



IMPACTOS EXTENSIVOS E INTENSIVOS, SUA PREVISÃO, AVALIAÇÃO E MEDIDAS DE PROTEÇÃO *

Geraldo Stachetti Rodrigues **

RODRIGUES, Geraldo Stachetti. Impactos extensivos e intensivos, sua previsão, avaliação e medidas de proteção. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(1): 19-25, 1º sem. 1988.

Com a determinação legal da necessidade de se realizarem Relatórios de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA) para a aprovação dos projetos de construção de instalações potencialmente poluidoras, tem vindo à tona uma polémica quanto à própria definição de Impacto Ambiental, e às formas de execução de um Relatório. Devido às dificuldades de se realizarem os inventários que se tem proposto, levantando detalhadamente dados da condição ambiental de uma área qualquer, coloca-se como premente a necessidade de se definirem metodologias exequíveis. Como qualquer previsão é um exercício de lógica e bom senso, procura-se, através desse artigo, trazer à luz alguns métodos e idéias no sentido de clarear a concepção acerca das avaliações e previsões de impactos. Através da distinção conceitual entre os impactos de larga abrangência geográfica (extensivos) e aqueles relativos às atividades de engenharia (intensivos) comenta-se, por meio de exemplos e estudos de caso, formas modelísticas de se realizarem as estimativas e interpretam os resultados.

Ambiente, Impacto, Ecologia, Metodologia

RODRIGUES, Geraldo Stachetti. Extensive and intensive environmental impact assessment and prediction. *Rev. Ensino Eng.*, São Paulo, 7(1): 19-25, 1st. sem. 1988.

In addition to the determination of the Environmental Impact Analysis (RIMA) as a requirement for building a potentially pollutant plant a properly definition of methodologies for the preparation of such document is needed. Due to difficulties for the measurement of data to make an inventory, as has been suggested by some Governmental Agencies, and as any prediction is a practice of logic thinking and judgment, some modelistic approaches which are more suitable are suggested. With a distinction between extensive (geographic big scale) and intensive (those related with engineering enterprises) impacts, through case analysis, the procedures to take the data and explain the results of an impact analysis are stated.

Ecology, Environment, Impact, Methodology.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos sobre impactos ambientais, sua conceituação e metodologia de execução têm história relativamente recente, aliada estreitamente ao desenvolvimento recente da teoria ecológica e sua divulgação mais ampla nos meios extra acadêmicos. Foi, provavelmente, após o Programa Internacional de Biologia (IBP-UNESCO) da década de 70 que as bases conceituais e teóricas para se realizarem predi-

ções sobre o comportamento dos ecossistemas emergiram, a partir da falácia da pesquisa sobre fluxos energéticos. Ocorreu que após o investimento de grandes somas e esforços para a modelagem e quantificação dos fluxos energéticos, nos mais diferentes tipos de ecossistemas naturais, percebeu-se que a técnica, trabalhosa e muito refinada, não apresentava vantagens em relação ao monitoramento do comportamento das populações (especialmente aquelas de espécies indicadoras) e do ciclo da matéria (especialmente nutrientes). Nessa nova fase da evolução da teoria ecológica os conhecimentos adquiridos na pesquisa de campo resultaram em rápida resposta sobre o entendimento da dinâmica ambiental, florescendo a idéia de que o comportamento futuro de um ecossistema, sujeito a diferentes formas de manejo, poderia

* Conferência realizada na IV Semana de Engenharia Civil, Curso de Engenharia do Meio Ambiente. DEC/DAEM, Escola de Minas de Ouro Preto.

** Ecólogo, Mestre em Ciências pela UNESP-Rio Claro. Prof. de Ciências do Ambiente da Escola de Minas de Ouro Preto. Praça Tiradentes, 20. Ouro Preto, MG. - CEP 35.400.

ser previsto com base no conhecimento de sua estrutura e função. Entende-se por estrutura de um ecossistema a assembléia de componentes bióticos e abióticos (vivos e não vivos) que o compõe e, por função, as interrelações entre estes componentes, isto é, as transferências de matéria e energia. Quando se fala em impacto, seja ele negativo ou positivo, refere-se a alterações do estado de equilíbrio dinâmico em que se encontram estes atributos.

2 OS IMPACTOS EXTENSIVOS

Pensando-se primeiramente nos impactos que aqui serão definidos como extensivos, caracterizados por impossibilidade ou grande dificuldade de delimitação da área de abrangência, e efeitos cumulativos, progressivos e crônicos como contaminação por poluentes químicos, chuvas ácidas ou substâncias tóxicas, manejo inadequado do solo, alteração de microclima e propagações de pragas, etc; temos duas alternativas, não excludentes. Pode-se primeiramente atender tão somente ao comportamento das populações, animais, vegetais ou microbianas, sujeitas a ação de determinada força externa degradante. Um pesquisador experimentado pode diagnosticar quais componentes de um ecossistema se prestarão mais a indicar o impacto em cada caso, sendo que então, através de censos populacionais circunscritos, avaliam-se as alterações em curso ou ocorridas (para as avaliações) ou, em escala laboratorial, as alterações esperadas, estimando o resultado final dessas alterações em modelos do sistema em questão.

Imagine-se, por exemplo, que se queira prever ou avaliar o impacto causado pela liberação de água quente (ou contaminada) das torres de resfriamento de uma usina nuclear num lago. Com levantamentos rápidos pode-se definir quais os principais organismos, componentes dos níveis tróficos do sistema, coletá-los e testar sua resistência a um aumento de 5°C na temperatura da água (a amplitude a ser estudada obviamente dependerá dos dados de volume de corpo receptor, temperatura e vazão da água liberada, etc.). Eliminando as espécies não aptas a suportarem aquele choque térmico, ou mesmo aumentando suas populações no caso de terem sua atividade melhorada, e avaliando o efeito disso num modelo simplificado de rede alimentar para o lago, obtém-se uma medida de impacto que pode ser analisada em termos,

por exemplo, da redução da atividade pesqueira e seu reflexo econômico-social. No caso de querer-se avaliar um impacto ocorrido, basta comparar-se duas áreas similares no lago, uma sob efeito e outra livre, através de índices de similaridade, aplicáveis sobre o modelo, que permitem quantificar objetivamente o impacto. Uma das metodologias adequadas a esse tipo de avaliação utiliza o Índice de Morisita de Similaridade entre comunidades (1):

Índice de Simpson de Diversidade:

$$\lambda \text{ (dominância)} = \frac{\sum Ni(Ni-1)}{N(N-1)}$$

onde Ni é o número de indivíduos da população;

e N é o número total de indivíduos na comunidade.

Utilizando-se este índice calculado para duas comunidades diferentes, calcula-se o índice de Morisita de similaridade:

$$I_m = \frac{2 \sum x_i y_i}{(\lambda_1 + \lambda_2) N_1 N_2}$$

onde xi é o número de indivíduos da espécie i na comunidade, 1, yi o número de indivíduos da mesma espécie i na comunidade 2, e N1 e N2 o número total recenseado nas comunidades 1 e 2.

Por exemplo, naquele lago ocorrem duas áreas, uma afetada pelo despejo de água quente, e outra similar quanto às condições ecológicas, mas livre do impacto. O levantamento das espécies de algas ou microcrustáceos, revela o seguinte resultado hipotético:

TABELA 1: Resultado hipotético do levantamento das populações de espécies indicadoras em duas áreas similares, uma sob efeito de impacto, e outra livre.

ESPÉCIE	ÁREA 1	ÁREA 2
1	50	0
2	25	7
3	12	15
4	6	30
5	0	60
S=5	N1=93	N2=112

Aplicando o método:

$$\lambda_1 = 0,375$$

$$\lambda_2 = 0,375$$

$$\sum x_i y_i = 535$$

$$I_m = 0,14$$

Este resultado significa apenas 14% de similaridade. Se o levantamento foi realizado numa mesma área, antes e depois do impacto qualquer, ou em duas áreas que deveriam ser similares, pode-se dizer que o impacto representa 86% de alteração. Esse tipo de metodologia apresenta grande eficácia num amplo domínio de eventos, em variados níveis de escala. Contudo, por vezes, a manutenção da estrutura não tem interesse, dependendo da forma de manejo decidida para certa área, como no caso da exploração agro-pastoril ou silvicultural. Além disso, há casos em que embora a estrutura não apresente reação imediata ao impacto, este poderá apresentar-se de forma instantânea, ainda, em futuro. AUERBACH (2) apresentou um exemplo onde, devido à aplicação de arsênico em amostras de solo, não se percebia alteração significativa na população bacteriana ou sua atividade. A lixiviação de nutrientes indicava a fatalidade de um estresse, devido a depreciação nutricional, após 6 semanas.

Pode-se pretender aplicar a certas áreas formas de manejo onde embora com alteração paisagística profunda, o impacto possa vir a ser considerado positivo, resultando em incremento de produtividade, por exemplo, sendo que nesses casos as avaliações de impacto, ainda extensivo, serão baseadas na função.

Para exemplificar este tipo de linha metodológica, retorno a meados de 1980, quando pesquisava a dinâmica (produtividade, ciclagem de nutrientes e decomposição) de um ecossistema de cerrado marginal

no interior paulista (3), numa reserva de aproximadamente 40 ha. Ocorreu que no início de 81, toda a área no entorno da reserva foi desmatada, e introduzida a atividade canavieira, sofrendo extensivas aplicações, inclusive aéreas, de defensivos agrícolas, especialmente herbicidas. Isso levantou certas indagações: Qual será o efeito da contaminação dessa reserva por esses defensivos? Continuará a ser esta área representativa enquanto reserva de pesquisa? A fim de responder a essas questões elaboramos um experimento baseado no seguinte modelo:

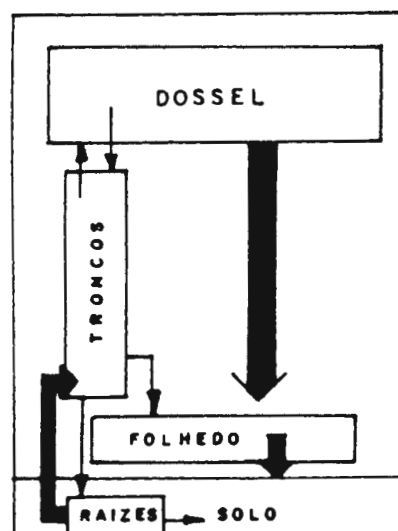


Figura 1 – Modelo esquemático simplificado da estrutura e processos em um ecossistema florestal

TABELA 2 – Parâmetros a nível populacional e de sistema medidos em microcosmos em solo, tratados com 100 ppm de Na_2HAsO_4 (segundo AUERBACH (2))

Tratamento Nível (mg/cm)	Parâmetro de população		Parâmetro de sistema	
	ATP concentra- ção ($\mu\text{/g solo}$)	Densidade de bactérias (10^4/g solo)	Nutriente lixiviado	
			Ca($\mu\text{/ml}$)	$\text{NO}_3\text{-N}$ ($\mu\text{g/ml}$)
0	$1,58 \pm 0,33$	$0,50 \pm 0,11$	$20,3 \pm 1,7$	$32,4 \pm 4,8$
100	$1,52 \pm 0,30$	$0,63 \pm 0,18$	$29,4 \pm 2,9$	$132,2 \pm 26,0$

De todos estes processos, selecionamos aquele que permitisse um monitoramento metodologicamente simples sendo sensível ao impacto da aplicação de defensivos químicos. Estudando a taxa de decomposição do folheto, utilizando amostras do folheto "in natura" como controle, e amostras do mesmo universo tratadas com diferentes classes de defensivos, notamos que, de 14 períodos experimentais, a aplicação de inseticida reduziu a taxa de decomposição em até 36% em 3 períodos, o herbicida reduziu em 36% em 12 períodos, e o fungicida reduziu em até 33% em 4 períodos (4).

Esse resultado nos permite prever uma queda na produtividade da comunidade, que causaria um efeito bola de neve, podendo levar à regressão do ecossistema em termos da dinâmica do seu funcionamento. Isso porque se ocorre menor liberação de nutrientes do folheto para o solo, deverá ocorrer repressão nutricional nas plantas, que produzirão menos folheto e assim progressivamente.

A proposição de medidas saneadoras ou protetoras nesse tipo de impacto, extensivo, leva a tecer considerações de caráter geral, como emprego de tecnologias alternativas, menos agressivas e poluidoras, adequação das épocas e quantidades de aplicação de defensivos, quando indispensáveis, tratamento de efluentes domésticos e industriais antes de sua liberação no ambiente, etc. Isso porque é impossível, ou quase, falar-se em descontaminação de solos, da biomassa, ou de qualquer grande componente dos ecossistemas, de forma geral só o tempo é capaz de sanar esses danos.

3 OS IMPACTOS INTENSIVOS

Resta entretanto o problema de escala. Quando se fala em impacto ambiental, deve-se ter em mente que se aborda um tema que abrange desde a contaminação de um riacho por resíduos domésticos, até a construção de uma usina como Itaipu! Nesse último caso, dos grandes empreendimentos de engenharia, como construção de estradas ou barragens, urbanização, mineração, e outras obras que envolvam grande movimentação de massa, emprego de complexa rede de transportes e alteração profunda e imediata da paisagem, pode-se qualificar o impacto como intensivo. Nota-se que, desde que o empreendimento seja executado dentro dos melhores padrões de projeto, impe-

dindo a degradação de seu entorno, como é de Lei, o impacto abrangerá uma área conhecida e delimitada, seja qual for sua extensão.

Nesse tipo de projeto deve-se diagnosticar os pontos potenciais de impacto no entorno, área de não abrangência, sanando, através do emprego de equipamentos e procedimentos adequados, esses pontos negativos. A emissão de particulados e poeiras ou águas com alta carga de sólidos em suspensão, numa mina, é um exemplo comum. O projeto deve avaliar precisamente os níveis de eficiência dos equipamentos ou sistemas de controle dessas emissões, evitando medidas corretivas futuras, sempre onerosas.

A avaliação desse tipo de impacto necessariamente envolve uma equipe multidisciplinar, devido aos aspectos sociais e econômicos diretos de alta relevância, devendo-se se preocupar com os objetivos finais do projeto, numa óptica avançada. Por exemplo, aplicar esforços e recursos na reconstituição da flora nativa numa área minerada com pressão imobiliária é investir no incremento de gastos futuros.

Esse tipo de avaliação de impacto tem sido executada envolvendo os conhecimentos amadurecidos de uma equipe que contabilize, numa matriz os níveis de impacto de cada atividade particular sobre cada componente importante do meio. Para cada fase de execução do empreendimento, avalia-se o custo de cada grupo de medidas e sua eficiência, compatibilizando maiores investimentos nas atividades ou processos mais problemáticos.

SINGER (5) apresentou um sistema de matrizes, com e sem medidas de proteção para a avaliação do impacto na mineração do carvão:

Matriz 1 – Impacto da mineração de carvão sem medidas de proteção ambiental (segundo SINGER, 5):

ESCALA ARBITRÁRIA DE EFEITOS

- NENHUM EFEITO
 1 MODERADO DESPREZÍVEL
 3 SIGNIFICANTE
 5 EXTREMO

COMPONENTES	PARÂMETROS	SOLO							AR			ÁGUA				TOTAIS PARCIAIS		
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O	
																		PROPRIEDADES FÍSICAS
LAVRA	IMPLANTAÇÃO	1	3	1	3	-	3	3	1	3	1	1	1	3	3	3	1	30
	OPERAÇÃO	2	5	3	5	-	5	3	3	5	1	1	3	5	5	5	3	51
	ABANDONO	3	5	3	5	-	5	-	3	3	-	-	3	5	5	5	3	45
BENEFICIA- MENTO	IMPLANTAÇÃO	4	1	1	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	1	-	8	
	OPERAÇÃO	5	5	5	1	3	5	-	-	3	3	1	5	5	5	5	5	51
	ABANDONO	6	5	5	1	3	5	-	-	3	3	-	5	5	5	5	5	50
MANUSEIO	IMPLANTAÇÃO	7	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	1	-	6	
	OPERAÇÃO	8	1	1	-	1	1	-	-	3	1	1	1	1	1	1	14	
	ABANDONO	9	1	1	-	1	1	-	-	3	1	-	1	1	1	1	13	
TOTAL																268		

Matriz 2 – Impacto da mineração de carvão com medidas de proteção ambiental (segundo SINGER, 5):

ESCALA ARBITRÁRIA DE EFEITOS

- NENHUM EFEITO
 1 MODERADO DESPREZÍVEL
 3 SIGNIFICANTE
 5 EXTREMO

COMPONENTES	PARÂMETROS	SOLO							AR			ÁGUA				TOTAIS PARCIAIS	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		O
LAVRA	IMPLANTAÇÃO	1	3	1	3	-	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	16
	OPERAÇÃO	2	5	3	5	-	1	-	-	3	1	1	-	1	1	1	23
	ABANDONO	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
BENEFICIA- MENTO	IMPLANTAÇÃO	4	1	1	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	1	-	8
	OPERAÇÃO	5	1	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	5
	ABANDONO	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MANUSEIO	IMPLANTAÇÃO	7	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	1	-	6
	OPERAÇÃO	8	1	1	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	6
	ABANDONO	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TOTAL																65	

Nota-se que para a matriz com medidas de proteção, na fase de abandono, tem-se um impacto apenas desprezível ou moderado no tocante a subsidência, o que significa que após a conclusão do empreendimento, a área estará realmente recuperada, segundo o exemplo.

4 PREVENÇÃO DE IMPACTOS SOBRE OS EMPREENDIMENTOS

Tendo-se definido o projeto que resulte no menor impacto sobre o meio ambiente, é justo que queiramos uma contrapartida, que o ambiente não cause impacto sobre a obra. Certamente há sempre vários aspectos relevantes que se devem considerar em cada caso, mas esse tipo de empreendimento de grande escala deve ter como principal atributo sua estabilidade, ou seja, que o tempo e os outros fatores ecológicos não tragam impacto à obra, o que acaba sendo sempre retroativo. TRICARD (6) apresentou um modelo onde a estabilidade geomorfológica é tomada como principal atributo, relacionando intimamente, numa situação de equilíbrio integrado, os fatores climáticos, topográficos e litológicos. Esses componentes físicos do ambiente assumem uma situação estável por força de componentes bióticos, especificando a flora, que desviam o equilíbrio no sentido da manutenção da forma do relevo. Isso garante uma situação fa-

vorável à estabilidade em taludes de barragens ou estradas, aterros, bancadas ou canais de drenagem e até às margens de um rio ou um campo de cultura.

O estabelecimento de tal equilíbrio envolve, por vezes, situações muito complexas, só explicáveis em termos de longos períodos de tempo. Por exemplo, hoje há a possibilidade de uma tragédia ecológico-sócio-econômica com a degradação da Serra do Mar no trecho do vale do rio Mogi onde se localiza o complexo industrial de Cubatão. A poluição mata a vegetação, fator primeiro na manutenção do equilíbrio geomorfológico da área, que com isso passa a um estágio de rápida transformação morfogenética. Mas como pode ter se estabelecido a floresta, estabilizando uma área serrana se, antes de seu desenvolvimento não havia substrato estável, não em franca erosão, para a germinação e crescimento das plântulas? A resposta leva à conclusão de que o estabelecimento de uma vegetação estabilizante ali, certamente ocorreu através de uma longa sucessão ecológica, em condições climáticas diversas, certamente no início sem chuvas torrenciais e 4000mm de pluviosidade anual como hoje, mas numa era glacial onde a tendência era pedogênica (7). Após a fixação de certo volume de solo por determinada comunidade vegetal, certamente menos luxuriante, houve uma modificação progressiva no equilíbrio ecodinâmico, levando ao desenvolvimento daquela floresta, capaz de estabilizar as encostas em clima tropical atlântico. Mas como tudo é interdependente, sem floresta não há equilíbrio.

Podemos esquematizar assim:



Figura 2 – Modelo conceitual conjugando o equilíbrio morfogenético à sucessão ecológica.

Com base nesse modelo pode-se programar a proteção das obras que envolvem exposição de massas terrosas em condições onde o equilíbrio morfológico é duvidoso, colocando em risco o próprio empreendimento e a bacia de drenagem que o obriga como um todo, expondo os corpos d'água e assoreamento.

5 CONCLUSÃO

O conhecimento do fenômeno de sucessão ecológica é crucial nesse caso, pois como pode ser concluído deste texto, estrutura e função num ecossistema, são atributos interdependentes. Se tentarmos estabelecer uma floresta onde o sistema funciona como deserto, ou campo, a floresta não será, ao menos por um longo período de tempo, automantenedora, exigindo manutenção externa, seja adubação, irrigação, limpeza e defesa química, etc.

Essa autorregulação é um atributo de grande importância que levanta a idéia que, se os espaços forem mantidos numa situação de estabilidade (homeostase) a manutenção será mínima, os danos e degradações improváveis, e a humanização mais adequada, tendendo a um equilíbrio no uso do solo. O sentido de conservação da natureza que deve-se tomar como rédea desses empreendimentos, é aquele da manutenção da capacidade produtiva dos ecossistemas, levando em consideração seu comportamento a longo prazo, garantindo a renovação viva e estável das paisagens e espaços vitais da humanidade.

8 BIBLIOGRAFIA

- (1) BROWER, J.E. & ZAR, J.H. *Field and Laboratory Methods for General Ecology* Wm. C. Brown Company Publishers, Iowa. 194p. 1977.
- (2) AUERBACH, S.I. Current perceptions and applicability of ecosystem analysis to impact assessment. *Ohio J. Sci.* 78(4): 163-174. 1978.
- (3) SANTOS, P.F. & RODRIGUES, G.S. Avaliação de métodos para a estimativa de decomposição do folheto em um ecossistema de cerrado. *Ciência e Cultura.* 34:559. 1982.
- (4) SANTOS, P.F. & RODRIGUES, G.S. Efeito da aplicação de pesticidas das agrícolas na taxa de decomposição do folheto de um ecossistema de cerrado. *Anais do III Congresso SBSP.* :26. 1983.
- (5) SINGER, E.M. Metodologia para avaliação de impactos ambientais na mineração. *Encontro técnico - Mineração e Meio Ambiente no Estado de São Paulo.* 1ª Edição, ABGE:10-20. 1985.
- (6) TRICARD, J. *Ecodinâmica*, IBGE, Diretoria Técnica. Supren, Rio de Janeiro. 91p. 1977.
- (7) AB'SABER, A.N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. *Paleoclimas* nº 3:1-18. 1977.