



## Pensando Geofísica, Pegada Ecológica, Crédito de Carbono

Fabrizio Pinheiro da Conceição<sup>1</sup>, Danusa Mayara de Souza<sup>1</sup>, Marcus Danilo Ferreira Borges da Costa<sup>1</sup>, Lúcia Maria da Costa e Silva<sup>2</sup>, 1 – Curso de Pós-Graduação em Geofísica, 2 – Faculdade de Geofísica, IG/UFPA.

Copyright 2008, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica

*Este texto foi preparado para a apresentação no III Simpósio Brasileiro de Geofísica, Belém, 26 a 28 de novembro de 2008. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do III SimBGF, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.*

### Resumo

A pegada ecológica é uma medida da área afetada pelos danos ambientais concernentes às ações humanas sobre o meio. Um dos impactos que afetam diretamente a humanidade está relacionado à emissão de gases poluentes na atmosfera. Na tentativa de reduzir tais emissões, foi criado o Certificado de Redução de Emissões. O geofísico ambiental deve estar ao par desses e de outros temas relacionados ao meio ambiente e compreender como eles se relacionam com geofísica, como se ensaia aqui em relação a recursos minerais, alimentação e água, etc.

### Introdução

A Geofísica tem se mostrado uma ferramenta extremamente útil na proteção ambiental. A despeito disso, essa sua utilidade ainda é pouco conhecida no Brasil, assim como a própria Geofísica. Isso tem várias raízes e contribuições diversas têm chamado a atenção para a necessidade de se divulgar Geofísica, como a pesquisa sobre Diagnóstico Geofísica conduzida com o apoio da SBGf (Ussami, 2006).

Divulgar Geofísica não significa a simples apologia a essa ciência, mas se inserir nas comunidades onde ela pode ser compreendida, o que exige compreender os signos usados por essas comunidades. No caso da Geofísica aplicada a problemas ambientais, ajudaria aos profissionais em Geofísica conhecer temas difundidos na comunidade ambientalista.

Escolhemos dois temas bastante difundidos na comunidade ambientalista, mas pouco explorados pelos profissionais em Geofísica – Pegada Ecológica e Crédito de Carbono – para pensar nas relações dos mesmos com Geofísica, com as tendências (a maioria já conhecida) que eles reforçam.

Primeiramente, os dois temas são introduzidos. Em seguida, são apresentadas co-relações entre os mesmos.

A idéia de se compreender um pouco melhor pegada ecológica e créditos de carbono e a relação da Geofísica com esses temas surgiu dentro de disciplina da pós-graduação voltada à Geofísica Ambiental do Curso de Pós-Graduação em Geofísica (CPGF) da Universidade Federal do Pará (UFPA). Trata-se de um exercício aberto para as considerações e reflexões da comunidade. Por isso mesmo, durante a apresentação do poster, os interessados poderão calcular a própria pegada ecológica.

### Pegada Ecológica

A expressão **pegada ecológica** é uma tradução do Inglês **ecological footprint** e refere-se à quantidade de terra e água que seria necessária para produzir os recursos que uma população consome e para absorver os seus resíduos, tendo em conta todos os recursos materiais, energéticos e tecnológicos existentes.



Figura 1- Pegada ecológica (charge de WWF, 2008).

A expressão foi primeiramente usada em 1992 por William Rees, um ecologista e professor canadense da Universidade da Columbia Britânica. Em 1995, Rees e Mathis Wackernagel publicaram o livro *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth* Sete anos depois, em 2002, o termo foi consagrado na Cimeira Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável ocorrida em Johannesburgo (África do Sul), como importante indicador de sustentabilidade, por permitir a agregação de indicadores diversos.

Medindo-se a Pegada Ecológica de uma população (um indivíduo, uma cidade, uma nação ou toda a humanidade) é possível medir seu impacto sobre a natureza, o que fornece subsídios para o gerenciamento sustentável dos recursos ecológicos. A Pegada Ecológica, em outras palavras, permite às pessoas tomarem tanto ações individuais como coletivas em favor de um mundo em que a humanidade possa viver em equilíbrio com os recursos disponíveis do planeta.

A Pegada Ecológica é medida avaliando-se a apropriação areal de uma dada população. Uma vez que as pessoas usam recursos de todas as partes do mundo, afetam espaços cada vez mais distantes. A medida da pegada ecológica corresponde, conseqüentemente, ao somatório de uma série de pequenas áreas distribuídas por todo o planeta. Daí a designação Pegada Ecológica, i.e., no sentido da **marca** que a humanidade deixa no planeta.

Para calcular essas áreas de apropriação por uma dada população é necessário estimar em detalhes (i) o consumo de bens e serviços e (ii) a produção de resíduos da população sob estudo.

Os bens e serviços incluem: os recursos naturais, a energia, o transporte, a habitação, os alimentos, os produtos originas do uso da madeira (lenha, papel, mobiliário, etc.), o vestuário, o lazer, entre outros

Os resíduos, por sua vez, englobam toda a sorte de dejetos, desde os detritos domésticos até os industriais e, inclusive, os resíduos representados pelo próprio descarte do ser humano após a sua morte (cemitérios).

A área necessária à produção ou absorção de cada item é, então, obtida dividindo-se a média anual de consumo ou capacidade de absorção desse item, pela média da sua produtividade.

As áreas consideradas são as seguintes: área cultivada, área de pasto, área de recursos marinhos, área de exploração mineral, área construída e área de floresta (inclusive necessária para absorver as emissões de dióxido de carbono). Ainda não foi possível entrar em consideração com variáveis importantes, como os consumos de água e a liberação de poluentes tóxicos, por insuficiência de dados. Os valores das Pegadas Ecológicas apresentados têm sido, conseqüentemente, subestimados.

Segundo Cidin & Silva (2004), a humanidade estava

As áreas urbanas, com um pouco mais da metade da população mundial, são responsáveis por 80% das emissões de carbono, 75% do uso da madeira e 60% do consumo de água. As cidades não ocupam uma área tão grande da paisagem terrestre, apenas de 1 a 5% no mundo inteiro, mas consomem 75% dos seus recursos.

### Crédito de Carbono

O termo **crédito de carbono** (*carbon credits*) ou **certificado de redução de emissão** (CRE, do inglês, *certified emission reductions*) (Fig. 2) está relacionado ao acordo firmado pelo Protocolo de Kyoto pelos países da Organização das Nações Unidas em dezembro de 1997, que determinou que os países desenvolvidos signatários reduzam suas emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 5,2% tomados em relação às emissões do ano de 1990, entre 2008 e 2012. A finalidade do acordo é controlar a interferência humana sobre o clima mundial (United Nations, 1998).

O acordo determinou uma cota máxima de emissões de GEE que cada país pode emitir e, isto, acelerou a criação de leis que restrinjam as emissões de GEE em vários países.

Créditos de Carbono criaram um mercado para a redução de GEE dando um valor monetário à poluição. Os países (ou indústrias) que não conseguem atingir as metas de redução de emissões impostas tornam-se potenciais compradores daqueles que conseguiram diminuir suas emissões ou possuem emissões abaixo das cotas determinadas, porque esses últimos podem vender o excedente de "redução ou permissão de emissão" no mercado nacional ou internacional, como créditos de carbono.

A expressão *crédito de carbono* refere-se a todos os GEE. O gás carbônico (CO<sub>2</sub>) foi usado na expressão por representar a maior quantidade de gases emitida na atmosfera. O potencial de aquecimento global do CO<sub>2</sub> foi estipulado como 1 e o dos demais gases tomados em relação ao potencial do CO<sub>2</sub> (Tab. 1). Por exemplo, o potencial de aquecimento global do gás metano (CH<sub>4</sub>) é 21 vezes maior do que o potencial do CO<sub>2</sub>, portanto o CO<sub>2</sub> equivalente do metano é igual a 21 créditos de carbono.



Figura 2 – Marca crédito de carbono (Care, 2008).

Tabela 1 – Tepos de GEEs e respectivos créditos de carbono e seus valores monetários em 2008 e fonte de origem.

NOME DO GÁS	FOR-MULA	Nº DE CRÉDITOS	R\$/tonelada	ORIGEM
Dióxido de Carbono	O <sub>2</sub>	1	36,98	Combustões
Metano	CH <sub>4</sub>	21	776,58	Decomposição de matéria orgânica
Óxido Nitroso	NO <sub>2</sub>	310	11.463,80	Escape dos veículos motorizados; centrais termoelétricas; fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico
Hidrofluorcarbonetos	HFC	140 – 11700	5.177,20 – 432.666,00	Produtos de refrigeração e aerossóis
Perfluorcarbonetos	PFC	6500 – 9200	240.370,00 – 340.216,00	Processos industriais
Hexafluoreto de Enxofre	SF <sub>6</sub>	23900	883.822,00	Produção de Magnésio em indústrias elétricas

### Geofísica x Pegada Ecológica x Crédito de Carbono

As reflexões derivadas da relação da Geofísica com os dois temas ambientais são agrupadas a seguir em tópicos.

#### 1) Recursos naturais minerais (e energia)

A antiga missão dos geofísicos de prospecção de bens minerais certamente continuará ocupando papel de destaque até o esgotamento das reservas. No entanto, agora se destaca também seja o aumento na pegada ecológica que a exploração desses bens promove, seja, em alguns casos, a emissão de GEE relacionada.

Raramente será possível, mesmo que a empresa de exploração empregue marketing verde e marketing social, deixar de vinculá-la ao desequilíbrio do planeta. Os vilões será o carvão e todos os insumos minerais cuja exploração se caracterize pela grande agressão ao meio ambiente, inclusive os hidrocarbonetos. Obviamente, a exploração dos minerais radioativos (cuja prospecção, aliás, é relativamente desnecessária pela abundância dos mesmos) ocupa e continuará ocupando, devido aos resíduos eternos das usinas nucleares, a posição de ameaça extrema ao desequilíbrio do planeta.

À medida que a situação como um todo se agrava, toda atividade associada à exploração mineral, incluindo a Geofísica, tenderá a ser vinculada ao benefício que a exploração mineral por ventura promova, mas muito mais aos prejuízos que deixa ou pode deixar, direta ou indiretamente ao planeta.

#### 2) Alimentação e Água

A prospecção de fosfatos (fertilizantes) e a prospecção de água subterrânea, em especial, fogem ao exposto anteriormente, devido à sua importância na produção de alimentos.

A água subterrânea é mais usada na agricultura, que nas outras áreas do consumo humano por meio da irrigação.

Por outro lado, até 2025, o colapso mundial no abastecimento de água poderá ser vivido por 2/3 da população mundial. Daí ser considerado que o papel estratégico que coube ao petróleo no século 20 caberá à água no século

21. A água potável perfaz menos de 3% da água existente no planeta e a maior parte desta, 69%, está retida nas calotas polares sob a forma de geleiras e não pode ser utilizada, 0,3% forma rios e lagos e quase 30% constitui lençóis de água subterrânea (Shiklomanov 1999).

A demanda por água subterrânea reserva especial lugar à prospecção geofísica de água. Em certo sentido, ela parece ampliar a área disponível para as pegadas ecológicas, porque a quantidade de terra e água consideradas necessárias para produzir os recursos que uma população consome e para absorver os seus resíduos, no caso da água entende-se que é relacionada aos corpos de água superficiais. Se for correta essa interpretação, os ecologistas devem explicitar melhor como o conceito de pegada ecológica pode ser articulado para considerar duas áreas: a superficial ocupada, por exemplo, por área construída, e a projeção na mesma superfície da área de um lençol de água subterrâneo (essa observação, aliás, seria válida também para a prospecção de hidrocarbonetos).

#### 3) Proteção Ambiental

A geofísica pode ser aplicada à detecção, mapeamento, prevenção e monitoramento de poluições e contaminações em projetos com potencial poluidor e contaminador. Em outras palavras, é uma ferramenta para a redução da pegada ecológica desses projetos. A poluição e a contaminação que serão alvo de trabalhos geofísicos quase sempre estarão relacionadas aos corpos de água e, mais raramente, ao solo. Como a demanda por água cresce e ela não é bem infinito (a água é renovada em quantidade por meio do ciclo hidrológico, mas como a sua capacidade de diluir e de assimilar resíduos é limitada, ela sofre alteração na sua qualidade) caberá um papel de enorme destaque à proteção da água por meio da Geofísica.

As ferramentas geofísicas mais úteis são os métodos elétricos e eletromagnéticos (EM), porque rastreiam a resistividade da subsuperfície, que é primordialmente relacionada ao conteúdo de água presente bem como aos íons nela dissolvidos. Esses métodos permitem obter informação sobre a localização do aquífero e o sentido do fluxo da água que é o principal veículo de disseminação de contaminações. Algumas plumas de contaminação

podem ser detectadas diretamente, em geral pelo contraste de resistividade que apresentam.

Segundo Bodstein & Silva (1999), dada a relevância da água para o desenvolvimento da humanidade, os trabalhos geofísicos experimentarão uma enorme demanda. Estes são também trabalhos com o menor risco de retorno para os interessados em empreender em Geofísica.

#### 4) Madeira

A extração de madeira e o conseqüente desmatamento ampliam extremamente as pegadas ecológicas além de aumentar as emissões de GEE (dióxido de carbono). Daí ser apontado que a devastação das florestas poderá levar a um aquecimento generalizado da atmosfera, conhecido por "efeito estufa" que, por sua vez, poderá acelerar o derretimento das calotas polares e contribuir para a elevação do nível do mar.

As florestas tropicais, exageros a parte, certamente são reguladoras dos padrões climáticos globais. No Hemisfério Norte, fenômenos como ciclos de chuvas desregulados e o aumento de dióxido de carbono na atmosfera já seriam resultados do desmatamento registrado nos trópicos.

O controle do desmatamento é idealmente feito através de sensoriamento remoto, que é capaz de acompanhar a evolução das áreas devastadas, além de subsidiar nas fiscalizações e ações contra o desmatamento.

O sensoriamento remoto geofísicos compreende o eletromagnético, o gravimétrico e o magnético, mas o primeiro, que é o usado para acompanhar o desmatamento (fotos diversas em várias bandas do espectro eletromagnético), é uma dessas áreas que, embora pertencentes à Geofísica, é mais amplamente aplicada por outros profissionais (Luiz & Silva 1995).

#### 5) Venda de créditos de carbono pelas Prefeituras

O preço médio atual do crédito de carbono em reais é R\$36.9805323. O Brasil tem uma redução média diária de 6811 toneladas, tendo assim um rendimento médio diário de R\$251.874,00, o que daria para construir cerca de 20 casas populares por dia.

Provavelmente, a primeira cidade a entrar no negócio de créditos de carbono foi a cidade brasileira que mais polui, São Paulo com seus mais de 6 milhões de veículos, de acordo com o DETRAN e cerca de 34 mil industriais, segundo o IBGE.

Em 2007, a cidade de São Paulo fez o primeiro leilão de créditos de carbono no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Foram negociados créditos correspondentes a 808.450 toneladas de dióxido de carbono, de titularidade da Prefeitura de São Paulo. A prefeitura arrecadou cerca de R\$34 milhões. O prefeito de São Paulo, Gilberto Kassab disse que os recursos arrecadados com a venda dos créditos serão usados para projetos de melhoria de vida e recuperação de áreas públicas. O prefeito anunciou também que novos leilões de créditos de carbono já estão programados para ser realizados pela Prefeitura.

Em princípio, a utilização de créditos de carbono por uma prefeitura pode ser bastante lucrativa se a cidade administrada por essa prefeitura tiver um volume grande de veículos ou de indústrias que emitam gases poluentes. Por outro lado, indústrias que sejam implantadas de acordo com o MDL, geram também créditos.

A tendência que interessa aqui é que esse mercado deverá se tornar cada vez mais popular. É interessante ao geofísico voltado às questões ambientais, portanto, compreender como os trabalhos dos quais participa ou pretende oferecer se articula ou se relaciona com os créditos de carbono, além da pegada ecológica. É interessante compreender essas relações para os seus contatos com as prefeituras e indústrias. Em outras palavras, o geofísico ambiental deve agora estar apto a explicar, por exemplo: como a investigação de um substrato a ser usado para depósito de lixo reduz a pegada ecológica e como o gás que ali é produzido pode ser captado e utilizado, reduzindo a emissão de GEE e aumentando os créditos de carbono que poderão ser colocados à venda.

#### Considerações Finais

A conscientização de um modo geral seja da população, das secretarias, etc. cabe não apenas ao geofísico, mas a todo cidadão que lucrou nesta sociedade assimétrica um grau de compreensão superior.

Ao geofísico que tem interesse em trabalhar na área ambiental cabe também estar atualizado com as novidades nesta área. O estudante de Geofísica deve observar que, sua falta de interesse com esse tipo de atualização, acena para a sua incompatibilidade com os trabalhos voltados à Ambiental. Todo profissional em ambiental, tirando os exageros a parte, deve ter em mente que sua atuação é eminentemente formadora de opiniões, é social até porque não há ciência neutra.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem aos demais colegas da disciplina Geofísica Aplicada à Prospecção de Água Subterrânea e à Investigação Geotécnica e de Meio Ambiente do CPGF pelo apoio fornecido durante a confecção deste trabalho.

#### Referências

- Bodstein, A. B. & Silva, L. M. C. 1999. A lei 9.433 e seus reflexos no ensino de geociências. VI Simpósio Brasileiro de Geofísica.
- Care. 2008. Logo do crédito de carbono. Disponível em: <http://www.caresocialcarbon.com>.
- Cidin, R. C. P. J. & Silva, R. S. 2004. Pegada Ecológica: instrumento de avaliação dos impactos antrópicos no meio natural. Estudos Geográficos, Rio Claro, 2(1): 43-52.
- Luiz, J. G. & Silva, L. M. C. S. 1995. Geofísica de Prospecção. vol. 1. Belém, Brasil.

Shiklomanov, I. A. 1999. World water resources at the beginning of the 21<sup>st</sup> century. St. Petesburg: SHI/UNESCO. Disponível em: <<http://webworld.unesco.org/water/ihp/db/shiklomanov>>. Acesso em: 21.03.2008.

United Nations. 1998. Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. Kyoto, Japan.

Ussami, N., 2006. Diagnostico Geofísica. Publicação da Sociedade Brasileira de Geofísica, N. 3. Disponível em: <<http://www.sbgf.org.br/diagnostico2006/>>.

WWF, 2008. O que compõe a pegada? Disponível em: [http://www.wwf.org.br/wwf\\_brasil/pegada\\_ecologica/o\\_que\\_compoe\\_a\\_pegada/index.cfm](http://www.wwf.org.br/wwf_brasil/pegada_ecologica/o_que_compoe_a_pegada/index.cfm).