde a década de 1990, diante do aumento da demanda hídrica, o aquífero carste tem representado uma excelente fonte de abastecimento. O material produzido busca conscientizar sobre a importância de preservação do aquífero tanto para o município de Colombo como para a RMC.

As etapas da produção do material envolveram: pesquisa bibliográfica sobre o tema proposto, a transposição dos assuntos pertinentes para uma linguagem mais acessível, inclusão de ilustrações, blocos diagramas e fotografias, além da produção de um mapa com a função de espacializar os elementos tratados e permitir que os alunos se situem diante da problemática. O resultado final foi um folder onde os temas se distribuíam em seções abordando assuntos que partiam desde a

conceituação e caracterização do ambiente cárstico até a formação do aquífero carste, bem como as suas potencialidades e fragilidades.

As ações direcionadas de gestão e preservação do aquífero carste devem incluir todos os setores da sociedade, dessa forma a educação ambiental é um dos melhores meios de envolver a população nesse processo. O material produzido, uma vez aplicado no ensino formal, poderá apontar aos alunos os problemas ambientais que envolvem o aquífero e apresentá-los a um tema onde muitas vezes o debate fica restrito a órgãos técnicos do Estado.

8 REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, Aziz. A universidade brasileira na (re) conceituação da educação ambiental. *Educação Brasileira*. Brasília, 15, v. 31, p. 107-115, 2º semestre de 1993.

ARAÚJO, M. L. M., 2006. A influência do aquífero carste em Almirante Tamandaré. **R. RA' EGA** (UFPR), V. 1, N. 1, pp. 20-37.

ANDREOLI, C. & CARNEIRO, C. *Gestão Integrada de Mananciais de Abastecimento Eutrofizados*. Curitiba: Sanepar, 2005.

BARBIERI, J. C. EA OS PROBLEMAS AMBIENTAIS. In: COEA/MEC. **Educação Ambiental Legal**. Brasília: Ministério da Educação, 2002, p. 7-11.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: UFSC, v. 1, 1994.

BERLINCK, C. N.; CALDAS, A. L. R.; MONTEIRO, A. H. R. R. ; SAITO, C. H. Contribuição da educação ambiental na explicitação e resolução de conflitos em torno dos recursos hídricos. **Ambiente & Educação** (FURG), Rio Grande-RS, v. 8, p. 117-130, 2003.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal, 1988.

BRASIL, Decreto- lei nº 9795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política de Educação Ambiental e dá outras providencias. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1999.

CARVALHO JÚNIOR, O. A.; *et al.* Ambientes Cársticos. In: FLORENZANO, T.G **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. p. 185-218.

COSTA, P. R. **Educação ambiental no ensino médio: uma análise da prática docente em uma escola estadual de Belém-Pará**. 142f. Dissertação (Mestrado). Universidade da Amazônia, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente Urbano, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA-COMEC. **Plano de zoneamento do uso e ocupação do solo da região do karst da Região Metropolitana de Curitiba**. Paraná, 2002.

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA-COMEC. **Mapa de Localização de conflitos**. Curitiba, Escala 1:20.000. Folha A103. Curitiba –PR. 2002.

CZAPSKI, S.1998. **A implantação da Educação Ambiental no Brasil.** MEC,Brasília, DF.

FLORIANI, N. *et al.* Avaliação da fragilidade geossistêmica de uma microbacia sobre geologia cárstica: potencial e limitações. **R. RAÍGA**, Curitiba, n. 11, p. 115-127, 2006. Editora UFPR.

HINDI, E. C; ROSA FILHO, E. F.; LUCENA, L. R.; BITTENCURT A. V. L.; MONTAVANI, L. E.; XAVIER, J. M; NADAL, C. A.; GIUSTI, D. A. **Características hidrogeológicas do aquífero cárstico em Colombo (PR) e impactos ambientais resultantes da sua exploração.** XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2002.

HINDI, E. C; ROSA FILHO, E. F.; LUCENA, L. R.; Os aquíferos que contribuem no abastecimento da cidade de Curitiba-Paraná. **Revista Águas Subterrâneas**, nº 16. Maio 2002, p. 1-6, 2002.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – IPARDES. **Perfil do município de Colombo.** Curitiba – PR, 2012. Disponível em:<http://www.ipardes.gov.br/perfil_municipal/MontaPerfil.php?Municipio=83400>. Acesso em: 14/11/2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTÁTISCA - IBGE. **Censo Demográfico 2010: Características da População e dos Domicílios: resultados do universo.** Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 22/11/2012.

PEREIRA JUNIOR, J. S. Recursos Hídricos – Conceituação, Disponibilidade e Usos. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília, 2004.

LIMA, G. F. C. **Educação Ambiental no Brasil – Formação, identidades e desafios.** 1ª ed. Campina, SP: Papirus, 2011.

LISBOA, A. A.; BONACIM, E. A. **Sistema aquífero cárstico:** reservatório elevado da Região Metropolitana de Curitiba. Revista SANARE. nº 4. Curitiba, 1995.

MINERAIS DO PARANÁ - MINEROPAR S. A. **Mapa geológico do Estado do Paraná.** Curitiba, Escala 1:250.000. Curitiba-PR. 2006.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO – MEC. **Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental.** Brasília: MEC/UNESCO, 2007.

MILEK, Cristiano Bernardo. **Avaliação do risco de contaminação da água subterrânea em uma área urbana do aquífero carste em Almirante Tamandaré.** Paraná. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2011.

MORALES, A. G. Processo de institucionalização da Educação Ambiental: tendências, correntes e concepções. **Pesquisa em Educação Ambiental**, São Paulo, vol. 4, n. 1 – pp. 159-175, 2009.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Departamento da Educação de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Da Educação Básica- Geografia** . 2008.

PIEKARZ, G. F. **Geoturismo no karst**. Mineropar, Curitiba, 2011.

PILÓ, L. B. Geomorfologia cárstica. In: **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Minas Gerais, v. 1, n. 1, p. 88-102, 2000.

POLIDORO, G. F. B. **Karst na bacia do Alto Iguaçu, região metropolitana de Curitiba: aspectos geológicos para a gestão da ocupação do solo e do uso do aquífero na sub-bacia hidrográfica do rio Pacatuba em Almirante Tamandaré-PR**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SAITO, C. H. Política nacional de educação e construção da cidadania: desafios contemporâneos. In: RUSCHEINSKY, A. (org). *Educação Ambiental: abordagens múltiplas*. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 47-60.

SAITO, C. H. ; BASTOS, F. P. ; ABEGG, I. . Teorias-guia educacionais da produção dos materiais didáticos para a transversalidade curricular do meio ambiente do MMA. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 45, p. 1-10, 2008.

SAITO, C. H. Educação Ambiental no Brasil e a crise socioambiental mundial. **Espaço em Revista**, v. 11, p. 1-14, 2009.

SAITO, C. H. As mútuas interfaces entre projetos e ações de Educação Ambiental e de gestão de recursos hídricos: subsídios para políticas de Estado. **Ambiente e Sociedade**.Campinas, v. XIV, p. 213-227, 2011.

SAITO, C. H. As mútuas interfaces entre projetos e ações de educação ambiental e de gestão de recursos hídricos: subsídios para políticas de estado. SEMA-SP. Campinas, 2010.

SEMA - SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Plano da Bacia Do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira: Relatório de Diagnóstico**. Curitiba. P. 25-32, 2007.

SANEPAR – Companhia Paranaense de Saneamento. Relatório de Produção. Curitiba: 2002.

SUDERHSA-SANEPAR-UFPR-JR. **Projeto Karst - Progress Report I e II**. Curitiba: Suderhsa/Sanepar/Comec/IJR/UFPR, 1998.

TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. M.; TAIOLI, F. **Decifrando a terra**. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

TRAJBER, R.; Manzochi, L. **Avaliando a educação ambiental no Brasil: materiais impressos**. São Paulo: Editora Gaia, Coleção Gaia-Ecoar,1996.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. Sistema de Bibliotecas. **Teses, dissertações, monografias e trabalhos acadêmicos**. Curitiba: Editora UFPR, 2007.

VESTENA, Leandro Redin; KOBAYAMA, Masato; SANTOS, Leonardo J. C. Considerações Sobre Gestão Ambiental em Áreas Carste. **R. RA' EGA** (UFPR), v. 4, n. 6, p. 81-94, 2002.

APÊNDICE

FOLDER “AQUÍFERO CARSTE EM COLOMBO –PR: CONHECER PARA PRESERVAR”

O AQUÍFERO CARSTE

O aquífero carste é um importante reservatório de água subterrânea que se formou a partir do acúmulo da água da chuva que infiltra nos poros e fraturas das rochas carbonáticas. A permeabilidade dessas rochas faz com que as áreas do carste possuam uma excelente capacidade de armazenar água. A água em contato com a matéria orgânica presente no solo, aumenta a sua acidez e isso ajuda a intensificar o processo de dissolução.

O aquífero carste, situado na Região Metropolitana de Curitiba (RMC), ocupa uma área aproximada de 2800 km² e abrange além de Colombo, também os municípios de Campo Magro, Campo Largo, Almirante Tamandaré, Itaipu, Bocaiúva do Sul e Rio Branco do Sul. O aquífero se destaca tanto pela sua quantidade, quanto pela qualidade da água em Colombo, aproximadamente 73% da água consumida provém do aquífero carste.



O aquífero carste é reabastecido por meio das chamadas zonas de recarga que podem ser as dolinas ou os poços por exemplo, contudo, qualquer área onde ocorre as rochas carbonáticas pode ser responsável pela recarga do carste. Isso faz com que aquífero possua um risco natural à contaminação, uma vez que suas áreas de recarga podem absorver qualquer elemento poluidor. Se a água da chuva entrar em contato, por exemplo, com esgoto ou chorume, há grandes chances dessa água ir para o aquífero.

A água do aquífero carste é essencial para o abastecimento da população de Colombo e demais cidades da RMC e a sua contaminação coloca em risco a qualidade dessa água fornecida. Vale ressaltar que uma vez poluídas as águas de um aquífero, leva-se muito tempo para reverter a situação.

ATIVIDADES QUE COMPROMETEM A QUALIDADE DA ÁGUA NO AQUÍFERO CARSTE

Ocupação Urbana: As atividades urbanas são diversas, como por exemplo, a moradia, o comércio e o transporte. Essas atividades, quando não são planejadas, influenciam muito para a poluição do aquífero carste, principalmente por meio do esgoto não tratado, do lixo ou cemitérios.

O uso rural: A principal ameaça à qualidade da água do aquífero que as atividades agrícolas oferecem está no uso de agrotóxicos, que em Colombo são usados principalmente na hortifruticultura. A agricultura orgânica tem sido uma boa solução para esse problema.

Atividade mineradora: A mineração é uma atividade econômica há muito tempo estabelecida em Colombo, as rochas extraídas são matéria-prima para a produção de cimento, cal e concreto de solo, porém, quando essa atividade é realizada de forma inadequada resulta na degradação ambiental. A mineração produz uma grande quantidade de resíduos industriais, além disso, é responsável pela destruição de grutas e cavernas que deveriam ser preservadas.

Como podemos ver, em Colombo e nas demais cidades do carste, existem atividades econômicas e sociais que representam riscos notáveis para a contaminação das águas do aquífero. Isso exige que a cidade seja planejada com a ação conjunta de governantes, técnicos e população, que busquem conciliar as ações humanas com a preservação do carste.

Você tem papel importante na conservação da qualidade da água do aquífero carste.

O QUE É O CARSTE ?

O carste (karst) é um termo de origem sêno-croata que significa campo de pedras calcárias, foi primeiramente utilizado para as regiões calcárias em Flêcia na antiga Yugoslávia no século XIX. Atualmente esse termo se refere às áreas que possuem diferentes formas de relevo que se desenvolvem em rochas carbonáticas.

A rocha carbonática é um tipo de rocha que possui dois minerais principais na sua composição: a calcita (CaCO₃) e a dolomita (CaMgCO₃), as rochas carbonáticas, quando metamorfozadas, dão origem aos mármore. Esse tipo de rocha é muito suscetível ao intemperismo causado pela água. A água da chuva dissolve essa rocha quando ela penetra em suas fraturas e fissuras, moldando diferentes feições e formas de relevo que caracterizam uma paisagem cárstica.

O ambiente do carste, simplificado, pode ser caracterizado por um conjunto de formas divididas em: a) **epocársticas** – formas cársticas na superfície terrestre; e b) **endocársticas** – formas cársticas subterrâneas. Como exemplo de feições epocársticas temos as dolinas. Dolinas são depressões fechadas, circulares ou ovais, que se formam na superfície devido ao rebolamento do terreno. Quando uma ou mais dolinas se unem, originam uma uvala, e a união de dolinas e uvalas resultam em um polje.



As cavernas são exemplos de feições endocársticas. Elas são definidas como cavidades naturais subterrâneas que podem ou não estar ocupadas por rios. A ação da água no interior das cavernas cria uma variedade de formas que são chamadas de espeleotemas, as estalactites e estalagmites são os exemplos mais comuns. O gotejamento da água no interior de uma caverna transporta e deposita minerais formam-se as estalactites, que surgem do teto das cavernas, e as estalagmites, que crescem no chão das cavernas.

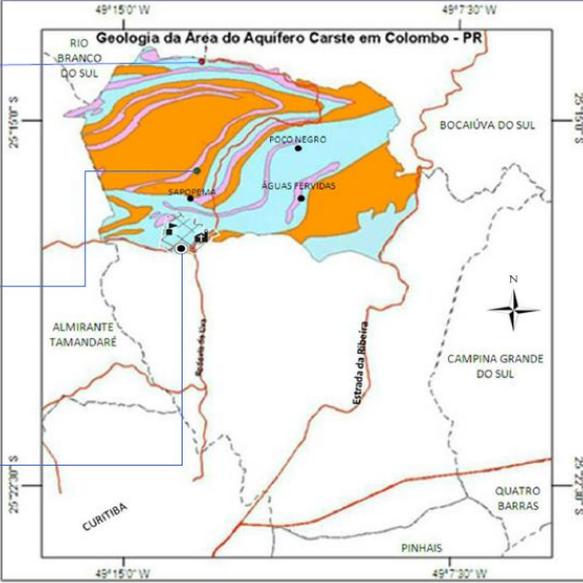
AQUÍFERO CARSTE EM COLOMBO – PR: CONHECER PARA PRESERVAR

Autor: Rafael Lauriano

A Gruta de Bacaeava possui 605 metros de comprimento, por onde passa o rio Bacaeava. As cavernas são fundamentais para a recarga do aquífero. Elas são patrimônios naturais garantidos por lei que devem ser preservadas pela sua importância ambiental, geológica, biológica e cultural, contudo, as atividades de mineração põem em risco as cavernas da região.

Formado basicamente por filito e quartzito, o Morro da Cruz chega até 1.192 metros de altitude. O quartzito e o filito são rochas metamórficas mais resistentes ao intemperismo do que o mármore, e isso acaba refletindo no relevo. As partes mais rebalsadas compõem as planícies cársticas enquanto que os filitos e os quartzitos compõem os morros que sobressaem na paisagem.

O centro de Colombo está situado em uma área de carste. As áreas planas do carste são pontos de recarga do aquífero, porém são locais onde normalmente ocorrem a ocupação urbana e isso eleva ainda mais o risco de contaminação.



Legenda

- Tipos de rochas:
 - Mármore
 - Filito
 - Quartzito
 - Rodovias
 - Área Urbanizada
- Gruta de Bacaeava
- Morro da Cruz
- Limite Municipal
- Estação de Tratamento de Água
- Estação de Tratamento de Esgoto
- Estação de Tratamento de Resíduos Sólidos

LOCALIZAÇÃO DE COLOMBO NO BRASIL

Grande parte da porção norte do município de Colombo, assim como outros municípios da região norte da RMC (Região Metropolitana de Curitiba), estão situados em terreno cárstico.

O mapa ao lado mostra a distribuição das rochas no aquífero carste em Colombo. Note que onde está o mármore encontra-se a área urbana de Colombo, algumas localidades rurais e a Gruta de Bacaeava.

As rochas representadas no mapa se formaram na Era Neoproterozóica (entre 800 e 600 milhões de anos), antes disso, essa região era um estuário marinho com passagens para os sedimentos do fundo desse mar se consolidaram e transformaram-se em rocha, durante esse processo, os organismos marinhos deram origem as rochas carbonáticas. Os sedimentos mais fino depositados no fundo desse mar deram origem aos filitos, enquanto que os sedimentos arenosos, que ficaram na borda do mar, originaram os quartzitos. Essas rochas foram metamorfozadas com as movimentações da crosta terrestre.