

Revista Brasileira de Ciências Ambientais

ISSN: 1808-4524

dezembro 2005 Nº 5 • www.fsp.usp.br/nisam • www.ictr.org.br



Revista Brasileira de Ciências Ambientais



Núcleo de Informações em Saúde Ambiental

Instituições Participantes

USP
UNICAMP
UNESP
UFSCAR
IPEN
IPT

COORDENADOR CIENTÍFICO
Arlindo Philippi Jr.

VICE-COORDENADOR CIENTÍFICO
Pedro Caetano Sanches Mancuso

CONSELHO DELIBERATIVO
Presidente
Arlindo Philippi Jr.
Alaôr Caffé Alves
Carlos Celso do Amaral e Silva
Gilda Collet Bruna
Jorge Alberto Soares Tenório
Marcelo de Andrade Roméro
Márcia Faria Westphal
Maria Cecília Focesi Pelicioni
Maria Regina Alves Cardoso
Paulo Hilário Nascimento Saldiva
Pedro Caetano Sanches Mancuso
Sergio Colacioppo

EDITOR
Marcelo de Andrade Roméro

CONSELHO EDITORIAL
Presidente
Marcelo de Andrade Roméro
Arlindo Philippi Jr.
Celina Lopes Duarte
Eglé Novaes Teixeira
Jorge Alberto Soares Tenório
Márcio J. Estefano de Oliveira
Maria Cecília Focesi Pelicioni
Roberto Nunes Szente

DATA
Dezembro de 2005

PROJETO E PRODUÇÃO GRÁFICA
Laboratório de Programação Gráfica da
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP

Revista brasileira de ciências ambientais / publicação do Núcleo de Informações em Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo e do Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. -- n. 1, (2004)- . -- São Paulo : NISAM: ICTR, 2004-
n. : il. ; 27 cm

Quadrimestral
Descrição baseada em: n. 1 (out. 2004)
ISSN: 1808-4524

1. Saúde ambiental. 2. Meio ambiente. I. Universidade de São Paulo. Núcleo de Informações em Saúde Ambiental. II. Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável.

Catálogo na Publicação preparada pelo CIR/FSP



Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável

PRESIDENTE
Arlindo Philippi Jr.
VICE-PRESIDENTE
Jorge Alberto Soares Tenório

DIRETORIA EXECUTIVA
Sabetai Calderoni

DIRETORIA DE TECNOLOGIA E RELAÇÕES INSTITUCIONAIS
Gilda Collet Bruna
Diretores Adjuntos
Márcio J. Estefano de Oliveira
João Sérgio Cordeiro

DIRETORIA DE GESTÃO DA INFORMAÇÃO
Angela Maria Magosso Takayanagui
Diretores Adjuntos
Edson A. Abdul Nour
Jorge Hamada

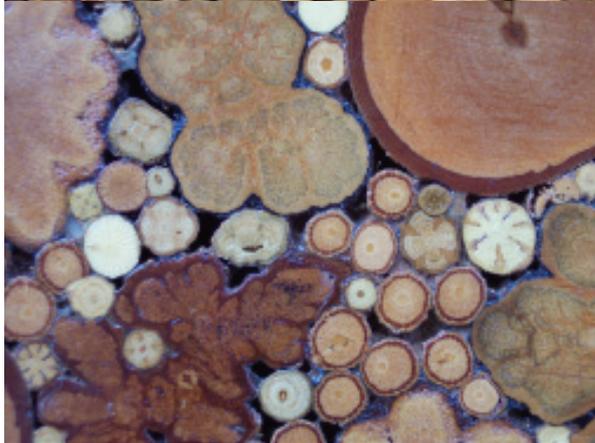
DIRETORIA EDITORIAL
Marcelo de Andrade Roméro
Diretores Adjuntos
Maria Cecília Focesi Pelicioni
Roberto Nunes Szente

DIRETORIA DE PESQUISA
Ruben Bresaola Junior
Diretores Adjuntos
João Antonio Galbiati
Jorge Alberto Soares Tenório
Bernardo A. do Nascimento Teixeira

DIRETORIA DE EVENTOS
Leny Borghesan Alberghini
Diretores Adjuntos
Eglé Novaes Teixeira
Celina Lopes Duarte
Nemésio N. Batista Salvador

CONSELHO DE ORIENTAÇÃO
Alaôr Caffé Alves
Alcides Lopes Leão
Carlos Celso do Amaral e Silva
Celina Lopes Duarte
Edson A. Abdul Nour
Eglé Novaes Teixeira
Guilherme Ary Plonski
Jorge Hamada
Leny Borghesan Alberghini
Maria Zani
Vahan Agopyan
Vanderley Moacyr John

CONSELHO FISCAL
Titulares
Mario Sérgio Rodrigues
Nemésio N. Batista Salvador
Pedro Caetano Sanches Mancuso
Suplentes
João Antonio Galbiati
Luis Enrique Sánchez
Bruno Coraucci Filho



Fotos: Marcelo de Andrade Roméro

Índice

2 **Palavras do Presidente**
ARLINDO PHILIPPI JR.

3 **Editor**
MARCELO DE ANDRADE ROMÉRO

4 **Gestão Ambiental**
A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E O IMPACTO SOBRE O MEIO AMBIENTE
Alessandro Barghini, Bruno de Medeiros

16 **AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL AMPLIADO (ADAA): UM MODELO PARA COMPARAÇÃO DE EMPRESAS**
Beate Frank, Anja Grothe-Sení

22 **Tratamento e Disposição Final de Resíduos**
COMPOSTAGEM ACCELERADA: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DO COMPOSTO
Bárbara R. Heidemann, Edilsa R. Silva, Marlene Soares, Valma M. Barbosa

27 **APLICAÇÃO DE ZEÓLITA NATURAL ESCOLECITA NA REMOÇÃO DE Cd²⁺, Cr³⁺ E Pb²⁺ DE SOLUÇÕES AQUOSAS EM DIFERENTES VALORES DE PH**
Karla Carolina Saqueto, Ana Marta Ribeiro Machado, Nemésio Neves Batista Salvador

34 **Direito Ambiental**
AUDITORIA DE CONFORMIDADE AMBIENTAL E LEGAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO NA INDÚSTRIA – UM ESTUDO DE CASO SOBRE AUDITORIA AMBIENTAL EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO
Leonardo Masseli Dutra, Márcio J. Estefano de Oliveira

ISSN: 1808-4524

NISAM/ ICTR

CONSELHO EDITORIAL CIENTÍFICO

- Adelaide Cássia Nardocci (FSP/USP)
Alaôr Caffé Alves (FD/USP)
Alcides Lopes Leão (Unesp/BOT)
Alexandre de Oliveira e Aguiar (NISAM/USP)
Angela M. Magosso Takayanagai (EERP/USP)
Antonio Carlos Rossin (FSP/USP)
Antonio Fernando Pinheiro Pedro (ABAA)
Antonio Herman Benjamín (IDPV)
Aracy Witt de Pinho Spínola (FSP/USP)
Aristides Almeida Rocha (FSP/USP)
Arlindo Philippi Jr. (FSP/USP)
Armando Borges de Castilhos Jr. (UFSC)
Attilio Brunacci (NISAM/USP)
Bastiaan Reydon (Unicamp)
Bruno Coraucci Filho (FEC/Unicamp)
Carlos Celso do Amaral e Silva (FSP/USP)
Carlos Eduardo Morelli Tucci (UFRGS)
Carlos Malzyner (SEMPA)
Celina Lopes Duarte (Ipen)
Célio Berman (IEE/USP)
Cíntia Philippi Salles (NISAM/USP)
Claudio Fernando Mahler (COPPE/UFRJ)
Cleverson V. Andreoli (UFPR)
Daniel Joseph Hogan (Unicamp)
Daniel Roberto Fink (MPSP)
Daniel Silva (UFSC)
Delsio Natal (FSP/USP)
Denise Croce Romano Espinosa (EP/USP)
Dimas Floriani (UFPR)
Édis Milaré (NISAM/USP)
Edson A. Abdul Nour (FEC/Unicamp)
Edson Leite Ribeiro (PRODEMA/UFPA)
Eglé Novaes Teixeira (FEC/Unicamp)
Enrique Leff (PNUMA)
Eugênio Foresti (EESC/USP)
Fábio Luiz Teixeira Gonçalves (IAG/USP)
Fábio Nusdeo (FD/USP)
Fábio Taioli (IGC/USP)
Fabiola Zioni (FSP/USP)
Fernando Fernandes da Silva (NISAM/USP)
Francisco Radler de Aquino Neto (IQ/UFRJ)
Francisco Suetônio Bastos Mota (UFCE)
Gilberto Passos de Freitas (TJ/SP)
Gilda Collet Bruna (Mackenzie)
Guido Fernando Silva Soares (FD/USP)
Guilherme J. Purvin de Figueiredo (PGESP)
Helder Perdigão Gonçalves (INETI/Portugal)
Helena Ribeiro (FSP/USP)
Heliana Comin Vargas (FAU/USP)
Hilton Felício dos Santos (Consultor Ambiental)
Isak Kruglianskas (FEA/USP)
Ivete Senise (FD/USP)
Jair Lício Ferreira Santos (FMRP/USP)
João Antônio Galbiati (Unesp)
João Sérgio Cordeiro (UFSCar)
João Vicente de Assunção (FSP/USP)
Jorge Alberto Soares Tenório (EP/USP)
Jorge Gil Saraiva (LNEC/Portugal)
Jorge Hajime Oseki (FAU/USP)
Jorge Hamada (Unesp)
José Carlos Derísio (Consultor Ambiental)
José Damásio de Aquino (FUNDECENTRO)
José de Ávila Aguiar Coimbra (NISAM/USP)
José Eduardo R. Rodrigues (Fundação Florestal)
José Fernando Thomé Jucá (UFPE)
José Luiz Negrão Mucci (FSP/USP)
José Maria Soares Barata (FSP/USP)
Leila da Costa Ferreira (Unicamp)
Léo Heller (UFMG)
Luis Enrique Sánchez (EP/USP)
Luiz Roberto Tomasi (FUNDESPA)
Luiz Sérgio Philippi (UFSC)
Marcel Bursztyn (UNB)
Marcelo de Andrade Roméro (FAU/USP)
Marcelo Pereira de Souza (EESC/USP)
Márcia Faria Westphal (FSP/USP)
Márcio Joaquim Estefano Oliveira (Unesp)
Marcos Reigota (UNISO)
Marcos Rodrigues (EP/USP)
Maria Cecília Focesi Pelicioni (FSP/USP)
Maria José Brollo (IG/SMA/SP)
Maria Olímpia Rezende (IQSC/USP)
Maria Regina Alves Cardoso (FSP/USP)
Mario Thadeu Leme de Barros (EP/USP)
Mary Dias Lobas de Castro (SVMA/PMSP)
Milo Ricardo Guazelli (ANVISA)
Mônica Porto (EP/USP)
Murilo Damato (SENAC)
Nemésio N. Batista Salvador (UFSCar)
Oswaldo Massambani (IAG/USP)
Paulo Affonso Leme Machado (UNIMEP)
Paulo Artaxo (IF/USP)
Paulo de Tarso Siqueira Abrão (NISAM/USP)
Paulo H. Nascimento Saldiva (FM/USP)
Paulo Renato Mesquita Pellegrino (FAU/USP)
Pedro Caetano Sanches Mancuso (FSP/USP)
Pedro Roberto Jacobi (PROCAM/USP)
Petra Sanchez Sanchez (Mackenzie)
Philip O. M. Gunn (FAU/USP)
Raul Machado Neto (ESALQ/USP)
Renata Ferraz de Toledo (NISAM/USP)
Ricardo Toledo Silva (FAU/USP)
Roberto Nunes Szente (IPT)
Roque Passos Pivelli (EP/USP)
Ruben Bresaola Jr. (FEC/Unicamp)
Ruth Sandoval Marcondes (FSP/USP)
Sabetai Calderoni (NAIPPE/USP)
Sebastião Roberto Soares (UFSC)
Sergio Eiger (FSP/USP)
Severino Soares Agra Filho (UFBA)
Sheila Walbe Ornstein (FAU/USP)
Solange Teles da Silva (NISAM/USP)
Tadeu Fabrício Malheiros (FSP/USP)
Umberto Cordani (IGC/USP)
Vahan Agopyan (EP/USP)
Vanderley Moacyr John (EP/USP)
Vera Lúcia Ramos Bononi (NISAM/USP)
Vicente Fernando Silveira (NISAM/USP)
Walter Lazzarini (NISAM/USP)
Wilson Edson Jorge (FAU/USP)
Witold Zmitrowicz (EP/USP)
Yara Maria Botti M. de Oliveira (Mackenzie)

Revista Brasileira de Ciências Ambientais

Opiniões e Sugestões

Cartas para

NISAM/Revista Brasileira de Ciências Ambientais

Av. Dr. Arnaldo, 715 – Cerq. César – São Paulo - SP – CEP 01246-904

A/c Marcelo de Andrade Roméro ou e-mail: maromero@ictr.org.br

...

Envio de Artigos

Observar as normas para publicação na página 60, deste número

Enviar para: ictr@ictr.org.br

...

Sites

www.ictr.org.br
www.fsp.usp.br/nisam

...

Para anunciar

Marcelo de Andrade Roméro
maromero@usp.br

...



Editor

Marcelo de Andrade Roméro

A partir deste número, a *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* – RBCIAMB passa a ser veiculada somente no formato digital (pdf) e estará disponível para consulta e obtenção da mesma, no site www.ictr.org.br/ictr/publicacoes.asp

A parceria entre o ICTR e o CEPEMA continua ativa e com boas perspectivas de ações conjuntas na área editorial do ICTR e, conseqüentemente, na RBCIAMB.

A demanda por publicar na RBCIAMB continua bastante elevada e, para o presente exemplar, o Conselho Editorial selecionou cinco artigos que traduzem contribuições inovadoras na área da Gestão Ambiental do Tratamento e Disposição Final de Resíduos e do Direito Ambiental. Esta última vem assumindo importância cada vez maior na área ambiental brasileira, demandando a necessidade contínua de capacitação profissional e possibilidade de publicação de trabalhos científicos/acadêmicos. Nesse sentido, a RBCIAMB tem se revelado um canal na divulgação de pesquisas e de trabalhos realizados na área ambiental.

A ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E O IMPACTO SOBRE O MEIO AMBIENTE

RESUMO

O desenvolvimento de fontes alternativas de energia e o aumento da eficiência dos sistemas de iluminação artificial estão permitindo a difusão da iluminação artificial em áreas isoladas. Do momento em que muitos insetos são fortemente atraídos pela iluminação artificial, são lançadas hipóteses sobre as conseqüências ambientais e sanitárias da crescente difusão da iluminação artificial. São também apresentados os resultados de testes com luminárias de diferentes comprimentos de onda da radiação, indicando os meios para reduzir os impactos.

PALAVRAS-CHAVE

Iluminação artificial, vetores de doenças, impacto ambiental.

ABSTRACT

The development of alternative energy sources and the increase in the efficiency of artificial lighting systems are allowing for the widespread diffusion of artificial lighting in isolated areas. Since many insects are strongly attracted by artificial lighting, we hereby launch hypotheses on the possible impact of the rising increase in the use of artificial lighting on the diffusion of diseases. Herein are also presented the results of attraction tests with different wavelengths of light radiation, indicating means of minimizing impacts.

KEY WORDS

Lighting, insect vectors, ecological impact.

Alessandro Barghini

Pesquisador do Instituto de Eletrotécnica e Energia –
IEE-USP e do Laboratório de Estudos Evolutivos
Humanos – Instituto de Biologia - USP
barghini@terra.com.br

Bruno de Medeiro

Pesquisador aluno da graduação do
Instituto de Biociência – USP

INTRODUÇÃO

Pode parecer paradoxal – no meio de eventos aparentemente mais graves como a emissão de gases de efeito estufa, a destruição da camada de ozônio, a poluição atmosférica, das águas e do solo, e o desmatamento descontrolado – falar de poluição luminosa. Temos dificuldade em considerar a luz, tradicionalmente símbolo de pureza, de segurança, de vida, mais uma fonte de contaminação do ambiente.

Para um biólogo, o excesso de iluminação artificial é uma fonte objetiva de perturbação dos ciclos vitais. Afinal, por mais de 3,5 bilhões de anos, a vida evoluiu com uma alternância de períodos de luz natural e de obscuridade, e está demonstrado que há pelo menos 3 bilhões de anos os seres vivos desenvolveram relógios biológicos para acompanhar as variações cíclicas da luz e da obscuridade (PAIETA, 1982). Portanto, não existem dúvidas que níveis excessivos de iluminação artificial podem ser extremamente prejudiciais para vida silvestre, mas apenas nos últimos anos esse fato começou a ser percebido com clareza e tomadas providências para minimizar esse impacto.

Naturalmente, o tema da poluição luminosa não é novo na literatura e nas normas técnicas. Com o desenvolvimento e o uso generalizado de sistemas mais eficientes de iluminação (principalmente com as lâmpadas à descarga que começaram a difundir-se depois da Segunda Guerra Mundial), iniciou-se a manifestação de uma crescente preocupação sobre o impacto de fluxos luminosos crescentes.¹ Os primeiros a mostrar interesse, e ainda hoje os mais ativos no combate à poluição luminosa foram os astrônomos, os quais perceberam que, com o aumento da iluminação artificial externa, perdia-se a

capacidade de observar o céu noturno, como declarou recentemente Oransky (2005) à revista *The Scientist*: “*Please Stop, You are interfering with my research, Lights – these must be kept to an absolute minimum. There are astronomers on the East coast of the US who have not seen a star in years.*”

Como *big science* significa ciência que exige grandes investimentos, os astrônomos conseguiram introduzir as primeiras medidas restritivas ao uso da iluminação externa e ao controle da poluição luminosa. Por essa razão foram baixadas normas específicas em diferentes países do mundo, pelas quais a iluminação externa é fortemente controlada em termos de direção da propagação do fluxo luminoso, de intensidade e de tipo de lâmpadas utilizadas, e os astrônomos do mundo inteiro, reunidos na organização Dark Sky (2005), fornecem a mais ampla documentação sobre o tema da poluição luminosa. Hoje, provavelmente, a proteção dos observatórios astronômicos é a área na qual existe maior controle da iluminação artificial externa.

Paralelamente a essa preocupação dos astrônomos, surgiram movimentos, em muitas partes do planeta contra a poluição luminosa como elemento de desconforto humano, e ainda hoje a batalha contra o incremento indiscriminado da iluminação noturna, por razões apenas estéticas ou genericamente ambientais, faz parte da luta contra a poluição. Mais recentemente, sentiu-se a necessidade de criar um termo, ao lado do termo poluição luminosa genérica; Longcore e Rich (2004) propuseram utilizar-se dois termos separados: “poluição luminosa astronômica” – indicando a poluição de luzes que atrapalham a visão das estrelas ou, em geral, a observação da noite – e “poluição luminosa ecológica”, com o significado de “iluminação artificial que

exerce efeitos adversos sobre a vida silvestre”. Bons exemplos dessa preocupação podem ser vistos no *White Paper* do Office of the Deputy Prime Minister Britânico (1996), no relatório *Lighting in the Countryside* e no Health Council of the Netherlands (2000), que analisam, em detalhes, os diferentes aspectos do incremento da iluminação artificial sobre a visão do céu noturno, mas também sobre o ambiente em geral. Quando observamos as fotografias noturnas de satélite (NASA, 2005), é fácil entender o porquê de essas preocupações surgirem nesses dois países: aí, como na maioria dos países europeus, e no Japão, praticamente não existe área do território nacional que seja isenta de poluição luminosa. Esse fenômeno está se expandindo rapidamente, e Cinzano et al (2001) calcularam que apenas 40% dos americanos vivem em um ambiente no qual o olho humano consegue fazer a transição de uma visão fotópica a uma visão escotópica, portanto, de um olho acomodado à luz a um olho acomodado ao escuro. Eles também calcularam que 18,7% da superfície terrestre possui um céu noturno considerado poluído, conforme o padrão da astronomia.

Estudos nacionais e internacionais iniciaram, portanto, a elaboração de normas técnicas de iluminação externa que, compatível com o conforto humano, fossem menos agressivas com o ambiente e, ao mesmo tempo, assegurassem uma redução do consumo de energia. Foram elaboradas novas regulamentações para reduzir a poluição luminosa do céu noturno, a indústria desenvolveu luminárias com controle direcional do fluxo luminoso, e em muitos países, começaram a ser fixados níveis máximos de iluminância, dependendo de um zoneamento rigoroso.

Se esses movimentos podem, para o cidadão comum, ser aparentemente

irônicos, e muitos consideram essas posições retrógradas e exóticas, o aprofundamento dos estudos em matéria começou a mostrar que os impactos dos atuais níveis de iluminação externa podem prejudicar seriamente o ambiente.

Na visão antropomórfica, ou “vertebratomórfica” do homem, as primeiras providências se iniciaram nas situações mais evidentes de danos ambientais do excesso de iluminação.

O exemplo, sem dúvida, mais famoso é a proteção da desova das tartarugas marinhas. Nesse caso, a iluminação artificial da orla exerce dois efeitos perversos: quando próxima à deposição dos ovos, a tartaruga marinha procura uma praia e evita as outras nas quais existe iluminação artificial. Portanto, a iluminação artificial exerce um fototropismo negativo. Quando da abertura do ovo, os filhotes de tartaruga marinha, se a orla for iluminada, são atraídos pela iluminação artificial (com um fototropismo positivo) e não se dirigem em direção ao mar, sendo expostos à ação dos predadores. Essa situação específica gerou algumas das regulamentações estaduais e municipais mais restritivas em matéria de iluminação externa. Por exemplo, a empresa elétrica da Flórida (Florida Power Company, 2002) elaborou um manual de iluminação externa que minimiza o impacto da iluminação artificial sobre as tartarugas. O manual mostra, uma vez estudado o impacto da iluminação, como é possível chegar a projetos os quais, sem reduzir, ou reduzindo ao mínimo o conforto para o homem, é possível utilizar a iluminação artificial sem perturbar as tartarugas. Ao contrário, no caso do Brasil, na Bahia, para proteger a desova das tartarugas marinhas foi passada a Lei n. 7.034 de 13 de fevereiro 1997, a qual “proíbe uso de fonte de iluminação que ocasione intensidade luminosa superior a zero lux tendo em vista proteger as

tartarugas marinhas no litoral norte”. Naturalmente, uma medida desse tipo, apesar de ser positiva para as tartarugas, pode criar um conflito muito forte para a população e tende a ser violada.

A proteção das tartarugas marinhas é apenas um exemplo, pode ser o mais conhecido, de normas específicas de controle da iluminação externa para diminuir a agressão ao meio ambiente. Outras espécies foram, porém, tema de estudo e o Aubon Institute (BOWER, 2000) assinala que milhões de aves, a cada ano, são vítimas de fatalidades ligadas ao excesso da iluminação artificial. No caso das aves, o excesso de iluminação noturna provoca dois graves danos: de um lado, as aves esbarram em fontes luminosas fortes, como faróis e antenas; de outro lado, outras áreas fortemente iluminadas acabam afetando as rotas das aves migratórias. Sobre esses temas a literatura é, realmente, muito ampla e existem estudos muito detalhados, como o do Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1999) da Holanda, e o Collision Course, financiado pelo WWF (LESLEY, 1996), e a resenha detalhada das ocorrências realizada pela California Energy Commission (HEBERT, REESE, 1996).

Também no caso das aves, estudos mais acurados como, por exemplo, o de Jones e Francis (2003, p. 328), mostraram que, com um projeto a levar em conta o impacto sobre as aves, é possível, ao mesmo tempo, garantir a segurança da navegação, reduzir o consumo de energia e as fatalidades com aves. Nas palavras dos autores:

“In 1989, the Long Point lighthouse was automated, with a simultaneous change in beam characteristics the new beam is narrower and less powerful. This change brought about a drastic reduction in avian mortality at the lighthouse to a mean of only 18.5 birds per year in spring, and 9.6 in autumn

from 1990 to 2002. Our results highlight the effectiveness of simple changes in light signatures in reducing avian light attraction and mortality during migration.”

Estudos detalhados foram também realizados sobre os mamíferos. Espécies com sistema cerebral mais desenvolvido, os mamíferos registram reações mais articuladas em relação à iluminação artificial. Para muitos mamíferos, a iluminação artificial representa um sinal de ocupação antrópica, portanto pode representar um atrativo, ou, em outros casos, uma barreira. Especialmente para os pequenos mamíferos, linhas contínuas de iluminação artificial, como rodovias, podem representar uma barreira que divide o ecossistema, impedindo a circulação e acentuando a fragmentação dos ambientes, como mostram, por exemplo, Beier (1995) sobre o cougar, Bird et al (2004), sobre os gatos selvagens, e Sanderson et al (1998) sobre os morcegos.

Um caso à parte é representado pelo efeito da iluminação artificial sobre o homem, sem dúvida o animal mais estudado. Ao lado dos amplos estudos sobre as condições de conforto visual, começam a surgir, com insistência, novos estudos sobre os danos que o excesso de iluminação artificial pode ocasionar. A área na qual existem mais estudos é, sem dúvida, a área da radiação ultravioleta B (280-320 nm) com efeitos conhecidamente mutagênicos. A legislação internacional, e hoje também a nacional, está introduzindo medidas restritivas específicas sobre esses tipos de radiação, especialmente no que diz respeito às lâmpadas a vapor de mercúrio, a vapores metálicos e à halogênio, que são as lâmpadas com maior conteúdo de ultravioleta. Em muitos países, surgem medidas restritivas sobre a radiação ultravioleta A (320-400 nm). No meio desses estudos, aceitos universalmente pela indústria da iluminação artificial,

estudos mais polêmicos apontam riscos mais sutis da iluminação artificial sobre o homem: alteração dos ciclos circadianos, dependendo do tipo de iluminação, são apontados sempre com maior frequência e surgiram, recentemente, fortes suspeitas de a iluminação artificial não-controlada poder levar a alterações profundas do metabolismo e gerar doenças degenerativas, conforme debatido, por exemplo, por Stevens et al (2001), Stevens (2005), Schernhammer et al (2004) e Davis et al (2001).

O IMPACTO SOBRE OS INSETOS

No meio dessa produção crescente de estudos sobre o impacto da iluminação artificial sobre a vida, foram realizados muitos estudos de impacto sobre os insetos; por exemplo, Verheijen (1958), Bhattacharya et al (1995), Eisenbeis et al (2000), Frank (1988) e as atas do congresso Ecological Consequences of Artificial Night Lighting (2002), entre os seres vivos mais afetados pela iluminação artificial, mas, curiosamente,

pouco foi escrito sobre os possíveis impactos da alteração da quantidade de insetos sobre o resto do ecossistema. O tema pode parecer secundário; os insetos, na visão antropocêntrica, são apenas uma fonte de incômodo e, se a iluminação conseguir reduzir seu número, é um ponto a favor. Os ecólogos, na realidade, são bem conscientes do rol dos insetos, inclusive, como salientaram bem Losey e Vaugam (2006), do rol econômico. Se analisarmos com atenção, especialmente em uma região tropical ou equatorial, o rol dos insetos pode ser vital, em sentido positivo e negativo, para o ecossistema e para o homem.

O fato de a iluminação artificial exercer um poder de atração muito forte sobre muitas espécies de insetos é bem conhecido dos entomólogos, os quais utilizam diferentes tipos de armadilhas luminosas para as coletas. Esse poder de atração pode ter duas conseqüências distintas: a primeira, atrair os insetos e limitar a capacidade reprodutiva; a segunda, atrair os insetos para uma região de impacto antrópico, acentuando a possibilidade de difusão de epidemias.

A atração dos insetos e a limitação na capacidade de reprodução já foram apontadas por muitos pesquisadores. De fato, muitas espécies, especialmente lepidópteros e coleópteros, são atraídas com tal ímpeto pela iluminação artificial, que, com frequência, esbarram nela e morrem. Por outro lado, também aqueles que não são vítimas de fatalidades, tornam-se presas fáceis de predadores, principalmente morcegos, que à noite podem ser vistos voando em volta das luminárias. Em todos os casos, o tempo perdido circulando em volta da luminária diminui a capacidade de forrajamento e a possibilidade de reprodução. O caso mais famoso é, sem dúvida, aquele relatado por Denton (1900): no começo do século 20, em Washington (EUA), as luminárias públicas eram um importante lugar para as coleções entomológicas. Atualmente, muitos poucos lepidópteros podem ser coletados à luz dos lampiões em Washington. Na cidade de São Paulo, Rob de Góes (2004) contou, de forma divertida, a progressiva redução dos insetos dentro da cidade com o processo de expansão urbana. Nos últimos anos nota-se uma progressiva redução da fauna de lepidópteros, e é difícil dizer se essa redução é em razão apenas aos efeitos da iluminação artificial. É provável que outras causas concorram ao fenômeno, mas indubitavelmente, a iluminação artificial é uma das causas.

Apesar de a iluminação urbana ter reduzido muito a fauna de insetos noturnos das grandes cidades, fontes intensas de iluminação podem atrair insetos e aves até em ambientes urbanos, onde não seria de esperar-se o fenômeno. Por exemplo, em Nova York o monumento luminoso do Marco Zero, que homenageia as vítimas do atentado de 11 de setembro, exerce, por causa de sua potência, uma atração tão forte sobre os insetos e as aves, que os raios luminosos brilham, como pode ser visto na Figura 1, pelo

Figura 1 – Nova York, fotografia noturna do monumento do Marco Zero, em homenagem às vítimas do atentado de 11 de setembro
Crédito: Foto de Keith Kin Yan, <http://www.overshadowed.com/mt/archives/000250.html>



número de animais presentes. O fenômeno é tão acentuado que gerou polêmica nos jornais da qual participaram leitores, o diretor da Sociedade municipal de arte, o representante da Audubon Society e o Departamento Federal de Aviação (*New York Times* n. 10, 12 de outubro de 2004), discutindo a possibilidade de interromper o funcionamento do museu (DE CANDIDO, 2005).

Outro grupo de insetos dos quais está sendo assinalada uma progressiva diminuição é o dos lampírideos (os conhecidos vaga-lumes). Já nos anos 70 um escritor italiano, Pierpaolo Pasolini (1975), denunciava o desaparecimento dos vagalumes e atribuía o fenômeno à corrupção do governo. Retirando a discussão política, pode ser notado que a diminuição de vagalume corresponde exatamente ao início do período de difusão em larga escala, na Itália, das luminárias a vapor de mercúrio e da iluminação pública extra-urbana. Como notou o pesquisador brasileiro Vadim Viviani (2001), os vagalumes utilizam a emissão da luz como meio de comunicação e começam a piscar apenas quando o nível de luminância do ambiente é inferior a 0,5 lux (portanto, quando a mensagem tem potencial de ser recebida por conspécífico). Parece, portanto, razoável pensar que, com o aumento da iluminação pública, os vagalumes acabaram diminuindo na Itália nos anos 70. O fenômeno da diminuição, foi por outro lado, assinalado pelo próprio Vadim Viviani (2001) no Brasil, o qual notou uma diminuição no número de indivíduos observados no arco de 30 anos, na região de Campinas (fortemente urbanizada), e uma aparente estabilidade no número desses insetos na reserva natural de Boracéia, longe de qualquer centro urbano.

A redução da população de insetos, especialmente dotados de potenciais polinizadores, pode exercer conseqüências graves em ambiente tropical. Diferente do ambiente de clima temperado, no qual o número de espécies de polinizadores é limitado, e, em muitas espécies vegetais, a polinização é propiciada pelo vento, no clima tropical e equatorial o número de polinizadores aumenta proporcionalmente ao número de espécies vegetais. Como destacado de forma sintética por Janzen (1975), em muitos casos se verifica uma verdadeira co-evolução, pela qual apenas um polinizador assegura a reprodução de uma espécie vegetal. Por outro lado, um recente estudo de Vamosi et al (2006) mostra como, nos *hot spots*, regiões de maior biodiversidade, a competição das plantas para polinizadores representa a maior ameaça à biodiversidade. Como conseqüência da redução do número de insetos, portanto, poderá verificar-se uma redução de espécies vegetais. Esse fenômeno é especialmente grave em regiões de fragmentos de vegetação nativa, como nos estados com maior densidade demográfica – São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, onde todo o ecossistema vegetal pode ser colocado em perigo, mas pode ser significativo também, em outras áreas do Brasil, com a menor densidade demográfica, nas quais existem, porém, formas acentuadas de endemismos. O significado das interações entre insetos e plantas e o perigo do desaparecimento de espécies de insetos é bem destacada por Brown e Gifford (2004), e por Oliveira e Gibbs (2004). Analisando esses aspectos, é importante lembrar que o efeito de atração dos insetos, por parte da iluminação artificial, é um efeito a distância e alguns pesquisadores apontam: mariposas chegam a ser atraídas até de 2-3 km de distância.

Também admitindo essa estimativa ser muito elevada, Janzen (1983) afirma que uma lâmpada pode atrair a uma distância de pelo menos 500 metros. Trata-se de um valor elevado, se pensarmos no tamanho dos fragmentos. Nos EUA Albers e Duriscoe (2001) estimam que 20% do território nacional se encontra sob a influência de 150 metros de iluminação externa; se estendermos o efeito a 500 metros, a área será maior. Curiosamente, em um artigo publicado no mesmo número da revista da fundação George Wright dedicado ao problema da poluição luminosa, Duriscoe (2001) destaca apenas o aspecto visual da poluição luminosa nos parques e nas reservas, e não o efeito sobre a biodiversidade.

EFEITO SOBRE OS VETORES DE DOENÇAS

Uma situação diferente se apresenta por outras espécies, especialmente por aquelas de interesse médico. Nesse caso deparamos com dois comportamentos distintos: entre os insetos a amplo raio de vôo e insetos com menor mobilidade.

Nos insetos de amplo raio de circulação, como, por exemplo, os culicídeos, a iluminação artificial exerce uma forte atração a distância, mas os insetos, como salientam Clements (1999) e Service (1993), não chegam a esbarrar na luminária e apenas circulam em volta dela. Nesse caso, chegando a um ambiente antrópico, o inseto pode ser atirado pelo cheiro e picar, transmitindo possíveis doenças. Um exemplo do amplo raio de circulação verifiquei no município de Mucajaf (Roraima), onde anofelinos visitavam a cidade, apesar de ter os criadouros a mais de um quilômetro de distância. É

provável que a iluminação a vapores de mercúrio exercesse um elemento adicional de atração. Acentuando a atração a distância, a iluminação artificial pode ampliar a área de influência para instauração de epidemias. Por outro lado, com a eletrificação em áreas isoladas, na impossibilidade de pulverizar em um amplo raio, corre-se o risco de expor as populações locais a surtos de epidemias conhecidas e desconhecidas. A região tropical é, conforme relatado, entre outros, por Travasso et al (1998), o maior reservatório de arbovírus e a iluminação artificial pode ser mais um elemento antrópico que concorre na instauração de novas doenças (BARGHINI et al 2004).

Em outros insetos com mobilidade menor, como os flebótomos e os barbeiros, a iluminação artificial pode gerar situações mais sutis: o inseto não é atraído diretamente até as luminárias, portanto não pode ser capturado em armadilhas próximas a elas, mas pode ser atraído pelo cone luminoso. No caso dos flebótomos, uma pesquisadora, Dos Santos (2001), escreveu, recentemente, que luminárias de luz branca, quando se encontram a menos de 50 metros de um ambiente silvestre, podem representar perigo para difusão da leishmaniose.

O caso do mal de Chagas é exemplar no que diz respeito à possibilidade de instauração de epidemias com influência parcial da iluminação artificial. O *tripanosoma Cruzi* é uma doença pré-colombiana, difundida em grande parte da América Latina com elevada concentração na região andina, uma presença no planalto central e praticamente ausente na região amazônica. As justificativas dessa diferente concentração da doença em época pré-colombiana são bastante evidentes. Na região andina, a criação de animais domésticos (o *cui* e o *llama*) e

o tipo de cobertura das casas facilitaram a domiciliação do vetor, e a doença se tornou endêmica. No planalto central, especialmente após a época colombiana, as casas de adobe e as coberturas de sapé facilitaram a instauração da epidemia. Diferente dessas duas situações, na região amazônica, como destacado por Coimbra (1988), apesar de existir o patógeno e sete potenciais vetores, o mal de Chagas não se instaurou até a época recente. Esse elemento foi destacado por Coimbra como uma das argumentações pelas quais não existiram sociedades estáveis na região: o processo contínuo de deslocamento das aldeias não permitiu a domiciliação do vetor.

Em tempos recentes começaram a registrar-se casos de mal de Chagas, esporádico em diversas regiões da Amazônia, e a surgir a suspeita de o mecanismo de transmissão poder ser diferente daquele tradicionalmente conhecido, no qual o barbeiro podia ser encontrado no domicílio. Em alguns casos, confirmados recentemente, a transmissão se verificou, provavelmente, pela ingestão do próprio vetor, esmagado, ou pelas fezes do mesmo, encontradas em alimentos, como o fruto do açaí (*Euterpe precatoria*) e a cana-de-açúcar, triturados para produção do suco, conforme relatado por Geraque (2005).

Ao lado desse meio de transmissão, está sendo assinalado sempre com maior frequência um meio de transmissão diferente, no qual o vetor não é encontrado no domicílio, mas apenas na região peridomiciliar. Aparentemente, o vetor seria atraído quando não disponíveis outros animais de sangue quente para parasitar, pela iluminação artificial até o domicílio, onde parasitariam humanos. Essa hipótese, já lançada por Bertram (1971), encontra um renovado interesse entre os

pesquisadores latino-americanos, na Venezuela, por Feliciangeli (2002); no Brasil, por diferentes pesquisadores, como Teixeira et al (2001); por fim, na Reunião Internacional sobre Vigilância e Prevenção da Doença de Chagas na Amazônia, mantida esse ano, os pesquisadores Roja, Vinhaes e Rodriguez (2005) colocaram a iluminação artificial entre os elementos os quais, potencialmente, podem afetar a transmissão da doença.

Evidentemente, esses elementos induzem a refletir seriamente sobre o perigo de uma difusão não-controlada da iluminação externa pública e privada sem estudos mais aprofundados sobre o impacto ambiental.

MÉTODOS DE PREVENÇÃO

O caso das tartarugas marinhas e das aves são exemplos claros de como é possível, conhecendo a biologia da espécie, minimizar o impacto da iluminação artificial. Conhecendo quais elementos provocam o impacto, como intensidade luminosa, comprimento de onda, direção do feixe luminoso, é possível tentar controlar essas variáveis e reduzir o impacto.

Apesar da complexidade do tema, existem diferentes meios de minimizar o impacto. Naturalmente, em primeiro lugar, trata-se de usar fluxos luminosos mínimos, compativelmente com as necessidades das tarefas a serem realizadas, e limitar, ao máximo, a propagação da radiação luminosa em áreas nas quais ela não é necessária.

Isso significa, em primeiro lugar, utilizar luminárias com fluxo luminoso controlado, que não desprendam luz onde esta não é necessária, conforme mostra a Figura 2 (NEMA, 2002). O conceito de luminária total *cutoff*, ou luminária na qual não exista dispersão

do fluxo luminoso 90° acima do nadir representa, provavelmente, o primeiro passo para um controle melhor do fluxo luminoso. No Brasil, a obrigatoriedade de luminária não *cutoff* está em fase de implementação na ABNT, e já é adotada por alguns municípios, como o de São Paulo. Sistemas mais avançados, com maior controle do fluxo, estão sendo desenvolvidos em outros países, especialmente em áreas de proteção ambiental, por exemplo, na iluminação da orla marítima da Flórida (WITHERINGTON; MARTIN, 1996), em lugares de deposição das tartarugas – Figura 3.

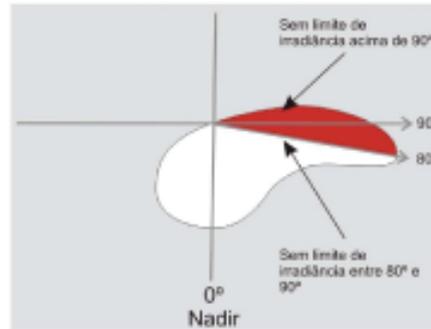
Essas providências, a reduzirem sensivelmente a poluição luminosa astronômica, são idôneas também para propiciar um menor impacto ambiental, e eliminam o desperdício de energia verificada todas as vezes que o fluxo luminoso não é dirigido onde não é estritamente necessário (INTERNATIONAL DARK SKY, 2002; IESNA, 1999).

A segunda medida importante é a regulagem da intensidade luminosa. Com o aumento da eficiência das lâmpadas, a quantidade de iluminação artificial pública e privada cresceu enormemente. Apenas

Luminárias non cutoff

Não possui controle da difusão da irradância no espaço

Noncutoff



Modelo Comercial de luminária não cutoff

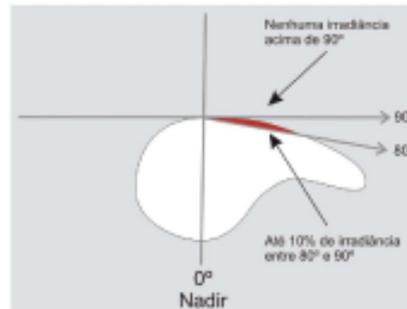


Repume DI 351

Luminária total cutoff

Existe controle da distribuição da radiação no espaço

Full Cutoff

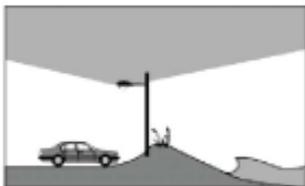


Modelo Comercial de luminária cutoff



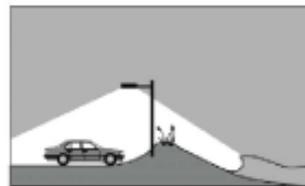
Figura 2 – Luminárias cutoff e não cutoff: Representação gráfica da difusão da radiação e modelos de luminárias

Figura 3 – Controle do fluxo luminoso para proteção das tartarugas marinhas



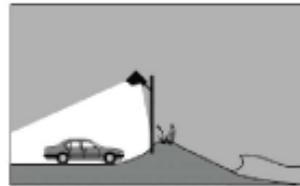
Luminária inadequada:

o poste alto e a falta de anteparo permitem a difusão da radiação luminosa em área ampla, inclusive desperdiçando energia. No caso de insetos, eles podem ser atraídos de longe



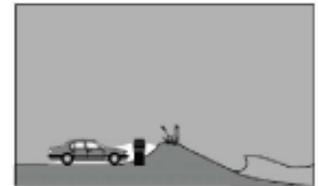
Luminária melhor:

a colocação de anteparo evita a difusão da radiação no ambiente, limitando, dessa forma, o impacto da atração, que permanece limitada ao cone no qual se registra a propagação do fluxo luminoso



Luminária muito melhor:

a orientação do fluxo luminoso, cobrindo apenas a região de interesse, reduz ainda mais o efeito sobre o ambiente e proporciona uma maior redução do consumo de energia. Um aspecto importante: é possível excluir seletivamente da difusão do fluxo luminoso áreas críticas



Luminária excelente:

reduzindo a altura do poste e direcionando o fluxo luminoso, esse tipo de luminária consegue minimizar o impacto. Em alguns países está sendo estudada a possibilidade de utilizar localmente LEDs a alta eficiência e com luz concentrada, utilizada como baliza

Dependendo do projeto de iluminação, a luz pode difundir-se mais ou menos no ambiente. Esses exemplos, extraídos das práticas recomendadas pela Florida Power Company, para defesa das tartarugas, mostram bem o impacto de diferentes projetos. É claro que, dependendo da finalidade e da espécie a ser protegida, as soluções podem ser diferentes

Fonte: Witherington e Martin (1996, 56)

para se ter uma idéia, Fouquet e Pearson (2006) estimam que, na Inglaterra, entre 1800 e hoje, a quantidade de iluminação artificial utilizada *per capita* aumentou 25.000 vezes. Apesar de existir uma forte variação do consumo entre diferentes países, esse aumento é da mesma ordem de grandeza em praticamente o mundo todo, já que depende, em grande parte, de um enorme aumento da eficiência na geração de luz, abandonando o sistema de queima e utilizando sistemas sempre mais eficientes de geração da luz. Não necessariamente fluxos de iluminação artificial representam um maior conforto visual e até, em muitos casos, níveis elevados de iluminação pública geram ofuscamento e desconforto. De fato, em ambientes intrinsecamente obscuros, como áreas rurais ou pequenos aglomerados de casas, o excesso de iluminação acaba prejudicando a percepção do entorno, criando zonas de sombra nas quais não existe percepção visual. Para contornar esse problema, a Comissão Internacional de Iluminação (CIE) já recomendou, em 1999, que os regulamentos de iluminação pública definissem níveis máximos de iluminação, dependendo de uma divisão do território em quatro zonas, e, em 2003 (CIE, 2003), publicou um guia para limitar os efeitos obstrutivos da iluminação artificial, definindo quatro zonas de iluminação ou *lighting environment*:

A recomendação da CIE, apesar de relativamente genérica, é, em primeiro lugar, orientada a assegurar um maior conforto visual e evitar um aumento

não-necessário da iluminação pública. Ela possui, por outro lado, um profundo significado ambiental. Em primeiro lugar, porque evita um desperdício inútil de energia elétrica. Em segundo lugar, porque o zoneamento permite dimensionar melhor a problemática de projeto, oferecendo indicações objetivas sobre os fluxos luminosos a serem adotados em diferentes áreas.

O critério do zoneamento da iluminação externa é, hoje, adotado em diferentes países de forma mais ou menos rigorosa, e representa um primeiro passo para uso da iluminação mais compatível com o ambiente. Países como a Austrália e a Nova Zelândia adotaram o critério em todo o território nacional, e muitas regiões ou prefeituras elaboraram regulamentos de iluminação externa a levarem em conta a poluição luminosa, astronômica e ambiental.

A Califórnia, com o novo regulamento de eficiência energética da California Energy Commission (2004), em vigor a partir de 1 de outubro 2005, fixa rigorosamente as zonas de iluminação com base nos dados de densidade demográfica da população, levantados no censo 2000, e prescreve potências máximas por metro quadrado dependendo do zoneamento. Apesar de o regulamento ser orientado fundamentalmente à poupança energética, ele representa uma importante contribuição a um uso mais apropriado da iluminação externa também do ponto de vista ambiental. Fato importante, o regulamento não diz respeito apenas à iluminação pública,

mas prescreve potências máximas para iluminação externa também em espaços privados, e chega a proibir, na zona 1, com regiões intrinsecamente obscuras, uma série de fontes de iluminação, como a de prédios, publicidades luminosas e luzes decorativas. Assim, a potência máxima por metro quadrado permitida varia, em média, de 1 a 4 entre o zoneamento das regiões periféricas e as regiões urbanas centrais, mantendo um rigoroso controle dos fluxos luminosos utilizados nos diferentes ambientes (CALIFORNIA ENERGY COMMISSION, 2004, Section 147, Tables 147-A-B-C, p. 112-117).

O terceiro ponto a ser levado em conta é o espectro de irradiância da fonte de iluminação artificial. De fato, a resposta da vida aos diferentes comprimentos de onda eletromagnética é espécie específica e, se o homem possui uma percepção visual entre 400 e 700 nanômetros, ou entre 380 nm e 760 nm, como sustentam alguns, a sensibilidade de outras espécies pode ser profundamente diferente, como mostra a comparação da sensibilidade humana com a sensibilidade do olho dos insetos, na Figura 4. O fato é especialmente importante na iluminação externa porque percebemos apenas a parcela da radiação emitida pelos sistemas de iluminação entre esses dois comprimentos de onda, enquanto outras espécies podem perceber uma parcela muito mais ampla e interpretar essa percepção de forma diferente da nossa. Aves, insetos, tartarugas marinhas (e muitos peixes) possuem uma sensibilidade na banda da radiação ultravioleta A (entre 320 e 400 nm), e esses comprimentos de onda possuem um significado específico, sendo fortemente atrativos.

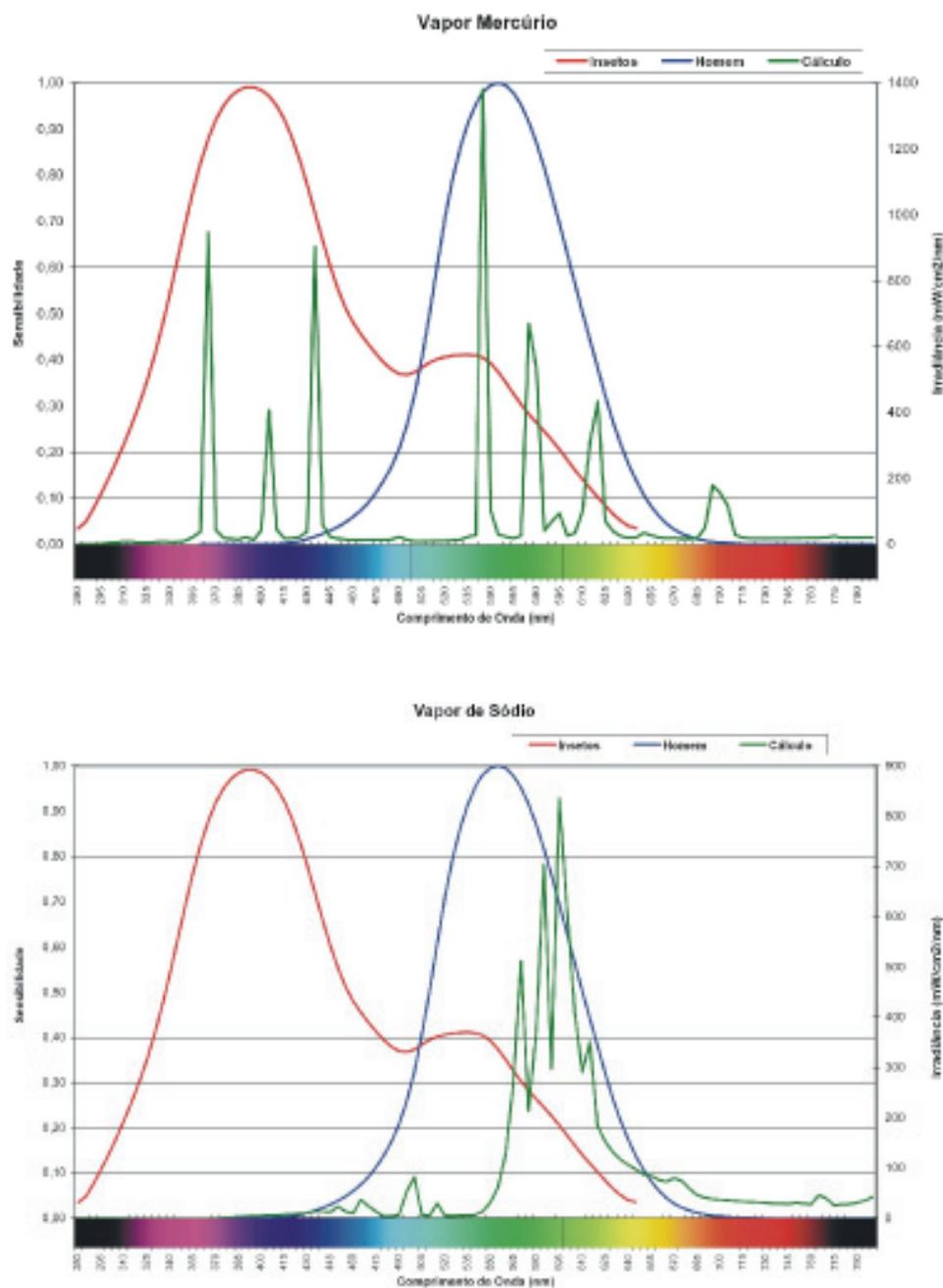
Seria complexo discutir, em detalhes, as razões da atratividade de muitas espécies para radiação ultravioleta. Aqui é suficiente indicar que razões filogenéticas mostram

Zona	Ambiente	Nível de iluminação	Exemplos
E1	Natural	Intrinsecamente obscuro	Parques nacionais ou sítios protegidos
E2	Rural	Baixa iluminação local	Áreas industriais ou residenciais
E3	Suburbano	Média iluminação local	Áreas suburbanas
E4	Urbano	Alta iluminação local	Centros urbanos e áreas comerciais

que a sensibilidade à radiação ultravioleta é, provavelmente, a sensibilidade originária das proteínas as quais convertem a radiação luminosa em sinal neuronal. O próprio homem, apesar de não perceber a radiação ultravioleta, possui rodopsinas que registram um máximo em 437 nm. As rodopsinas continuam sensíveis até 380 nm; o sinal da ultravioleta não é percebido apenas porque é filtrado pela córnea, pelo humor vítreo e pela *macula lutea*, em um processo no qual, conforme relatam Krinsky et al (2003), possui um alto valor de proteção. A radiação ultravioleta é, em certo sentido, uma mensagem não-viesada: possui um nível energético a não permitir que o sinal seja confundido com a agitação térmica molecular (STILES, 1948).

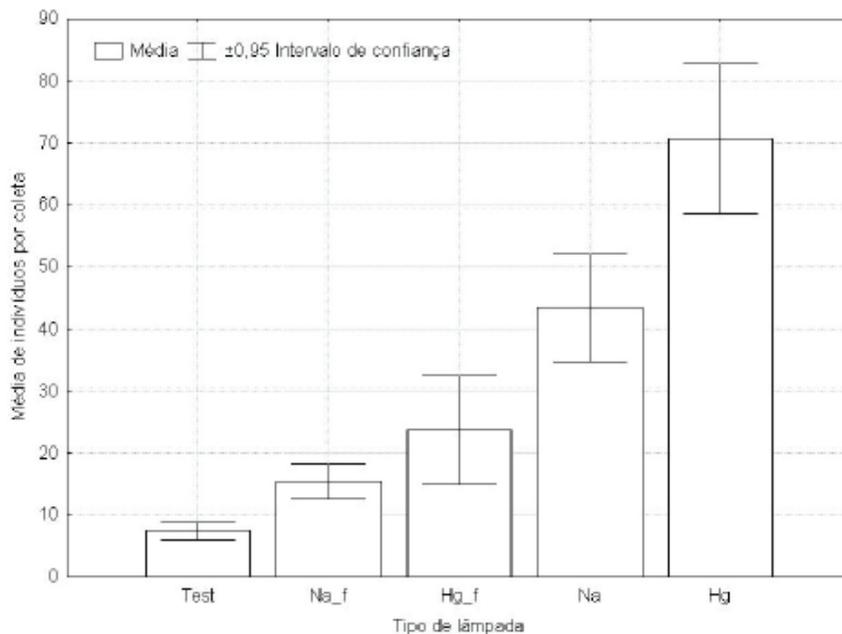
O controle da irradiância na radiação ultravioleta, portanto, seria um mecanismo importante no controle da poluição luminosa, especialmente em relação aos insetos. Como é amplamente conhecido, o olho dos insetos é bem diferente do olho humano. Em primeiro lugar, é um olho composto, formado de um número variável de ommatídios; portanto, a formação da imagem é profundamente diferente da nossa. Em segundo lugar, a sensibilidade cromática verificada em diferentes comprimentos de onda, enquanto a faixa do visível do homem está compreendida entre 400 e 700 nanômetros (da violeta ao vermelho), a sensibilidade dos insetos é bastante variável, dependendo do táxon ou até da espécie, mas se inicia na ultravioleta (entre 320 e 370 nanômetros). O controle da emissão na faixa da ultravioleta pode, assim, minimizar a atração dos insetos. As figuras 4 e 5 mostram respectivamente a irradiância das lâmpadas a vapor de mercúrio e a vapor de sódio, e a sensibilidade visual por comprimento de ondas do homem e dos insetos.

Figuras 3 e 4 – Gráficos da sensibilidade do homem e insetos e da energia radiante das lâmpadas estudadas



A comparação direta do espectro de irradiância dos dois tipos de lâmpadas mais utilizadas pela iluminação pública, com as curvas de sensibilidade humana e dos insetos, mostra a grande vantagem da utilização das lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão. Apesar de quanto mostrado pelo gráfico, porém, o maior efeito no controle da atração dos insetos é obtido utilizando-se filtros de radiação ultravioleta, como pode ser visto no Gráfico 4.

Figura 6. Distribuição das coletas por tipo de lâmpada



Mostra o resultado das coletas no campus da USP. A testemunha, armadilha sem iluminação artificial, coletou em média, 7,47 indivíduos por noite, a vapor de sódio com filtro 15,65, a vapor de mercúrio com filtro 23,71, a vapor de sódio sem filtro 43,43 indivíduos, e a vapor de mercúrio sem filtro 70,27 indivíduos. Ou, posta igual a 1 a quantidade de insetos coletados na testemunha, a armadilha posta junto da lâmpada a vapor de sódio com filtro coletou uma quantidade de insetos de 2,1 vezes maior, a lâmpada a vapor de mercúrio com filtro 3,18 vezes. Quando se passa às lâmpadas sem filtro de radiação ultravioleta, número de insetos coletados aumento de sensivelmente, passando a 5,82 vezes, no caso da lâmpada a vapor de sódio a alta pressão e a 9,41 vezes, no caso da lâmpada a vapor de mercúrio. A forte diferença existente entre as lâmpadas com e sem filtro confirma o significado específico que a radiação ultravioleta possui para os insetos como indicador de espaço livre

Estudos preliminares conduzidos no Brasil (BARGHINI et al, 2002, 2004, e, no exterior, EISENBEIS, 1999, 2001) mostram que, utilizando-se filtro de ultravioleta, é possível reduzir a atração da iluminação em até 80%. Com uma armadilha estática de coleta de insetos, instalada no campus da USP, foi possível verificar que, posta igual a 1, a quantidade de insetos coletados na testemunha, uma armadilha de insetos sem iluminação artificial, a armadilha posta junto da lâmpada a vapor de sódio com filtro coletou uma quantidade de insetos de 2,1 vezes maior, a lâmpada a vapor de mercúrio com filtro 3,18 vezes. Quando se passa às lâmpadas sem filtro de radiação ultravioleta, o número de insetos

coletados aumentou sensivelmente, passando a 5,82 vezes, no caso da lâmpada a vapor de sódio a alta pressão, e a 9,41 vezes, no caso da lâmpada a vapor de mercúrio (Figura 6). A forte diferença existente entre as lâmpadas com e sem filtro indica o significado específico que a radiação ultravioleta possui para os insetos como indicador de espaço livre. É interessante salientar que a redução no número de insetos coletados se verificou sem diminuir o conforto visual para o homem, porque o olho humano não é sensível à radiação ultravioleta.

Outro caminho para redução da poluição luminosa é utilizar lâmpadas a vapor de sódio a baixa pressão, conforme recomendado pela associação

dos astrônomos, a International Dark-Sky Association (DARKSK, 2002). Esse tipo de lâmpada é, muitas vezes, mais eficiente que lâmpadas a vapor de sódio a alta pressão. Sendo monocromáticas, as lâmpadas a vapor de sódio apresentam emissão apenas em 589 nm. Para os astrônomos, isso significa ser fácil, no espectrorradiômetro digital, retirar a banda do sódio, sabendo que as outras bandas da radiação são provenientes de corpos celestes. As lâmpadas a vapor de sódio a baixa pressão são também positivas para o meio ambiente; de fato a luz monocromática em 589 nm não é atrativa para a maioria das espécies, como os insetos, as aves e até as tartarugas marinhas – quando possuem visão nessa banda, não são atraídas pela luz.

Essa exposição mostra, conhecendo os impactos dos diferentes sistemas de iluminação, como é possível minimizar as conseqüências negativas dos grandes programas de iluminação, sem, com isso, diminuir o conforto para o homem. Por essa razão, seria oportuno que os grandes programas de eletrificação rural e de reforma das instalações de iluminação pública, hoje em implantação, sejam acompanhados, como em todas as grandes obras, por estudos aprofundados de impacto ambiental. A iluminação externa, apesar de todos os benefícios proporcionados, é também uma fonte de desequilíbrio do ambiente, que deve ser estudada antes da realização de grandes obras.

NOTA

(1) Não é desconsiderado comentar que, no início da eletrificação, com lâmpadas pouco eficientes e um custo elevado da eletricidade, a iluminação pública possuía níveis mínimos, suficientes apenas para quebrar a obscuridade: no primeiro contrato de concessão de iluminação pública elétrica celebrado no Brasil, na cidade de Rio Claro (interior de São Paulo), estava previsto o uso da iluminação do pôr-do-sol até a aurora, excetuadas as noites de lua cheia.

BIBLIOGRAFIA

- BARGHINI, A.; URBINATTI, P. R.; NATAL, D. Atração de mosquitos (*Diptera: Culicidae*) por lâmpadas incandescentes e fluorescentes. **Entomol. Vect.**, n. 11, p. 611-622, 2004. Disponível em: <C:\www.ugf.br/editora>.
- BEIER, P. Dispersal of juvenile cougars in fragmented habitat. **Journal of Wildlife Management**, v. 2, n. 59, p. 228-237, 1995.
- BERTRAM, D. S.: Attraction of triatomine bug vectors of Chagas's disease to betalights. **Nature**, v. 231, n. 5.300, p. 268, 1971.
- BHATTACHARYA, A.; Y. D. MISHRA, et al. Attraction of some insects associated with lac towards various coloured lights. **Journal of Insect Science**, v. 8, n. 2, p. 205-206, 1995.
- BIRD, B.; BRANCH, L. C.; MILLER, D. L. Effects of coastal lighting on foraging behavior of beach mice. **Conservation Biology**, v. 5, n. 18, p. 1.435-1.439, 2004.
- BOWER, J. The Dark Side of Light. **Audubon**, mar./abr. 2000. Disponível em: <C:\magazine.audubon.org/darksideoflight.html>. Acesso em: ago. 2005.
- BROWN, K. S.; GIFFORD, R. D. Lepidoptera in the cerrado landscape and the conservation of vegetation, soil, and topographical mosaics. **The cerrados of Brasil**. Nova York: Columbia University Press, 2004.
- CALIFORNIA ENERGY COMMISSION. Building Energy Efficiency Standards for Residential and Nonresidential Buildings. Disponível em: <C:\www.energy.ca.gov/title24>. Acesso em: 05 maio 2005.
- CIE TECHNICAL REPORT 150:2003; **Guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installations**, Vienna 2003.
- CINZANO, P.; FALCHI, F.; Elvidge. The first world atlas of the artificial night sky brightness, 2001. **Mon Not R Astron Soc.**, n. 328, p. 689-707.
- CLEMENTS, A. N. The biology of mosquitoes. **Sensory reception and behaviour**. Publishing Wallingford Caby, v. 2, n. 740, 1999.
- COIMBRA Carlos E. A., Jr. Human settlements, demographic pattern, and epidemiology in Lowland Amazonia: The case of Chagas's disease. **American Anthropologist**, v. 90, n. 1, p. 82-97, 1998. New Series.
- COLLISION COURSE. The Hazards of Lighted Structures and Windows to Migrating Birds. Disponível em: <C:\www.flap.org/new/ccourse.pdf>.
- COMMITTEE ON SCIENCE AND TECHNOLOGY SEVENTH REPORT. Disponível em: <C:\www.parliament.the-stationery-office.co.uk/pa/cm200203/cmselect/cmsstech/747/74702.htm>. Acesso em: 01 set. 2005.
- DARKSKY: **IDA's Lighting Code Handbook V1.14 Sep 2002**. Version 1.14. International Dark-Sky Association, Tucson, December 2000 / September 2002. Disponível em: <C:\www.darksky.org/ordsregs/lchintro.html>. Acesso em: 20 out. 2003.
- DAVIS, S; MIRICK, D. K; STEVENS, R. G. Night shift work, light at night, and risk of breast cancer. **J Natl Cancer Inst.**, v. 20, n. 93, p. 1557-1562, 2001.
- DE CANDIDO, R. Autumn 2004 Visible Night Migration of Birds at the Empire state Building. Nova York City, New York. Disponível em: <C:\www.birderblog.com/bird/Places/NewYork/ESB/ESBFallMigrationReport2004.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2006.
- DENTON, T. A. Moths and butterflies of the United States east of the rocky mountains, **The moths**. Boston: Bradlee Whidden, v. 1, 1990.
- DURISCOE A. S.: Modeling Light Pollution from Population Data and Implications for National Park Service Lands. **The George Wright Forum**, v. 18, n. 4, p. 56-68, 2001.
- DURISCOE, D. Preserving pristine night skies in National Parks and the wilderness ethic. **The George Wright Forum**, v. 4, n. 18, p. 30-36, 2001.
- ECOLOGICAL CONSEQUENCES OF ARTIFICIAL NIGHT LIGHTING. Congresso internacional realizado em fevereiro de 2002, Los Angeles, Disponível em: <C:\www.urbanwildlands.org/abstracts.html>.
- EISENBEIS, G. ; HASSEL, F. Attraction of nocturnal insects to street lights – A study of municipal lighting systems in a rural area of Rheinhessen (Germany). **Natur und Landschaft**, Alemanha, v. 4, n. 75, p. 145-156, 2000.
- ____. Attraction of nocturnal insects by street lights. **Zoology**, n. 102, Suppl. II 92.1, p. 81, 1999.
- ____. Zur Anziehung nachtaktiver Insekten durch Strassenlampen, **Natur und Landschaft**, v. 4, n. 75, p. 145-156, 2000.
- FELICIANGLI, Dora. M et. al: Is *Rhodnius robustus* (*Hemiptera:Reduviidae*) responsible for Chagas disease transmission in Western Venezuela. **Tropical Medicine and International Health**, v.7, n. 3, p. 280-287, 2002.
- FLORIDA POWER COMPANY. Coastal Roadway Lighting Manual. **A Handbook of Practical Guidelines for Managing Street Lighting to Minimize Impacts to Sea Turtles**, Juno Beach, Flórida, 2002.
- FRANK, K. D. Impact of outdoor lighting on moths: An assessment. **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 2, n. 42, p. 63-93, 1988.
- GERAQUE, E. Infecções frequentes. Agência Fapesp, 19/04/2005. Disponível em: <C:\www.agencia.fapesp.br/boletim_dentro.php?data[id_materia_boletim]=3597>. Acesso em: ago. 2005.
- GÓES, Rob de. **Os duendes de seis patas e a cidade mutante**. São Paulo: Geração Editorial, 2004.
- HEALTH COUNCIL OF THE NETHERLANDS. **Impact of outdoor lighting on man and nature**. The Hague: Health Council of the Netherlands, Netherlands 2000, publication, n. 2000/25E, 2000.
- HEBERT, E.; REESE, E. **Avian Collision and Electrocution: An Annotated Bibliography California Energy Commission**, October, 1995. Publication Number: P700-95-001. Disponível em: <C:\www.safewind.info/pdf/avian_collision.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2005.
- Herbert Spatial disorientation in birds, **The Wilson Bulletin**, v. 82, n. 4, December 1970 400-419. Disponível em: <C:\elibrary.unm.edu/sora/Wilson/v082n04/p0400-p0419.pdf . Acesso em: 10 ago. 2005.
- IESNA Illuminating Engineering Society of North America. **Lighting Handbook**. 9. ed. Nova York, 1999.
- IESNA Outdoor Environment Lighting Committee, **Lighting for Exterior Environments**, RP-33-99. Nova York: Illuminating Engineering Society of North America, 1999.
- JANZEN, Daniel H. **Ecology of plants in the tropics**. Londres: Edward Arnold, 1975,
- ____. Insects. **Costa Rican natural history**. Chicago: University of Chicago Press, 1983.
- JONES, J.; FRANCIS, C. M. The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. **Journal of Avian Biology**, 2003.
- KRINSKY, I. N.; LANDRUM, J. T.; BONÉ, R. A. Biological Mechanisms of the Protective Role of Lutein and Zeaxanthin in the Eye. **Annu. Rev. Nutr.** n. 23, p. 171-201, 2003.
- Lei n 7034, de 13 de fevereiro 1997, do estado da Bahia. Proibe uso de fonte de iluminação que ocasione intensidade luminosa superior a zero lux tendo em vista proteger as tartarugas marinhas no litoral norte.
- LESLEY J. Evans Ogden. **Collision Course: The Hazards of Lighted Structures and Windows to Migrating Birds**, World Wildlife Fund Canada: The Fatal Light Awareness Program, 1996, 46 p.

- LONGCORE, T.; RICH, C. Ecological light pollution. **Front. Ecol Environ**, v. 4, n. 2, p. 191-198, 2004.
- LOSEY, J.; VAUGHAN, M. The Economic Value of Ecological Services Provided by Insects. **BioScience**, v. 56, n. 4, p. 311-323, 2006.
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT. **Falls of migrant birds An analysis of current knowledge** – 15 November 1999. Disponível em: <C: \www.luchtvaartbeleid.nl/nr/dgresource/upload/RLD%20138%20-%20Falls%20of%20migrant%20birds.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2005.
- NASA. Disponível em: <C: \antwrp.gsfc.nasa.gov/apod/ap001127.html>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- NEMA NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION. **White Paper on Outdoor Lighting Code Issues**. Disponível em: <C: \www.nema.org/products/div2/Outdoor.pdf>, 2000.
- OLIVEIRA P. E.; GIBBS, P. E. Pollination and reproductive biology in Cerrado Plant Communities. In: OLIVEIRA e MARQUIS. **The cerrados of Brasil**. Nova York, Columbia University Press, 2004.
- ORANSKY, I. Closing bell: please stop, you're interfering with my research. **The Scientist**, v. 2, n. 19, p. 60, 2005.
- PAIETA, J. Photooxidation and the evolution of circadian rhythmicity. **J. Teor. Biol**, n. 97, p. 77-82, 1982.
- PASOLINI, Pier Paolo. Il vuoto del potere, ovvero l'articolo delle lucciole. **Corriere della sera**, 1° febbraio 1975, reproduzido em Scritti Corsari. Disponível em: <C: \www.pasolini.net/saggistica_scritticorsari_lucciole.htm>. Acesso em: 02 set. 2005.
- PAULEY, S. M. Lighting for the human circadian clock: recent research indicates that lighting has become a public health issue. **Med Hypotheses**, v. 4, n. 63, p. 588-96, 2004.
- ROJAS, Amadeo; VINHAES, Márcio; RODRIGUEZ, Maurício et al. Reunião Internacional sobre Vigilância e Prevenção da Doença de Chagas na Amazônia: Implementação da Iniciativa Intergovernamental de Vigilância e Prevenção da doença de Chagas na Amazônia. **Rev. Soc. Bras. Med. Trop**, v. 38, n. 1, 2005. Available from world wide web: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0037-86822005000100022&lng=en&nrm=iso>. Cited 10 ago. 2005.
- ROSA, Amélia P. A. Travassos da; VASCONCELOS, Pedro F. C.; ROSA, Jorge F. S. Travassos da. **An overview of arbovirology in Brazil and neighbouring countries**. Belém: Instituto Evandro Chagas, 1998.
- SANDERSON, K.; KIRKLEY, D. Yearly activity patterns of bats at Belair National Park in Adelaide, South Australia. **Australian Mammalogy**. Austrália, n. 20, p. 369-375, 1998.
- SANTOS, T. G. dos; MELLO GAIA, M. C. de. Brazil RP: Attraction of sand flies (*Diptera: Psychodidae*) to light traps in rural areas of Minas Gerais state, Brazil. **J Am Mosq Control Assoc.**, v. 1, n. 19, p. 74-78, 2003.
- SCHERNHAMMER E. S.; SCHULMEISTER, K. Melatonin and cancer risk: Does light at night compromise physiologic cancer protection by lowering serum melatonin levels? **Br J Cancer**, v. 5, n. 90, p. 941-943, 2004.
- SERVICE, M. W. **Mosquito ecology field sampling methods**, 2 ed. Londres – Nova York: Elsevier Applied Science, 1993.
- STEVENS, R. G. Circadian disruption and breast cancer: from melatonin to clock genes. **Epidemiology**, v. 2, n. 16, p. 254-258, 2005.
- STEVENS, R. G.; REA, M. **Light in the built environment: Potential role of circadian disruption in endocrine disruption and breast cancer, cancer causes and control**, v. 12, issue 3, p. 279-287, 2001.
- STILES, W. S. The physical interpretation of the spectral sensitivity curve of the eye. **Transactions of the optical convention of the worshipful company of spectacles makers**. Londres: Spectacle Makers'Co., 1948.
- TEIXEIRA, Antonio R. L., et al. Research – Emerging chagas disease: Trophic network and cycle of transmission of *Trypanosoma cruzi* from palm trees in the Amazon. **Emerging infectious diseases**, v. 7, n. 1, January–February 2001, p. 100-112. Disponível em: <C: \www.cdc.gov/ncidod/eid/vol7no1/pdfs/teixeira.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2005.
- VAMOSI, J. C.; KNIGHT, T. M.; STEETS, J. A.; MAZER, S. J.; BURD M.; ASHMAN, T. L. **Pollination decays in biodiversity hotspots**. **Proc Natl Acad Sci U S A**, v. 103, n. 4, p. 956-61, jan. 2006.
- VERHEIJEN, F. J. The mechanisms of the trapping effect of artificial light sources upon animals. **Netherlands Journal of Zoology**, n. 13, p. 1-107, 1958.
- VIVIANI, V. Fireflies (*Coleoptera: Lampyridae*) from Southeastern Brazil: Habitats, life history, and bioluminescence. **Journal: Annals of the Entomological Society of America**, v. 94, issue 1, p. 129-145, 2001
- WHITE PAPER. Rural England – A Nation Committed to a living Countryside, Londres: HMSO, 1995.
- WHITE PAPER OF THE OFFICE OF THE DEPUTY PRIME MINISTER. **Lighting in the Countryside: towards good practice**. Disponível em: <C: \www.odpm.gov.uk/stellent/groups/odpm_planning/documents/page/odpm_plan_606163.hcsp>. Acesso em: 02 set. 2005.
- WITHERINGTON, B. E.; MARTIN, R. E. **Understanding, assessing and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches**. Miami: Florida Department of Environmental Protection / FMRI Technical Report TR-2, 1996.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL AMPLIADO (ADAA): UM MODELO PARA COMPARAÇÃO DE EMPRESAS

Beate Frank

FURB – Universidade Regional de Blumenau, PD.

Anja Grothe-Senf

FHW – Fachhochschule für Wirtschaft, Berlim, PD.
beate@furb.br

RESUMO

O trabalho apresenta um modelo de avaliação do desempenho ambiental, que resultou de um projeto de pesquisa internacional conduzido pelas autoras em 2002 e 2003, e propôs-se a realizar a avaliação e comparação do desempenho ambiental de empresas dos setores químico-farmacêutico e têxtil, sendo cada setor representado por três empresas alemãs e três brasileiras. Para participar da pesquisa foram escolhidas empresas que integraram, em sua administração, um sistema de gestão ambiental. A pesquisa visava revelar o quanto o objetivo da sustentabilidade é incorporado pelas empresas e quais os fatores mais influentes no desempenho ambiental. O foco do presente trabalho é o modelo ADAA desenvolvido e testado no âmbito do projeto, bem como os resultados que ele pode apontar.

ABSTRACT

This paper presents a model for the environmental performance evaluation, that resulted from an international research project conducted by the authors during the years 2002 and 2003, and which aimed to make an evaluation and comparison from the environmental performance of chemical and textile companies, three of each sector in Brazil and also in Germany. To take part in the project there were chosen companies that have incorporated an environmental management system. The research intended to know how many the companies had assimilated the sustainability goal and which factors influence the improvement of environmental performance. The paper focus on the model ADAA (or EEPE – enlarged environmental performance evaluation) developed and tested in this project, thus as the results it shall appoint.

INTRODUÇÃO

Uma revisão ampla dos instrumentos e métodos disponíveis para a avaliação do desempenho ambiental mostrou que todos deixam a critério das empresas definir o que poderia representar, para elas, um caminho adequado ao autoconhecimento e à comunicação dos resultados. Como não existem parâmetros especificados, o resultado da avaliação do desempenho ambiental não esclarece muito em termos de um nível "bom" ou "ruim" para o ambiente global e na comparação com resultados de outras empresas. O desempenho é medido pelo grau de alcance dos próprios objetivos, não sendo, portanto, comparável.

Tentando superar essas limitações, o desempenho ambiental, aqui, foi definido como *o cumprimento de objetivos globais, nacionais e específicos da empresa. O objetivo global é o objetivo do desenvolvimento sustentável.*

Este deve orientar todos os outros objetivos secundários. Conclui-se, dessa definição, não se tratar "somente" de uma avaliação de desempenho ambiental, uma vez que ela inclui critérios de sustentabilidade implícitos nos objetivos globais. Trata-se, portanto, de uma *avaliação do desempenho ambiental ampliado*, que contempla os componentes social e ecológico da sustentabilidade, examinando as dimensões ambiental, social e de visão de futuro das empresas. O objetivo do presente artigo é apresentar o modelo ADAA e os resultados que ele pode apontar.

METODOLOGIA

O modelo de análise desenvolvido orienta-se pelo modelo PNQ (Prêmio Nacional de Qualidade), que se caracteriza por identificar um conjunto de *enablers* (capacitadores) da gestão e

um conjunto de *results* (resultados) da gestão. É um modelo de auto-avaliação aceito nas empresas e, além disso, utilizado internacionalmente. O modelo ADAA adota o seguinte: seis blocos de *enablers* classificados segundo a estrutura da NBR ISO 14.001 (ABNT, 1996): política e liderança, planejamento (objetivos e estratégias), pessoal, implementação, operação, avaliação e controle; e três blocos de *results*, classificados em: responsabilidade social (aceitação e cooperação, satisfação do cliente), satisfação dos colaboradores e indicadores de ecoeficiência e ecoeficácia, conforme mostra a Figura 1.

De forma semelhante ao modelo PNQ, a empresa pode alcançar 1.000 pontos, sendo 540 pontos dos *enablers* (capacitação da empresa para a melhoria do desempenho ambiental: cada uma das seis áreas corresponde a 90 pontos) e 460 pontos dos *results* (resultados decorrentes da capacitação), sendo 300 pontos dos indicadores de ecoeficiência e ecoeficácia, 50 da satisfação dos colaboradores e 11 da responsabilidade social. Enquanto os 300 pontos dos indicadores ambientais referem-se aos indicadores de desempenho operacional (OPI), assim definidos pela norma ISO n. 14.031 (KUHRE, 1998), os demais pontos se referem a indicadores de gestão (MPI). Os MPI são levantados por um questionário e os OPI por planilha (dados numéricos).

O número de perguntas do questionário varia de um bloco para outro. Na avaliação, essa diferença é compensada por um fator de ponderação. A distribuição das questões pelas três dimensões de análise em cada bloco, bem como o número total de questões por bloco são mostradas na

Figura 1 – Modelo da avaliação ambiental ampliada

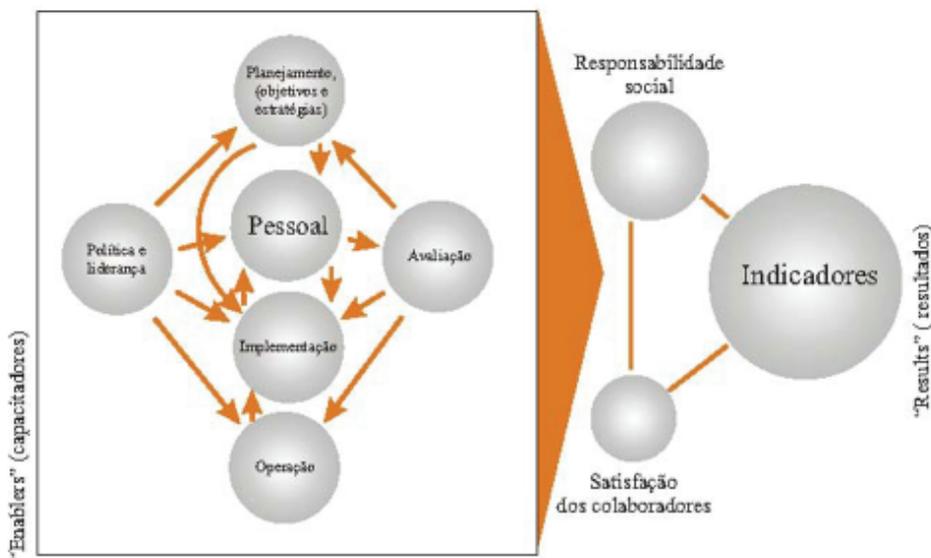


Tabela 1. A maior parte das perguntas exige respostas classificadas de 0 a 5, conforme mostra a Tabela 2. Algumas perguntas são qualitativas.

Os OPI podem ser classificados nas áreas de *material e produtos, resíduos e reciclagem, energia, água e águas servidas* (esgotos) e *emissões*, avaliadas, cada uma, com 60 pontos. Essas áreas foram definidas, tendo em vista o cumprimento de objetivos ambientais nacionais e setoriais. Cada uma das cinco áreas, por sua vez, compreende um ou mais objetivos, como mostra a Tabela 3.

Para a avaliação do resultado obtido com os indicadores, são usados dois *benchmarks*: tendência e alcance de objetivos (30 pontos para cada um, em cada uma das cinco áreas). A “tendência” dos indicadores individuais em cada área, durante 3 anos. Essa tendência pode se revelar positiva (↑), inalterada (↔) ou negativa (↓). A pontuação será a seguinte: tendência positiva (↑) 5 pontos, tendência inalterada (↔) 3 pontos, tendência negativa (↓) 0 pontos. Em cada área, portanto, cada indicador pode atingir, no máximo, 5 pontos, de acordo com a tendência. Como existe um número diferenciado de objetivos e de indicadores em cada área, é necessário determinar um fator multiplicativo para cada indicador.

Para o “alcance dos objetivos” são consideradas as áreas a que os indicadores pertencem. Cada área pode alcançar, também, o máximo de 30 pontos. Para tanto, consideram-se os resultados dos objetivos (indicadores) individuais. Se 80% das tendências forem positivas, serão atribuídos 30 pontos. Para receber 15 pontos, no mínimo 50% das tendências de cada um dos objetivos da referida área devem ser positivas. Se menos de 50% das tendências forem positivas, será atribuído

Tabela 1 – Grade de avaliação dos blocos

Dimensão Bloco	Ambiental	Social	Visão de Futuro	Número de questões	Pontuação total
1. Política e liderança	X	X	X	17	90
2. Planejamento	X	X	X	17	90
3. Pessoal	X	X	X	20	90
4. Implementação	X	-	-	12	90
5. Operação	X	-	X	15	90
6. Avaliação / controle	X	-	X	12	90
7. Responsabilidade social	X	X	X	17	110
8. Satisfação colaboradores	X	X	-	8	50
9. Indicadores	X	-	-	-	300

Tabela 2 – Escala de avaliação das questões

realizado		planejado		falta	
Sempre, sim, concluído	Muitas vezes, quase	Em parte, às vezes, raramente	a curto prazo	no longo prazo	Nunca, não
5	4	3	2	1	0

Tabela 3 – Objetivos ambientais a serem cumpridos localmente, de acordo com os objetivos globais do desenvolvimento sustentável

Áreas ambientais	Objetivo
Material / Produtos	Minimização do consumo de matérias-primas
	Maximização da participação das matérias-primas provenientes de materiais renováveis
	Minimização das embalagens
	Minimização das substâncias perigosas
Resíduos / Reciclagem	Minimização dos resíduos, classificada segundo suas diferentes frações
	Maximização da quota de reaproveitamento
Energia	Minimização do consumo de energia
	Participação da energia regenerativa / renovável
Água / Efluentes	Minimização do consumo de água
	Minimização dos efluentes
	Minimização de substâncias poluentes nos efluentes
Emissões	Proteção do clima

0 ponto. Isto significa: se uma área obtiver 30 pontos (mínimo 80%), então nesse *benchmark* terá sido alcançado um objetivo ambiental nacional ou setorial. Se uma área atingir 15 pontos (mínimo de 50%), então a empresa estará no “caminho certo” para alcançar objetivos ambientais nacionais ou setoriais. Sendo obtido “0” ponto (menos de 50%), as tendências

positivas não terão sido suficientes para cumprir os objetivos ambientais. Exceção: se os objetivos de uma área forem cumpridos (no mínimo 80% das tendências são positivas), mas algum indicador, considerado importante para o cumprimento dos objetivos ambientais nacionais ou setoriais, apresentar desenvolvimento negativo, a pontuação poderá ser revista.

A definição adotada para o desempenho ambiental ampliado não estabelece valores absolutos ou padrões para o desempenho. O que se procura avaliar é o esforço com o qual as organizações cumprem os objetivos. Dessa forma, a avaliação do desempenho ambiental ampliado (ADAA) é dependente do tempo. A cada ano, o resultado da avaliação será diferente. Se houver uma piora do resultado da ADAA, significa que houve estagnação ou interrupção do processo de melhoria contínua. Para facilitar a aplicação do modelo, foi desenvolvida uma planilha Excel como ferramenta para a avaliação do desempenho ambiental ampliado. Um guia para introduzir alterações no questionário e, portanto, na planilha, integra o modelo ADAA. O resultado da avaliação do desempenho ambiental é apresentado de várias formas, duas das quais são mostradas nas Figuras 2 e 3.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O modelo ADAA pode exercer um papel pedagógico porque mostra, em etapas, quais tarefas fazem parte de uma gestão de sustentabilidade e quais passos a empresa precisa dar para realizá-la. Além disso, a aplicação da ADAA promove o processo contínuo de melhoria. A tese fundamental é que resultados melhores nos *enablers* também geram melhores *results* globais, ou seja, somente a qualificação pelo sistema de gestão garante resultados positivos para o meio ambiente e a sociedade. Para verificar se essa tese é verdadeira, foi realizada a análise da correlação entre os valores alcançados pelos *enablers* e pelos *results* para as 12 empresas que participaram da pesquisa.

Pode-se considerar como resultado desta análise que, de um modo geral,

Figura 2 – Resultado geral da aplicação da ADAA, para um caso hipotético

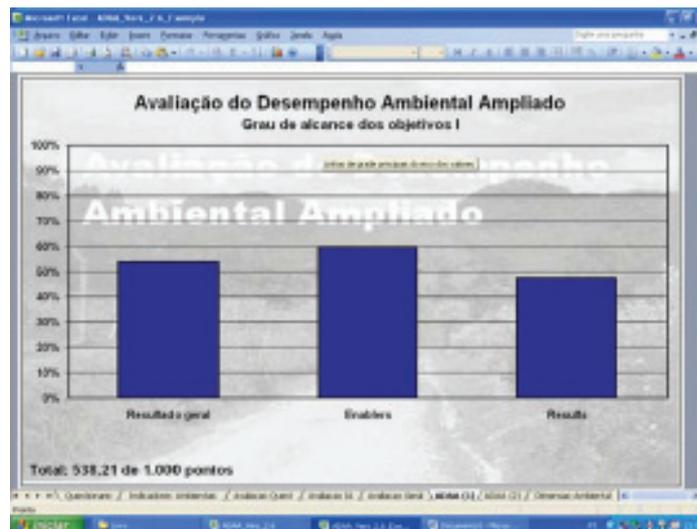
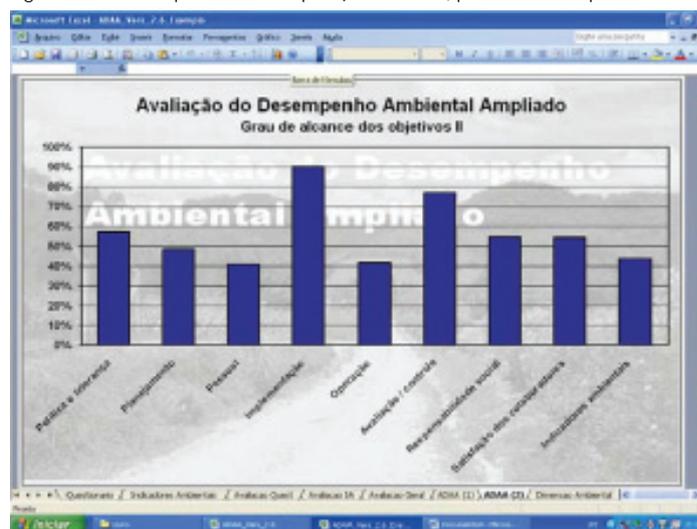


Figura – Resultado por blocos da aplicação da ADAA, para um caso hipotético



enablers melhores levam, necessariamente, a melhores *results*. Em casos isolados, entretanto, componentes diferentes dos *enablers* podem exercer um papel de destaque. Os blocos de *enablers* a revelarem alta correlação com os *results* e com os indicadores são os que produzem o maior efeito sobre os *results* e sobre os indicadores. Eles constituem, portanto, pontos de partida

para o processo contínuo de melhoria. Embora a base de dados seja pequena, e, portanto, as informações dela extraídas não possam ser generalizadas, pode-se registrar resumidamente:

- No setor químico-farmacêutico, o bloco *política e liderança* exerce um papel central na melhoria da ecoeficiência e da ecoeficácia. Outros *results* dependem, mais provavelmente, da implementação;

• no setor têxtil, os blocos *política e liderança e avaliação e controle* têm importância semelhante para a melhoria da ecoeficiência e da ecoeficácia. Certamente outros *results* dependem mais do planejamento.

Para cada setor empresarial estudado, a justificativa para esses resultados pode ser encontrada nos fatores internos e externos que influenciam o desempenho ambiental.

Levando em consideração o resultado geral, pode-se imaginar um modelo de análise simplificado, no qual os *enablers* seriam omitidos, pois, para comparar o desempenho ambiental, bastaria ocupar-se com os *results*. Isso é mais ou menos o que determina a ISO 14.031 (KUHRE, 1998). Entretanto, a análise da correlação indica que uma pesquisa abrangente pode oferecer um suporte importante rumo à sustentabilidade.

A análise qualitativa que acompanhou a aplicação do modelo nas 12 empresas mencionadas tratou de identificar os fatores a exercerem maior influência na melhoria do desempenho ambiental. Nesse sentido, foram analisados os fatores de influência externos e internos (com base nas perguntas qualitativas e nos *results*) que apontaram diferenças entre os dois países e os dois setores e também se aplicam às empresas as quais possuem unidades em ambos os países. Constatou-se que, apesar da política ambiental comum, existem grandes diferenças no desempenho ambiental ampliado dessas unidades; por isso, cabe expor, ainda, os principais fatores de influência detectados, apresentados nas Tabelas 4 e 5.

Nas empresas alemãs foi registrado um forte interesse público, que influi, especialmente, no desempenho ambiental ampliado das empresas químico-farmacêuticas. Isso contrasta com o Brasil, onde falta interesse dos clientes e do cidadão por uma produção

Tabela 4 – Fatores de influência externos. Pode-se estabelecer relação entre os fatores constantes de uma mesma linha

Brasil	Alemanha
Desinteresse dos clientes por uma produção ecologicamente mais correta	Forte interesse público por uma produção ecologicamente correta (setor químico-farmacêutica)
Interesse público pela água (setor têxtil)	Influência dos stakeholders
Exigências dos clientes do exterior (setor têxtil)	
Opinião pública (setor químico-farmacêutico)	
Observação da política do grupo empresarial (setor químico-farmacêutico)	
RC como obrigação, na ABIQUIM (setor químico-farmacêutico)	Associação de classe forte (VCI) e programa RC – Diferença em relação ao setor têxtil
Controle do órgão ambiental estadual de São Paulo (CETESB)	Cenário regulador
„Tradição alemã” em Santa Catarina (setor têxtil)	
Forte dependência de recursos naturais (setor têxtil)	
Falta de impulso para inovação devido à não existência de política ambiental oficial (setor têxtil)	Mercado investidor Diversas formas de rating

Tabela 5 – Fatores de influência internos, dispostos de forma a permitir identificar as ligações existentes entre os fatores de uma mesma linha

Brasil	Alemanha
Suporte da alta direção da empresa	Função de exemplo da alta administração e outros
Visão de futuro	
Conscientização dos colaboradores	Reforçar a conscientização do colaborador através de qualificação
Investimento em comunicação	Clareza nas tarefas de cada um (competências, consequências de auditorias)
Relação „paternal” entre empregador e empregado (têxtil)	Transparência nos objetivos, acordos pessoais sobre objetivos
Resíduos e emissões	Otimização de processos Minimização de custos e de riscos
Perturbações e falhas	
Falta de controle e de avaliação	
Ecomarketing	Competência social das pessoas em cargo de chefia e colaboradores dos departamentos ambientais (departamentos de sustentabilidade)
Situação econômica difícil	
Falta de relatórios ambientais	

ecologicamente mais adequada. Esse resultado se reflete, também, na multiplicidade de relatórios ambientais e *ratings* (classificações) na Alemanha, os quais não existem dessa forma no Brasil e, com isso, representam um fator de influência “a menos” neste país.

No Brasil se destaca, claramente, um ponto negativo: a falta de impulso para a inovação, em virtude da falta de política

ambiental oficial. Isso contrasta com a Alemanha, onde não só o Estado procura impor uma política ambiental, mas também diversas formas de concorrência (*ratings*, mercado investidor) servem para dar impulso às empresas, visando incrementar seu desempenho ambiental.

Embora os fatores de influência internos possam ser comparados entre

si, eles precisam ser interpretados em associação com o estado atual do desenvolvimento da gestão ambiental. Nota-se, nesse ponto, certa vantagem das empresas alemãs em relação às brasileiras. As empresas alemãs procuram melhorar seu desempenho ambiental por meio de *soft factors*, enquanto as brasileiras trabalham em primeira linha com *hard factors*. Essas diferentes fases de desenvolvimento da gestão ambiental em que as empresas se encontram manifestam-se também nos fatores de influência na Alemanha, em comparação com o Brasil.

Observam-se, ainda, diferenças culturais, a saber:

- Enquanto na Alemanha a clareza das tarefas é importante para cada um (poderia ser interpretada como uma comunicação específica, pois a comunicação generalizada já deve ter cumprido sua missão), nas empresas brasileiras uma comunicação generalizada sobre proteção ambiental e sustentabilidade ainda é importante;
- enquanto na Alemanha a transparência dos objetivos e os acordos pessoais sobre objetivos são importantes, nas empresas brasileiras

vale uma relação subjetiva, mais "paternal", entre empregadores e empregados;

- nas empresas alemãs a otimização de processos exerce influência sobre o desempenho ambiental, nas empresas brasileiras esse desempenho ainda é influenciado por perturbações e falhas, resíduos e emissões, bem como pela falta de controle e avaliação, quer dizer, aspectos ambientais não- resolvidos e fragilidades da gestão;
- nas empresas brasileiras observa-se o marketing ambiental como um fator de influência positivo. Embora seja ele dirigido para fora, para o mercado, acaba refletindo-se internamente na empresa;
- o aspecto da necessidade especial de competência social das pessoas em cargo de chefia e colaboradores dos departamentos ambientais foi mencionado, exclusivamente, pelas empresas alemãs.

Ao discutir, com as empresas participantes, os resultados obtidos com a aplicação do modelo, diversas avaliações positivas foram obtidas. A primeira se refere à utilização do modelo PNQ; outra se refere aos critérios do

desempenho ambiental, em relação aos quais a divisão nas três dimensões de análise foi bem-sucedida, pois permitiu uma comparação diferenciada. Quanto aos objetivos ambientais, verificou-se que, basicamente, as empresas só se orientam pelos objetivos de sustentabilidade em casos excepcionais. Alguns potenciais de melhoria do modelo também foram apontados.

BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO n. 14.001*. São Paulo: ABNT, 1996.

FRANK, B.; GROTHE-SENF, A. *Avaliação de desempenho ambiental ampliado: uma comparação setorial entre empresas do Brasil e da Alemanha*. Blumenau: Edifurb, 2006.

GROTHE-SENF, A.; FRANK, B. *Erweiterte Umweltleistungsbewertung: ein branchenspezifischer Vergleich zwischen Brasilien und Deutschland*. München: ökom Verlag, 2003.

KUHRE, W. L. *ISO 14031 – Environmental performance evaluation (EPE): practical tools techniques for conducting an environmental performance evaluation*. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall, 1998. 462 p.

Tratamento e Disposição Final de Resíduos

COMPOSTAGEM ACELERADA: ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DO COMPOSTO

Bárbara R. Heidemann

DAQBI/UTFPR/PR, IC

Edilsa R. Silva

DAQBI/UTFPR/PR, PD
edilsa@cefetpr.br

Marlene Soares

DAQBI/UTFPR/PR, PD

Valma M. Barbosa

DAQBI/UTFPR/PR, PD

RESUMO

A compostagem é um processo controlado de degradação microbiológica da matéria orgânica, presente nos resíduos sólidos dispostos por um município. Dividida em duas fases, nas quais ocorrem a degradação e a estabilização do composto, durando, aproximadamente, 120 dias. Para que a transformação da matéria orgânica em composto não consuma tanto tempo, já existem processos de compostagem acelerada. Este trabalho analisa os microrganismos patogênicos ou não, presentes no material (lodo de esgoto da Estação de Tratamento de Esgoto Belém – ETE Belém e poda vegetal triturada), a ser compostado e no já maturado, da empresa Tibagi – Sistemas Ambientais, que utiliza como método acelerado – o processo Kneer®. O método utilizado para indicar ausência e presença de patógenos foi o Colorimétrico/Enzimático, com o reagente Fluorocult LMX, para coliformes totais e termotolerantes, e a contagem em placa, com o meio Ágar Enterococos, para enterococos fecais. Para analisar a biota presente utilizou-se contagem em placa, com o meio PCA, para bactérias, e o meio PDA, para fungos.

ABSTRACT

The compostage is a controlled process of microbiological degradation of the organic, present substance in the solid residues made use by a city. It is divided in two phases, in which the degradation and the stabilization of the composition occur, lasting, approximately 120 days. So that the transformation of the organic substance in composition does not consummate as much time, already processes of sped up compostage exist. This work analyzes the microorganisms, pathogenic or not, gifts in the material (silt of sewer of the Station of Treatment of Wastewater Belém – STW Belém and trims triturated vegetable) to be compostation and in already maturation, of the Tibagi company – Ambients Systems, that uses as sped up method, the Kneer® process. The used method to indicate absence and presence of pathogens was the Enzymatic/Colorimetric, with the reagent Fluorocult LMX, for total and thermotolerants coliforms, and the counting in plate, with the media Enterococci Agar, for fecal enterococci. To analyze the microorganisms present, counting in plate was used, with the media PCA, for bacteria, and the media PDA, for fungi.

INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos urbanos são materiais como alimentos, papéis, metais, plásticos, vidros, entre outros, resultantes da atividade do homem, que não podem mais ser, diretamente, utilizados por este. Várias cidades sofrem com a má disposição desses resíduos, sendo feita, muitas vezes, em lixões a céu aberto, havendo problemas também com a falta de espaço físico para a construção de aterros sanitários e com a falta de coleta seletiva.

A partir dessa situação, observou-se a necessidade do desenvolvimento de tecnologias para a destinação adequada de resíduos, principalmente dos orgânicos, não-recicláveis. Uma das opções é a compostagem, processo que já vem sendo utilizado há muito tempo, porém não de forma controlada.

Compostagem

A compostagem é um processo microbiológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em matéria estabilizada.

A matéria estabilizada se compõe de compostos orgânicos e pode ser utilizada como adubo ou fertilizante.

Para o processo de compostagem ser bem-sucedido, é necessário que sejam controlados os parâmetros físico-químicos como: temperatura, aeração, umidade, pH, relação C/N (carbono/nitrogênio), para os microrganismos encontrarem condições ideais ao seu desenvolvimento.

O controle da temperatura garante o desenvolvimento de uma população microbiótica diversificada, assim como elimina os microrganismos patogênicos. A aeração controlada garante o não-

desenvolvimento de microrganismos anaeróbios e a atividade ótima dos aeróbios. Altos teores de umidade também causam anaerobiose no meio, e baixos teores de umidade inibem a atividade microbiológica, diminuindo a taxa de estabilização. O pH deve permanecer entre 6,5 e 7,5 para atender às necessidades tanto de bactérias quanto de fungos. A relação C/N deve permanecer entre 25:1 e 35:1. Na compostagem com carbono em excesso, a atividade biológica diminui, sensivelmente, por causa da deficiência de nitrogênio, que é reciclado das células de bactérias mortas. Com o excesso de nitrogênio, por sua vez, este é eliminado na forma de amônia.

A compostagem é dividida em duas fases: fase de degradação ou bioestabilização e fase de maturação ou humificação.

Na fase de degradação predominam os microrganismos mesófilos. Conforme as reações da biodegradação da matéria orgânica vão ocorrendo, o calor é liberado, diminuindo, assim, a população de mesófilos, proliferando-se com mais intensidade os termófilos. Quando a maior parte do substrato orgânico for transformada, a temperatura diminui, e os mesófilos voltam a instalar-se.

A bioestabilização dura aproximadamente 90 (noventa) dias. Além da máxima degradação, nesta fase se objetiva a eliminação de microrganismos patogênicos pela ação da temperatura. Há grande consumo de oxigênio, necessitando, desse modo, de grande aeração.

Inicia-se, então, a fase de maturação, na qual a degradação e a eliminação de patogênicos continuam. A humificação dos materiais ocorre por meio de transformações químicas, observando-se

baixa atividade microbiológica, necessitando-se de menor aeração. A coloração se torna mais escura, sem odor inicial e com aspecto de terra molhada. A maturação tem a duração de aproximadamente 30 (trinta) dias.

A fase de maturação é de grande importância, pois o composto imaturo, quando aplicado como adubo, pode ser tóxico e levar à proliferação de microrganismos patogênicos, favorecidos pelas condições de anaerobiose.

Microrganismos

Os microrganismos, bactérias, fungos e actinomicetos são os principais responsáveis pela transformação da matéria orgânica crua em húmus pelo consumo de micro e macronutrientes. Sabe-se que somente os microrganismos são capazes de transformar biologicamente a matéria orgânica crua em húmus, tendo em vista que nenhum processo, quer laboratorial quer industrial, conseguiu produzir húmus sintético.

As bactérias presentes no material a ser compostado são importantes na fase termófila, principalmente decompondo açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil digestão. Sua função é decompor a matéria orgânica – animal ou vegetal – aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas ao solo e fixar o nitrogênio.

Os fungos são microrganismos filamentosos, heterotróficos, os quais se desenvolvem em baixas e altas faixas de pH. Sua função é a decomposição em alta temperatura de adubação e fixação de nitrogênio.

A Tabela 1, a seguir, demonstra as características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.

Tabela 1 – Características dos principais grupos microbianos envolvidos no processo de compostagem.

Discriminação	Bactérias	Actinomicetos	Fungos
Substrato	Carboidratos, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição	Apropriado para substratos de difícil decomposição
Umidade	-	-	Prefere regiões secas
Oxigênio	Menor necessidade de oxigênio	Regiões bem aeradas	Regiões bem aeradas
pH ótimo	Neutro até levemente alcalino	Neutro até levemente alcalino	Ácido a alcalino
Faixa de valores de pH	6.0 7.7	-	2.0 a 9.0
Revolvimento	Não interfere	Desfavorável	Desfavorável
Significado durante a decomposição	80 a 90% da capacidade da degradação	-	-
Temperatura	Até 75%; redução da capacidade de degradação quando essa temperatura for ultrapassada	Supõe que o limite de temperatura seja 65° C	Limite de temperatura de 60° C
Função	Decompor a matéria orgânica, animal ou vegetal, aumentar a disponibilidade de nutrientes, agregar partículas no solo e fixar o nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc., e fixação do nitrogênio	Decomposição dos resíduos resistentes de animais e vegetais, formação do húmus, decomposição em alta temperatura de adubação verde, feno, composto, etc., e fixação do nitrogênio

Fonte: Nassu (2003)

Compostagem acelerada

Este método de compostagem esclarecido, com duração de 120 (cento e vinte) dias, é o método natural, ou seja, o resíduo orgânico junto da poda vegetal, por exemplo, é misturado e disposto em um pátio por meio de leiras, permanecendo todo o tempo ali, sendo apenas revirado para a adequada aeração.

Já o processo acelerado, como o próprio nome diz, tem uma menor duração de tempo. O composto analisado é proveniente do processo Kneer®, da empresa Tibagi Sistemas Ambientais.

O processo começa quando dois silos são carregados, um com material portador de carbono (resíduo vegetal triturado), e o outro com resíduo orgânico (lodo de esgoto) a ser degradado. Os materiais são dosados pelas roscas transportadoras, em proporções definidas por meio de um balanço de massa prévio. Após a dosagem, os materiais seguem para um misturador no qual são homogeneizados para promover maior contato entre os mesmos.

Por meio de esteiras, esse material é transportado para um reator biológico dimensionado de forma a promover

ótimas condições de aeração e isolamento térmico. A câmara de insuflação foi construída de modo a reter, em sua parte superior, o substrato, e permitir, pelas aberturas, a passagem do ar por meio da massa em compostagem. O isolamento térmico existente nas paredes laterais do reator é constituído de uma camada de espuma de poliuretano. No topo do reator existe a camada de exaustão, no qual é promovido vácuo para facilitar a aeração e a retirada dos gases provenientes da oxidação biológica. O controle da temperatura é feito por uma termorresistência inserida pela tampa do reator.

O processo é controlado por um software, que o divide em duas fases. A primeira, a de aumento da temperatura do substrato, o início do processo de compostagem, recebe aeração em um intervalo a variar de 6 (seis) a 30 (trinta) minutos, para concentrações de oxigênio nos gases de exaustão superiores a 16% e inferiores a 20%. A segunda, a de declínio de temperatura, o intervalo de aeração varia de 30 (trinta) a 60 (sessenta) minutos, para concentrações de oxigênio superiores a 18% na linha de exaustão.

O sistema de aeração é constituído por tubulações de insuflação e exaustão, válvulas, mangueiras, conjunto de fixação ao reator biológico e biofiltro. Esse biofiltro serve para impedir que os gases malcheirosos produzidos durante o processo sejam lançados diretamente na atmosfera. Nele ocorre uma série de princípios físicos, químicos e biológicos o gás em contato com o meio filtrante, promovendo retirada das substâncias gasosas provenientes da oxidação biológica que ocorre no interior do reator. Possui as mesmas características construtivas do reator, porém é carregado com composto maturado.

Os reatores possuem, em sua parte inferior, uma linha de drenagem do

chorume produzido, o que permite sua retirada por gravidade, armazenagem e posterior reciclo.

Ao final do processo, o reator é descarregado pela abertura da porta frontal, em sua base é instalado um pistão hidráulico que promove inclinação necessária para o descarregamento do material no pátio de cura.

O material fica 14 (quatorze) dias no reator e mais 14 dias no pátio.

Lodo de esgoto

O lodo de esgoto é o resíduo gerado no tratamento das águas residuárias urbanas (esgoto). Essas são tratadas com a finalidade de reduzir sua carga poluidora para garantir seu retorno ao ambiente sem causar degradação ambiental.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi verificar a eficiência do Sistema Kneer® de compostagem acelerada, alimentando o reator com a mistura de poda vegetal e lodo proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto Belém (ETE Belém), na proporção de 3:1 (três

partes de poda para uma parte de lodo), no que diz respeito à eliminação de microrganismos patogênicos.

METODOLOGIA

Após o reator ser alimentado, amostras foram retiradas nos dias 0, 3, 7, 11, 14, 28 e 32, do tempo em que o material permaneceu no reator e no pátio de compostagem. Essas amostras foram retiradas conforme a NBR n. 10.007, e transportadas para o laboratório do CEFET-PR em uma caixa de isopor com gelo.

Para a análise de microrganismos (coliformes totais, termotolerantes, enterococos fecais, bactérias heterotróficas e fungos e leveduras), foram realizadas diluições de 30 (trinta) gramas da amostra, de 10^{-1} a 10^{-6} , em solução salina 0,9%.

A presença ou ausência de coliformes totais e termotolerantes realizada pelo Método Colorimétrico/Enzimático, adicionando o reagente Fluorocult LMX a 100 mL da diluição 10^{-6} . Verificou-se mudança de cor para coliformes totais e fluorescência para termotolerantes.

Inoculou-se 1 mL da diluição 10^{-6} em Ágar Enterococos para determinar a presença e quantidade de enterococos fecais; 0,1 mL da mesma diluição em PCA, para indicar a quantidade de bactérias heterotróficas e 0,1 mL da mesma diluição em PDA, para determinar a quantidade de fungos e leveduras. Estas três determinações foram feitas pela técnica do espalhamento em placas de Petri.

Todos os experimentos foram realizados em triplicata e analisadas duas bateladas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises microbiológicas estão expressos nas tabelas abaixo:

Os resultados encontrados para coliformes totais e termotolerantes demonstram que a compostagem ocorreu de maneira esperada. Pode-se considerar o mesmo para os Enterococos Fecais. A análise de bactérias, fungos e leveduras foi realizada para confirmar a presença dos mesmos no material antes de ser degradado e, posteriormente, como composto.

Tabela 2. Resultados das análises da batelada 1

BATELADA 1					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
0	Positivo	Positivo	$1,5 \times 10^6$	$1,65 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$
3	Positivo	Positivo	-	2×10^7	4×10^7
7	Positivo	Positivo	3×10^7	$1,3 \times 10^8$	$2,5 \times 10^8$
11	Negativo	Negativo	4×10^7	$2,4 \times 10^8$	1×10^7
14	Negativo	Negativo	-	6×10^7	2×10^7
28	Negativo	Negativo	-	5×10^7	1×10^7
32	Negativo	Negativo	-	6×10^7	$1,5 \times 10^7$

Tabela 3. Resultados das análises da batelada 2

BATELADA 2					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
0	Positivo	Positivo	1×10^7	1×10^8	1×10^7
3	Positivo	Positivo	2×10^7	2×10^8	2×10^7
7	Positivo	Positivo	-	1×10^8	2×10^8
11	Positivo	Positivo	-	$1,5 \times 10^8$	$1,5 \times 10^7$
BATELADA 2					
DIAS	Coliformes Totais	Termotolerantes	Enterococos Fecais (UFC/mL)	Bactérias (UFC/mL)	Fungos (UFC/mL)
14	Negativo	Negativo	-	5×10^7	$1,45 \times 10^7$
28	Negativo	Negativo	-	5×10^7	2×10^7
32	Negativo	Negativo	-	$2,5 \times 10^7$	$1,6 \times 10^7$

CONCLUSÃO

A compostagem é uma alternativa apropriada de disposição final de resíduos sólidos orgânicos. Para que o composto formado seja de boa qualidade ou para haver melhores condições do processo de compostagem, a coleta seletiva adequada dos resíduos sólidos urbanos, separando os recicláveis dos orgânicos, faz-se necessária.

A principal apreensão, no que diz respeito a microrganismos no composto, é a eliminação dos patogênicos. Essa pode se feita com um ótimo controle de fatores físico-químicos, durante o processo de compostagem.

As análises da quantidade de bactérias, fungos e leveduras confirmaram a biota existente no material, tanto em fase termófila quanto na fase mesófila.

A compostagem acelerada se mostrou um excelente método de transformação de matéria orgânica em adubo orgânico, desde que realizada de forma controlada.

BIBLIOGRAFIA

- ANDREOLI, C.; PEGORINI, E. **Gestão pública do uso agrícola de lodo de esgoto**;
- BIDONE, F. R. A.; PAVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos, EESC – USP, 1999.
- Curso de Especialização em Engenharia Ambiental, Microbiologia do Processo de Compostagem, 2003.
- FERNANDES, F.; ANDREOLI, C. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). Programa de Saneamento Básico, 1999.
- KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1998.
- . O processo de compostagem do lixo urbano. In: I SIMPÓSIO ESTADUAL DE LIXO URBANO, 1986, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: 1986.
- NASSU, K. Compostagem: uma proposta alternativa para o aproveitamento da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos.
- PEREIRA NETO, J. T. **Quanto vale o nosso lixo**. Minas Gerais: Ed. Gráfica Orion, 1999.
9. TIBAGI, SISTEMAS AMBIENTAIS **Sistema Kneer® de compostagem acelerada**. Curitiba, 2000;

Tratamento e Disposição Final de Resíduos

RESUMO

Efluentes aquosos industriais são as principais causas de contaminação das águas com metais pesados. Diante de uma legislação cada vez mais rígida com o descarte desses metais, o desenvolvimento de procedimentos eficientes e de baixo custo para o tratamento de efluentes contendo metais pesados tornam-se de grande interesse. Este estudo avalia a capacidade da zeólita natural escolecita na retenção dos cátions de cromo (III), cádmio (II) e de chumbo (II) em solução aquosa, variando o pH (3, 4 e 5) e o tempo de contato (3, 9 e 24 horas). A zeólita natural escolecita mostra a habilidade de reter os íons metálicos na seguinte ordem: Cr(III) = Cd(II) > Pb(II). Cr(III) e o Cd(II) foram totalmente adsorvidos. Os resultados demonstraram uma elevada eficiência de remoção dos metais pesados pela escolecita, aliado ao fato de esta zeólita ocorrer em abundância e de não ser impactante ao meio ambiente.

ABSTRACT

During recent years stringent regulations of wastewater discharge into aquatic bodies have been imposed. Removal of contaminants, as heavy metals, is one of the fundamental goal in waste treatment. In order to achieve efficient cost effective technology, natural materials as zeolites are generally been applied is wastewater treatment to remove pollutants. The present study consists in evaluating the scolecite zeolite efficiency in removing chromium(III), cadmium(II) and lead(II) from aqueous solutions at pH conditions of 3, 4, 5 and contact time of 3, 9, 24 hours. The natural zeolite showed the ability to take up the tested heavy metals in the order Cr(III) = Cd(II) > Pb(II). Cr(III) and Cd(II) were totally adsorbed. These results demonstrate that scolecite can be used for removal of heavy metals from aqueous effluents, under optimized conditions.

APLICAÇÃO DE ZEÓLITA NATURAL ESCOLECITA NA REMOÇÃO DE Cd^{2+} , Cr^{3+} E Pb^{2+} DE SOLUÇÕES AQUOSAS EM DIFERENTES VALORES DE PH

Karla Carolina Saqueto

UGR, DQ-UFSCAR, IC
karlasaqueto@yahoo.com.br

Ana Marta Ribeiro Machado

UGR-UFSCAR, PD

Nemésio Neves Batista Salvador

UGR-UFSCAR, PD

INTRODUÇÃO

Os efluentes industriais são as principais causas de contaminação das águas com metais potencialmente tóxicos. Como esses metais são biocumulativos, há uma crescente exigência por parte da sociedade e dos órgãos públicos, no sentido de haver diminuição dessa contaminação, aos níveis toleráveis pelos organismos sujeitos ao contato com tais contaminantes e, conseqüentemente, uma tendência em se aprovar uma legislação ambiental cada vez mais rigorosa.

Metais pesados como o cromo, o níquel, o cádmio, o chumbo e o zinco são largamente empregados nas indústrias. É importante salientar que elas não são as únicas responsáveis pelo quadro atual de contaminação do ambiente por substâncias tóxicas. As universidades, escolas e institutos de pesquisa correspondem a, aproximadamente, 1% da produção de resíduos em países desenvolvidos como os Estados Unidos. Considerando que essas instituições exercem papel fundamental quando avaliam os impactos ambientais provocados por outras unidades geradoras de resíduos, é necessário que tratem adequadamente seus rejeitos, a fim de não verem mitigada sua credibilidade perante a sociedade e os órgãos públicos competentes.

Metais pesados em excesso podem causar muitas doenças e sérios problemas fisiológicos, já que são acumulativos no corpo humano. Os resíduos contendo cádmio, cromo, manganês e níquel possuem alto poder de contaminação e, com facilidade, atingem os lençóis freáticos ou mesmo reservatórios e rios, os quais são as fontes de abastecimento de água das cidades.

Visando à redução do impacto ambiental causado com o descarte de efluentes contaminados com metais pesados, métodos alternativos de baixo custo e mais eficientes no tratamento de águas e despejos têm sido desenvolvidos como, por exemplo, a eletrodialise, a osmose reversa, a ultrafiltração, a adsorção em materiais naturais, a promoverem a retenção seletiva e reversível de cátions metálicos e resinas de troca iônica.

As resinas troca-iônicas são muito usadas nas indústrias para a remoção de íons em água potável ou em águas de caldeira e na purificação de substâncias orgânicas e inorgânicas. Entretanto, a utilização desse material no tratamento de efluentes com metais pesados é economicamente inviável. Desse modo, várias pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de empregar-se trocadores iônicos naturais, como, por exemplo, aluminossilicatos, os quais apresentam baixo custo, alta disponibilidade.

A sílica ocorre na natureza com a fórmula empírica aproximadamente igual a (SiO_2). A substituição parcial de átomos de silício por alumínio dá origem ao grupo dos aluminossilicatos. Os principais componentes desse grupo são as argilas e as zeólitas. Como o alumínio

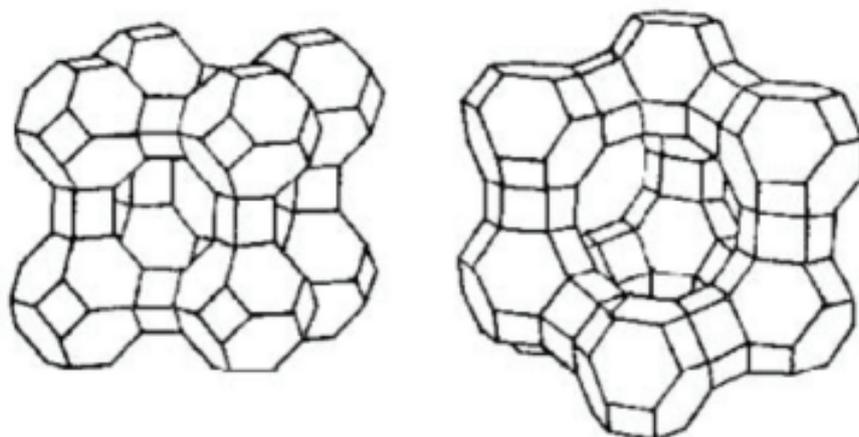
apresenta valência (3+) menor do que a do silício (4+), a estrutura do aluminossilicato apresenta uma carga negativa para cada átomo de alumínio. Essa carga é balanceada por cátions alcalinos ou alcalino-terrosos, chamados de cátions de compensação, intersticiais ou trocáveis, normalmente o Na^+ , K^+ ou Ca^{2+} , livres para se moverem nos canais da rede e poderem ser trocados por outros cátions em solução.

A família das zeólitas pode ser distinguida dos demais aluminossilicatos pela presença de moléculas de água e, também, por causa de suas estruturas características.

Atualmente, 40 espécies de zeólitas naturais foram identificadas e mais de 150 foram sintetizadas. As sintéticas – as zeólitas A, X, Y, L, F e ZSM-5, são utilizadas como catalisadores em virtude de sua grande uniformidade na composição e elevado teor de pureza. As zeólitas naturais são utilizadas, principalmente, no tratamento de efluentes, no qual uma alta pureza não é um fator tão preponderante quanto nos processos catalíticos.

A estrutura apresenta uma porosidade regular de dimensões comparáveis às das moléculas orgânicas, sendo as aberturas dos poros variáveis de 3 a 10 Å, conforme o tipo de estrutura (Figura 1).

Figura 1 – Exemplos de zeólitas



As zeólitas são minerais formados por uma estrutura tridimensional de tetraedros de SiO_4 e AlO_4 conectados pelos átomos de oxigênio nos vértices, possuidoras de cavidades e canais regulares e de tamanho molecular, nos quais pode haver movimentação de moléculas de água. O desbalanceamento de cargas provocado pelo Al estrutural, trivalente, é compensado por cátions de metais alcalinos alcalinos (Na^+ , K^+ , Rb^+ , Cs^+) e alcalinos terrosos (Mg^{2+} , Ca^{2+}), NH_4^+ , H_3O^+ , TMA^+ (tetrametilamônio) e outros cátions nitrogenados, terras raras e metais nobres. Essa condição confere às zeólitas a propriedade de troca iônica. Além disso, as zeólitas possuem uma elevada superfície específica interna por causa da porosidade da rede, característica indispensável para uma alta capacidade de troca iônica. O processo de troca iônica ocorre entre duas ou mais fases. A transferência de íons de uma fase para outra depende da eletroneutralidade e é regulada pela concentração dos íons em ambas as fases e pela seletividade que a zeólita apresenta sobre os íons.

Sua composição pode ser representada genericamente por $\text{M}_{x/n} \text{Al}_x \text{Si}_y \text{O}_{2(x+y)} \cdot w\text{H}_2\text{O}$, em que M é um cátion de valência n e (x+y) corresponde ao total de tetraedros na cela unitária da zeólita. O processo de troca iônica está diretamente relacionado à substituição dos cátions intersticiais M por cátions da solução. O comportamento da troca iônica nas zeólitas depende basicamente dos seguintes fatores: natureza das espécies catiônicas (tamanho, carga e grau de hidratação); temperatura; concentração das espécies catiônicas na solução; espécies aniônicas associadas aos cátions em solução; solvente empregado (na grande maioria dos casos, a troca iônica ocorre em solução aquosa,

embora alguns trabalhos tenham sido realizados utilizando-se solventes orgânicos) e característica estrutural da zeólita em questão.

No município de Morro Reuter, no estado do Rio Grande do Sul, é encontrada a zeólita escolecita como espécie mais abundante, conforme análises realizadas por difratometria de raios X. A escolecita foi descrita primeiramente por Pauling e Taylor, em 1930. Esse minério se caracteriza por ser uma zeólita microporosa, cujas dimensões dos canais são de $2,6 \times 3,9 \text{ \AA}$. Apresenta a fórmula química $\text{Na}_{0,3} \text{Ca}_{1,0} \text{Al}_{2,0} \text{Si}_{3,0} \text{O}_{10} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (composição - 5,32% Na_2O , 9,63% CaO , 26,26% Al_2O_3 , 46,42% SiO_2 , 12,37% H_2O) e capacidade de troca iônica nominal de 5,01 equiv kg^{-1} .

OBJETIVOS

Desenvolver e implantar um método viável para o tratamento de resíduos contendo metais pesados em baixas concentrações, gerados nos laboratórios de ensino e pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, utilizando a zeólita natural escolecita, tendo em vista o efeito do pH no processo de adsorção.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da escolecita

Foi realizada a caracterização da zeólita natural escolecita por difração de raios-X (Diffractometer D5000 Alemanha/ SiemensAXS). Utilizou-se, para essa análise, a escolecita com 0,25 mm de diâmetro.

Reagentes utilizados

Os metais utilizados foram todos em forma de seus respectivos nitratos: o

cromo(III) - $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, o cádmio(II) - $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, e o chumbo(II) - $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$.

Para acidificar as soluções contendo íons de chumbo e de cádmio usou-se uma solução diluída de ácido nítrico, e, para acidificar as soluções contendo íons de cromo, utilizou-se uma solução diluída de ácido clorídrico. Para aumentar o pH das soluções, usou-se hidróxido de sódio diluído.

Processo extrativo

As operações de troca iônica foram conduzidas de forma descontínua. Nesse processo o adsorvedor foi agitado constantemente com a solução contendo o metal pesado.

- Influência do tempo X pH

O efeito do pH na adsorção dos metais foi testado à temperatura ambiente, ajustando o pH para 3,0, 4,0 e 5,0 pela adição de soluções 0,1 $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ de NaOH , HNO_3 ou HCl , na solução aquosa contendo o íon metálico, sendo os íons metálicos adsorvidos isoladamente (soluções monoelementares).

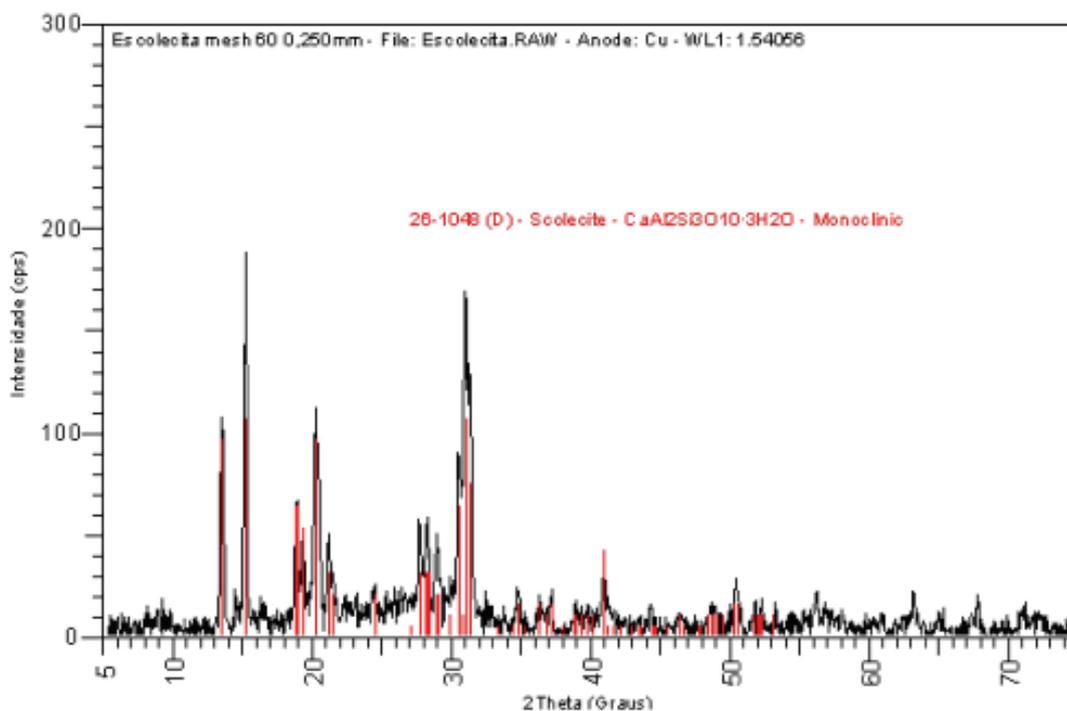
Utilizou-se 2,0 g de escolecita em pó (com aproximadamente 0,100 mm de diâmetro) em 60 mL de solução, com concentração 50 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ do metal (Cd^{2+} , Cr^{3+} e Pb^{2+}). As medidas de pH das soluções foram realizadas com um pHmetro digital (CORNING).

Após intervalos de 3, 9 e 24 horas, foram retiradas alíquotas de 15 mL do meio reacional, com o auxílio de uma seringa. Separou-se a fase líquida da sólida, centrifugando-se a solução logo após a coleta.

- Quantificação dos metais

A quantificação dos metais em solução foi realizada por meio de um espectrofotômetro de absorção atômica - Varian modelo Gemini - as medidas foram realizadas antes e após o tratamento com o material adsorvente,

Figura 2 – Difratoograma de raios-X da Escolecita



para monitoramento da eficiência de remoção de íons metálicos dos resíduos de laboratórios.

RESULTADOS

Caracterização da Zeólita

Composição mineralógica

O difratograma de raios-X da escolecita está ilustrado na Figura 2; nesse gráfico, a escolecita utilizada neste

estudo foi comparada com uma escolecita de ficha 26-1048, contida no software do aparelho de difração de raios-X, comprovando que o material analisado é, de fato, escolecita com fórmula química $\text{Ca}_{1,0}\text{Al}_{2,0}\text{Si}_{3,0}\text{O}_{10}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$ e alto grau de pureza.

Processo extrativo em relação ao pH

Quantificação dos metais

As análises foram realizadas igualmente para os três metais, porém o tratamento dos dados obtidos

enfocaram, principalmente, o íon chumbo(II), pois os íons cromo(III) e os íons cádmio(II) foram totalmente retidos pela escolecita nos três valores de pH.

A Tabela 1 resume os dados de retenção (%) encontrados durante o processo de adsorção dos íons chumbo(II).

A influência do pH para os metais cádmio(II), cromo(III) e chumbo(II) está representada nas figuras 3, 4 e 5. A Figura 3 ilustra os resultados obtidos após 3 horas de agitação para a adsorção dos íons metálicos.

Tabela 1 – pH X tempo de contato indicando o percentual de retenção (%) do íon chumbo(II), dados utilizados para elaboração dos gráficos 7, 8 e 9.

pH	Tempo de Contato (horas)		
	3	9	24
3	99,50	98,50	96,66
4	99,50	92,87	95,50
5	97,67	90,20	92,49

Figura 3 – Influência do pH na adsorção dos metais com tempo de contato de 3 horas

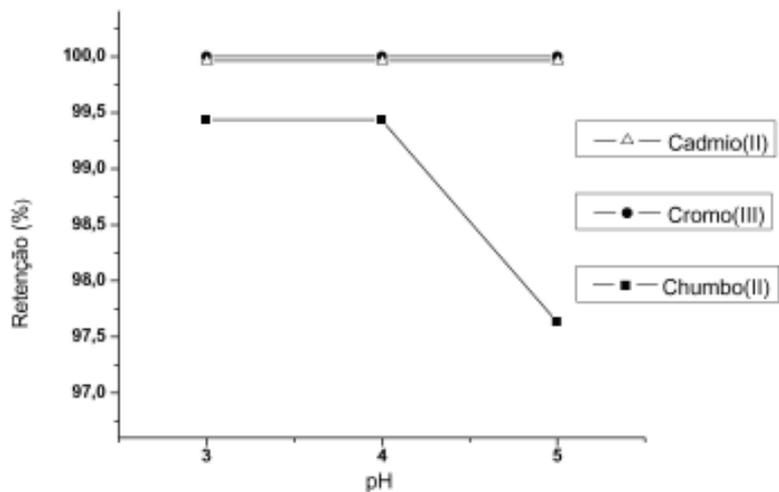


Figura 4 – Influência do pH na adsorção dos metais com tempo de contato de 9 horas

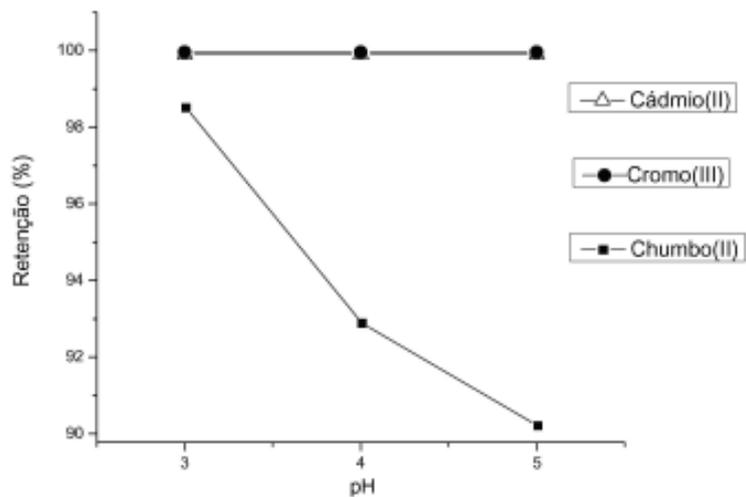


Figura 5 – Influência do pH na adsorção dos metais com tempo de contato de 24 horas

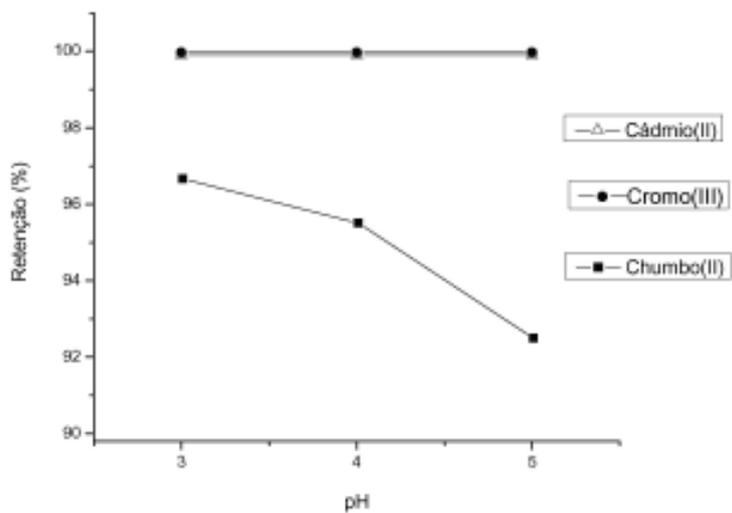
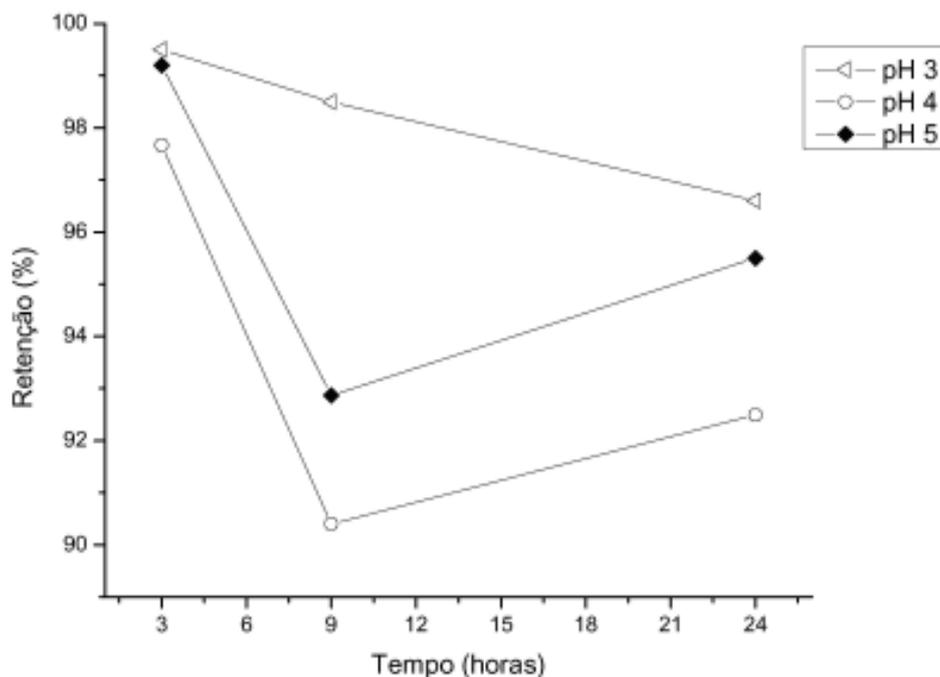


Figura 6 – Cinética de adsorção do Pb(II)



Cinética de adsorção

A cinética de adsorção é representada pela Figura 6.

Observou-se que para os três valores de pH a capacidade de troca iônica foi melhor no tempo de 3 horas, ou seja, o tempo ótimo para adsorção é o de 3 horas.

Houve uma dessorção dos íons de chumbo com o aumento do tempo. Com 9 horas de agitação ocorreu, em geral, uma alta dessorção do cátion Pb(II), exceto em pH 3 cuja, queda foi menos acentuada.

Em tempo de 24 horas ocorreu novamente um aumento da retenção e evidenciando um ciclo, cujo cátion metálico ora se encontra em solução, ora retido na estrutura zeolítica.

DISCUSSÃO

Os testes de troca iônica indicaram um elevado poder de adsorção da escolécita. Os íons de cromo e de

cádmio foram adsorvidos totalmente pela zeólita natural escolécita, tendo 100% de retenção para todos os pontos estudados – isto foi possível em razão da alta pureza da zeólita utilizada, ao pequeno diâmetro dos grânulos da escolécita, e a agitação intensa que foi submetida ao processo de troca iônica.

A diferença de comportamento observada no processo de troca iônica com os diferentes metais pode ser avaliada em função do tamanho e da carga dos cátions e da estrutura da zeólita. Os raios dos cátions hidratados são de 4,01 Å para o Pb(II), 4,26 Å para o Cd(II), e 4,61 Å para o Cr(III), enquanto as dimensões dos poros da escolécita são de 2,6 x 3,9 Å. Portanto, a interação dos cátions metálicos hidratados com os sítios de troca situados, no interior dos poros da zeólita só pode ocorrer mediante a remoção de parte das moléculas de água que compõem sua estrutura.

O íon cromo(III) foi adsorvido em grande quantidade, indicando que nem

todos os cátions trivalentes estão ocupando três sítios de troca monovalentes na superfície do sólido.

Avaliando as curvas de adsorção, percebe-se que para o íon chumbo(II) há uma crescente retenção, conforme ocorre a diminuição de pH. Observa-se que a remoção é favorecida em pH 3,0, pois, com o aumento do pH, temos uma tendência acentuada de redução na solubilidade desse metal no meio aquoso.

É sabido que os aluminossilicatos não devem ser empregados em pH extremamente ácidos, exceto por períodos de tempo muito curtos. A protonação da camada octaédrica é seguida pela lenta hidrólise da estrutura de alumínio que acarreta a perda gradual da capacidade de troca catiônica e, em alguns casos, o colapso da estrutura. Por esse fator, considera-se que o pH ideal para adsorção do cátion Pb(II) seja em torno de 3, não empregando valores mais baixos.

Para o intervalo de pH estudado, não foi observada a precipitação dos metais como hidróxido, indicando que o processo de remoção ocorreu por um mecanismo de troca iônica.

CONCLUSÃO

A escolecita apresentou uma elevada eficiência de adsorção dos cátions Cd(II), Pb(II) e Cr(III). O pH tem um impacto significativo na remoção dos metais por zeólitas, já que pode influenciar no caráter dos íons trocáveis e no da própria zeólita. Para os íons cromo(III) e os íons cádmio(II) a adsorção se manteve em 100% em todos os valores de pH.

A elevada eficiência de remoção dos metais pesados pela escolecita, aliada ao fato de a zeólita ocorrer em abundância e não ser impactante ao meio ambiente, comprova a potencialidade deste material, podendo, dessa forma, ser empregado em diversos tipos de tratamentos de resíduos dos laboratórios das universidades, como em sua potencial aplicação em vários campos da proteção ambiental.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fapesp (Iniciação Científica – Processo n. 05/56802-1). Ao Museu de Geologia do governo do Paraná pela escolecita.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIAR, M. R.; NOVAES, A. C.; GUARINO, A. W. Remoção de metais pesados de efluentes industriais por aluminossilicatos. *Química Nova*, v. 25, n. 6B, p. 1145-54, 2002.
- ASHBROOK, P. C.; REINHARDT, P. A. *Environ. Sci. Technol.*, v. 19, n. 1150, 1985.
- BOSCO S. M. Dal; JIMENEZ, R. S.; CARVALHO W. A. Aplicação da zeólita natural escolecita na remoção de metais pesados de efluentes industriais: competição entre os cátions e processo de dessorção. *Eclet. Quím*, São Paulo, v. 29 n. 1, 2004.
- BRECK, DW. *Zeolite molecular sieves: Structure, chemistry and use*. Nova York: Wiley, 1974.
- CARVALHO, W. A.; TORNIZIELLO, T. M. P.; MINCATO, R. L.; MARTINS, R. A.; AMANTE, A. M. S.; BOSSO, S. T.; In: CONGRESO URUGUAYO DE GEOLOGIA, 1998, MAR DEL PLATA. *Anais ...* Uruguai, 1998.
- CARVALHO, W. A.; MINCATO, R. L.; SILVA, L. A. S.; *Revista Tecnológica*, n. 2000, vol. esp., n. 25.
- COLELLA, C. Em *Natural Microporous Materials in Environmental Technology*; Misaelides, P.; Macásek, F.; Pinnavaia, T. J.; Colella, C., eds.; Kluwer Academic Pub.: Londres, 1999, p. 207.
- COTTON, F. A.; WILKINSON, G. *Advanced inorganic chemistry*. 6 ed. Nova York: Wiley, 1999.
- DANA, J. D.; HURLBUT JR., C. S.; *Manual de Mineralogia*. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S.A., 1970.
- FELLENBERG, G. *Introdução aos problemas da poluição ambiental*. São Paulo: Pedagógica e Universitária Ltda, 1980.
- INGLEZAKIS, V. J.; LOIZIDOU, M. D.; GRIGOROPOULOU, H. P. *Water Res*, n. 36, p. 2784, 2002.
- JIMENEZ, R. S.; BOSCO, S. M.; CARVALHO, W. A. Remoção de metais pesados de efluentes aquosos pela zeólita natural escolecita – Influência da temperatura e do pH na adsorção em sistemas monoelementares. *Química Nova*, v. 27, n. 5, p. 734-738, 2004.
- MARQUES, C. M. P. *Oclusão de aminas de rutênio (II) e (III) na zeólita NaY*. 1993. 144p. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 1993.
- NIGHTINGALE JR., E. R. *J. Phys. Chem*, n. 63, p. 1381, 1959.
- SALGADO, P. E. T. *Em fundamentos de toxicologia*. 2. ed., Oga, S. ed. Atheneu: São Paulo, 2003.
- SHERMAN, J. D. Em *Zeolites: Science and Technology*; NATO Advanced Study Institute Series, Applied Sciences, Ser. E, n. 80, Ribeiro, F. R, ed.; Martinus Nijhoff Publishers: Boston, 1984, p. 583.
- STADLER, M.; SCHINDLER, P. W. *Clays Clay Miner*, n. 42, p. 148, 1994.
- WENNERBERG, J.; OLOFSON, C. FRED, T. *Acta Chem. Scand*, n. 52, p. 232, 1998.

AUDITORIA DE CONFORMIDADE AMBIENTAL E LEGAL COMO INSTRUMENTO DE GESTÃO NA INDÚSTRIA — UM ESTUDO DE CASO SOBRE AUDITORIA AMBIENTAL EM UMA REFINARIA DE PETRÓLEO

Leonardo Masseli Dutra

CA/Unitau, PG
leonardodutra@adv.oabsp.org.br

Márcio J. Estefano de Oliveira

CA/Unitau/Unesp, PD
mestefano@feg.unesp.br

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta para utilização de auditorias de conformidade legal como instrumento de gestão em refinarias de petróleo. A partir do levantamento da legislação brasileira sobre auditoria ambiental em esfera federal, estadual e municipal, aplicável a refinarias de petróleo, foi realizada a análise dos parâmetros legais os quais norteiam essa atividade. Além de uma vantagem enorme oferecida em relação à prevenção, a auditoria de conformidade legal oferece a uma refinaria uma margem razoável de segurança relacionada aos riscos ao meio ambiente, já que a lei nada mais é do que uma padronização de poderes e deveres. A proposta é serem seguidos vários itens da legislação brasileira, aplicável às refinarias, durante a auditoria, de modo que a unidade a ser auditada possa fazer do processo de auditoria, e, muitas vezes, estas auditorias são compulsórias, uma oportunidade de melhorar sua gestão ambiental, pelo conceito da melhoria contínua.

ABSTRACT

This study presents a proposal of using legal conformity audits as a management tool at petroleum refinery facilities. All federal, state and city's brazilian regulations regarding to environmental audit, applicable to petroleum refinery facilities have being studied, analyzed and cross checked. Besides the advantage regarding to prevention, the legal conformity audit provides to petroleum refinery facilities a good safety margin related to environmental risks, since the law is no more than a standardization of power and responsibility. The huge amount of accidents on the petroleum industry has pushed this segment to adequate itself more and more to the environmental regulations. This study intends to contribute this industry segment on its interest of fitting within the environmental regulations standards. The proposal is to follow several items applicable to petroleum refinery on the brazilian regulation during the audit, aiming to improve the company's environmental management.

INTRODUÇÃO

A legislação evolui constantemente, mas, nas últimas décadas, esse processo se acelerou em velocidade igual ou maior que a própria evolução da sociedade, como consequência lógica dos próprios sistemas criados pela sociedade. A legislação ambiental não é diferente, quanto mais produção maior a necessidade de controle pela lei.

Os administradores empresariais, a partir de 1998, com a vigência da lei de crimes ambientais, foram forçados a uma corrida pela conformidade legal em relação ao meio ambiente, já que a partir de então, além de gerar multa, agressões ao meio ambiente, davam cadeia.

Quando se fala em controle pela lei, não se refere a diretrizes a serem seguidas simplesmente, mas de deveres a serem rigorosamente cumpridos para o exercício da atividade produtiva, ou seja, da atividade industrial. Assim, a conformidade legal com normas ambientais da atividade industrial, hoje, não é apenas um item a ser cumprido, mas uma questão de sobrevivência.

Nas atividades com petróleo, mais especificamente em refinarias, tem-se atualmente, um universo muito complexo de leis e normas sem as quais uma unidade de refino de petróleo simplesmente não funciona. Em virtude do histórico ambiental trágico dessa atividade e seu grande potencial poluidor, as atividades de refino de petróleo têm sido alvo de leis cada vez mais rígidas, obrigando seus gestores a adaptarem-se aos mecanismos de controle do setor. Nesse contexto, a auditoria surge como uma lupa para os

órgãos de fiscalização, permitindo ver de perto as condições ambientais da empresa.

Forçados pela lei e vigiados pelos entes públicos, incluindo-se aqui o Ministério Público e a sociedade, a auditoria ambiental, tanto voluntária quanto compulsória, tornou-se instrumento imprescindível de gestão ambiental em refinarias.

O controle a ser exercido pelo poder público pelas auditorias ambientais tornou-se uma ferramenta útil em suas atividades de rotina.

Pelas dificuldades encontradas por esses órgãos para exercer as rotinas de fiscalização e controle as quais seriam inerentes à sua atividade de órgão regulador, justificada pela falta de recursos humanos e financeiros na maioria desses órgãos, e baseados na experiência internacional, alguns governos estaduais e municipais brasileiros passaram a exigir a realização de auditorias ambientais em indústrias potencialmente poluidoras e com reconhecida capacidade financeira para se adequarem, e o termo "potencialmente poluidoras" atingiu, principalmente, as atividades com petróleo.

Assim, sob a ótica dessa tendência do controle legal pelas auditorias, o presente trabalho realiza estudo abordando a auditoria ambiental em refinarias de petróleo, baseado em conformidade legal com as normas ambientais vigentes, legislação aplicável e parâmetros por ela impostos, verificando os riscos ambientais envolvidos, as principais fontes de não-conformidade, as oportunidades de melhoria, dentre

outros aspectos pertinentes à questão ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida em análise documental, executada a partir da análise das leis ambientais sobre auditoria aplicáveis a uma refinaria de petróleo, bem como da literatura disponível.

Realizou-se levantamento de leis municipais, estaduais e federais a envolverem auditoria ambiental em refinarias de petróleo.

Analisaram-se os parâmetros das normas estudadas, comparando-as. A partir dessa análise elaborou-se uma lista de itens relacionados com a legislação.

Foi feito um estudo de caso, utilizando-se um relatório de uma auditoria realizada na Refinaria Duque de Caxias-RJ (REDUC) em dezembro de 2003, tomando-se como base as não-conformidades encontradas na ocasião, de maneira a demonstrar os benefícios que a auditoria ambiental traz (BASTOS, 2003).

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Em geral, a literatura sobre auditoria ambiental aponta os Estados Unidos como o país pioneiro em seu desenvolvimento. Apesar da existência de alguma controvérsia na literatura norte-americana a respeito do início dos primeiros programas de auditoria ambiental, alguns trabalhos indicam que ela já estava sendo praticada

voluntariamente naquele país por algumas grandes corporações no início e meados da década de 70. De acordo com essas fontes, a mesma foi desenvolvida por essas empresas como uma das iniciativas destinadas a auxiliá-las na avaliação e aprimoramento do cumprimento do crescente número de leis ambientais promulgadas nos Estados Unidos desde o final da década de 60 (SALES, 2001).

A implementação de um sistema de gestão ambiental implica melhoria contínua deste sistema e, conseqüentemente, do desempenho ambiental da atividade, identificando pontos de risco e oportunidades de melhoria. Um sistema de gestão ambiental passa por cinco pontos:

- 1 – Um sistema coerente com a política ambiental;
- 2 – Planos de ação que atendam a essa política;
- 3 – Implementação de ferramentas necessárias à sustentabilidade do sistema;
- 4 – Avaliação periódica da conformidade do sistema e
- 5 – Análise crítica visando à melhoria contínua. Note que os pontos 4 e 5 não têm como serem praticados sem a realização de uma auditoria. Por vezes, a auditoria ambiental é confundida com diagnóstico, revisão ou consultoria ambiental. Entretanto, a auditoria ambiental não se confunde com os estudos de impacto ambiental, estudos de risco, ou qualquer outro instrumento de gestão ambiental (LEPAGE-JESSUA, 1992).

A International Standard Organization (ISO) define sistemas de gestão ambiental como sendo a estrutura, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para implementar e manter a gestão ambiental e, esta é definida como sendo parte de toda a função gerencial de uma organização que desenvolve, implementa, executa, revê e mantém sua política ambiental (ABNT, 2002).

AUDITORIA AMBIENTAL E LEGISLAÇÃO

Como os recursos ambientais envolvem interesses difusos e, portanto, de todos, a participação da sociedade em todos os níveis, na administração desses, na prevenção dos danos ambientais e na preocupação com os padrões de produção e consumo são indispensáveis e decisivos para a defesa dos recursos naturais. Tal premissa foi, inclusive, contemplada na Constituição Federal brasileira, promulgada em 1988, a qual, no capítulo dedicado à matéria ambiental estabelece, em seu artigo 225, não caber só ao Estado, mas também a toda a sociedade o poder e o dever de defender e preservar o meio ambiente. Ocorre que por causa desta pluralidade de interesses há muita ocorrência de leis superpostas, isto é, a tratarem do mesmo assunto, em âmbito federal, estadual ou municipal.

No entanto, a Constituição Federal do Brasil, promulgada em 1988, delimita as competências, asseverando, em seu artigo 23, ser competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios “proteger” o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas. Porém, o poder de “legislar” sobre proteção ao meio ambiente e controle de poluição é somente delegado à União e aos estados concorrentemente, conforme previsto no artigo 24.

Atualmente, pelo elevado potencial poluidor que apresentam as atividades relacionadas com exploração e refino de petróleo, existe legislação específica sobre realização de auditorias compulsórias em vários estados e municípios do Brasil.

Dentre elas, por serem as mais restritivas, ou seja, por imporem critérios mais rígidos, destacam-se: 1) a Resolução CONAMA n. 265, de 27 de

janeiro de 2000, e a Resolução n. 306, de 5 de junho de 2002, que a complementa (criada por força da Lei Federal n. 9.966 de 28 de abril de 2000); 2) a Resolução n. 007/2001, de 2 de agosto de 2001, do Conselho Estadual do Meio Ambiente – CEMA, do estado do Paraná; 3) a Lei n. 1.898 de 26 de novembro de 1991, do estado Rio de Janeiro, regulamentada pela diretriz DZ 56.

A seguir, estuda-se o quadro legal acima mencionado.

A Lei Federal n. 9.966, de 28 de abril de 2000, que dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências, prevê, em seu artigo 9º “As entidades exploradoras de portos organizados e instalações portuárias e os proprietários ou operadores de plataformas e suas instalações de apoio deverão realizar auditorias ambientais bienais, independentes, com o objetivo de avaliar os sistemas de gestão e controle ambiental em suas unidades” (BRASIL, 2000).

Antes da legislação federal citada já existia a Constituição Estadual do Rio de Janeiro, em seu artigo 258, § 1º, item XI, determinava a realização periódica de auditorias, incluindo a avaliação detalhada dos efeitos de sua operação sobre a qualidade física, química e biológica dos recursos ambientais.

Também no Rio de Janeiro a Lei n. 1.898, de 26 de novembro de 1991, trata especificamente sobre auditoria ambiental e é o primeiro dispositivo legal a citar o assunto, ou seja, auditoria ambiental em refinarias de petróleo. Dentre outros aspectos abrange a avaliação das condições de operação e de manutenção dos equipamentos e sistemas de controle de poluição; das medidas a serem tomadas para restaurar o meio ambiente e proteger a saúde

humana e da capacitação dos responsáveis pela operação e manutenção dos sistemas, rotinas, instalações e equipamentos de proteção do meio ambiente e da saúde dos trabalhadores (RIO DE JANEIRO, 1991).

É a primeira lei a fixar auditorias ambientais anuais para as refinarias. Estabelece, de maneira abrangente, as diretrizes para a realização de auditorias ambientais, determinado a avaliação dos impactos, planos de emergência, atendimento às normas e saúde dos trabalhadores e população vizinha (RIO DE JANEIRO, 1991).

Note-se que aqui, antes mesmo da vigência da Lei Federal n. 9.966, de 28 de abril de 2000, que obriga auditorias bienais, as refinarias de petróleo no estado do Rio de Janeiro já estavam obrigadas a auditorias ambientais anuais e, mesmo com a vigência posterior da lei federal, a lei estadual não foi revogada, pois é mais restritiva.

Nesse cenário da legislação no país, outras leis, em âmbito federal e estadual, começaram a surgir, regulando a frequência e os requisitos de uma auditoria ambiental. O que desencadeou esse processo foi a Resolução CONAMA n. 265. O acidente na baía de Guanabara em janeiro de 2000 foi o grande vetor dessa mudança.

A Resolução CONAMA n. 265, de 27 de janeiro de 2000, assim dispõe:

“Considerando a necessidade de colher lições do grave derramamento de óleo ocorrido na Baía de Guanabara nos últimos dias, (...), resolve:

Art. 1ª Determinar ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente-IBAMA e aos órgãos estaduais de meio ambiente, com o acompanhamento dos órgãos municipais de meio ambiente e entidades ambientalistas não governamentais, a avaliação, no prazo de 240 dias, sob a supervisão do Ministério do Meio Ambiente, das ações de controle e

prevenção e do processo de licenciamento ambiental das instalações industriais de petróleo e derivados localizadas no território nacional.

Art. 2ª Determinar à Petrobrás a realização, no prazo de 6 meses, de auditoria ambiental independente em todas as suas instalações industriais, marítimas e terrestres, de petróleo e derivados, localizadas no Estado do Rio de Janeiro.

Art. 3ª A – Petrobrás e as demais empresas com atividades na área de petróleo e derivados deverão apresentar para análise e deliberação do CONAMA, no prazo máximo de 180 dias, programa de trabalho e respectivo cronograma para a realização de auditorias ambientais independentes em suas instalações industriais de petróleo e derivados localizadas no território nacional.” (CONAMA, 2000)

Ressalta-se a importância que a auditoria ambiental como instrumento de gestão e diagnóstico ambiental ganha, notadamente, pelo grave derramamento de óleo ocorrido na baía de Guanabara. Não foi só por isso, mas, sem dúvida, esse foi elemento bastante importante. Então, a partir do ano 2000, a auditoria ambiental começa a ganhar grande importância como instrumento de controle, atuando como um diagnóstico fiscalizador da “situação ambiental” em que se encontra o empreendimento auditado. Especificamente no setor de petróleo ligado a dispositivos legais, a indústria do petróleo é pioneira no uso desse instrumento em razão de ser uma atividade econômica de alto risco.

Em 2002 o CONAMA, considerando a necessidade de disciplinar o artigo 9º, da Lei n. 9.966, de 28 de abril de 2000, que trata da realização de auditorias ambientais bienais no âmbito das entidades exploradoras das atividades petrolíferas, edita a Resolução n. 306, e

estabelece os requisitos mínimos e o termo de referência para realização de auditorias ambientais, objetivando avaliar os sistemas de gestão e controle ambiental nos portos organizados e instalações portuárias, plataformas e suas instalações de apoio e refinarias, tendo em vista o cumprimento da legislação vigente e do licenciamento ambiental (CONAMA, 2002).

Mais recentemente, a Portaria do Ministério do Meio Ambiente n. 319, de 15 de agosto de 2003, define requisitos mínimos para o profissional que realiza a auditoria ambiental, definindo auditoria ambiental como sendo “o processo sistemático e documentado de verificação, executado para obter e avaliar, de forma objetiva, evidências que determinem se as atividades, eventos, sistemas de gestão e condições ambientais especificados ou as informações relacionadas a estes, estão em conformidade com os critérios de auditoria estabelecidos na Resolução CONAMA n. 306, de 2002, e para comunicar os resultados deste processo” (BRASIL, 2003).

RESULTADO

Como resultado do presente estudo tem-se o levantamento da maior parte da legislação no que tange ao tema auditoria ambiental em refinarias de petróleo e, a partir disto, uma demonstração, por meio do estudo de caso, de como a conformidade legal impacta a atividade produtiva.

No estudo de caso realizado, ao considerar-se a fiscalização ambiental, no máximo de seu rigor, o que geralmente ocorre somente em casos extremos de reincidência, aplicasse todas as multas previstas na legislação, chegar-se-ia facilmente a um valor não-inferior a R\$ 10.000.000,00 (dez milhões de reais),

relativos a infrações à legislação ambiental.

Como benefício de uma auditoria ambiental de conformidade legal, além da correção dos fatores que levariam aos prejuízos gerados pelas multas, pode-se dizer que uma unidade em conformidade com a lei não agride, em tese, o meio ambiente, já que a legislação é o fruto de uma necessidade de limitação ou padronização.

DISCUSSÃO

No estudo realizado sobre a ferramenta auditoria como um instrumento de gestão ambiental, verifica-se que um sistema de gestão concebido sem auditorias sistemáticas é falho.

A importância que a auditoria ambiental ganha como instrumento de gestão e diagnóstico ambiental, principalmente no setor do petróleo, após o grave derramamento de óleo ocorrido na baía de Guanabara, em janeiro de 2000 é notória na Resolução CONAMA n. 265, publicada cerca de dez dias após o derrame, determinando à empresa causadora a realização de auditoria ambiental em todas suas instalações dentro do estado do Rio de Janeiro, no prazo de seis meses.

Grande parte da legislação é uma ramificação muito parecida com as principais legislações sobre o tema, de modo que se pode escolher, dentre o conjunto delas as que possuem padrões de conduta mais rígidos as quais, desta forma, também atenderá as demais. Já existe forte tendência em compilar-se a legislação ambiental, para se ter uma consolidação das leis ou um código ambiental.

Outro ponto de extrema importância dentro da tendência legal às auditorias compulsórias é o conceito de publicidade embutido em algumas

normas, como no caso da DZ.56.R2 do estado do Rio de Janeiro, a qual prevê a disponibilização do relatório de auditoria na biblioteca do órgão ambiental para a consulta pública, trazendo à tona a questão do envolvimento da população com as questões ambientais.

As auditorias legais, embora sejam compulsórias e tragam certo incômodo para os auditados, é uma excelente oportunidade de avaliar-se a organização de forma independente. O estudo de caso mostrou que possíveis multas, às quais estão sujeitas as empresas em função do descumprimento da legislação ambiental, podem ser evitadas e as oportunidades de melhoria podem trazer à organização até uma melhora financeira.

CONCLUSÃO

Como benefício de uma auditoria ambiental de conformidade legal, além da correção dos fatores que levariam aos prejuízos gerados pelas multas, concluímos: uma unidade em conformidade com a lei não agride, em tese, o meio ambiente, pois a legislação é o fruto de uma necessidade de limitação ou padronização. Tal qual outras áreas da atividade empresarial, o meio ambiente passou a ser uma opção estratégica e, com isso, a auditoria ambiental também.

As auditorias ambientais, além de servirem para avaliar as não-conformidades com a legislação, ou avaliar a eficácia do sistema de gestão adotado para os controles ambientais, podem ser utilizadas para avaliar riscos e oportunidades. Parâmetros estipulados em normas e legislação são componentes importantes na avaliação de riscos aos negócios ou à atividade. Todos os dados da gestão e do controle ambiental aplicados na atividade,

somados aos dados coletados em entrevistas e principalmente somados às constatações de auditores ambientais experientes e independentes, resultam em um relatório no qual são demonstrados, além das características da unidade avaliada as não-conformidades encontradas, com as respectivas evidências de auditoria e os riscos eminentes e potenciais, tendo em vista as probabilidades de ocorrências. A partir da avaliação da eficácia da implementação de um sistema de gerenciamento personalizado e eficaz, a empresa pode conseguir inverter o processo de instalação ou aumento do passivo e até contabilizar ganhos com diminuição de perdas.

A conformidade legal na indústria petrolífera é também uma necessidade, uma opção estratégica. A modificação nos conceitos de gestão ambiental, dentro de um contexto globalizado, traz à tona a utilização de auditorias ambientais cada vez mais freqüentes. Nota-se o grande número das normas abordadas durante o estudo, relativas a realização de auditorias, ressalvada a ISSO n. 14.001, todas compulsórias, demonstrando a força que a auditoria vem ganhando dentro das políticas públicas de proteção ambiental. Na história mais recente das auditorias ambientais, a adoção de políticas públicas as quais adotam auditorias compulsórias tem se mostrado eficaz, suprimindo as deficiências da fiscalização.

O aumento da pressão legal em relação às questões ambientais forma também uma consciência ambiental a norteiar a sociedade, já que o ambiente em que se vive é comum e a agressão ao meio passa a ser uma agressão à própria sociedade.

No estudo realizado sobre a ferramenta auditoria como instrumento de gestão ambiental, verifica-se que um sistema de gestão concebido sem

auditorias sistemáticas é considerado falho. O próprio conceito de melhoria contínua embutido no sistema e inviabilizado sem sua aplicação.

Por fim, notamos que grande parte da legislação é uma ramificação muito parecida com as principais legislações sobre o tema, de modo podermos escolher dentre o conjunto delas as mais restritivas que também atenderemos às demais. Já existe forte tendência em compilar-se a legislação ambiental, para termos uma consolidação das leis, ou um código ambiental.

BIBLIOGRAFIA

ABNT. **Normas NBR ISO série 14.000**. Rio de Janeiro: ABNT, 1996-2002.

BASTOS, J. et al. **Relatório de Auditoria Ambiental – REDUC**. Rio de Janeiro: FEEMA, 2003.

BRASIL. **Lei n. 9.966 – 2000**. Legislação Federal – 28 de abril de 2000. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 01 jun 2004.

CONAMA **Resolução n. 306** – Conselho Nacional do Meio Ambiente – 5 de julho de 2002 – José Carlos Carvalho, Presidente do Conselho

LEPAGE-JESSUA, C. **Audit D'Environment – Legislation, methodologie, politique europeenne**. Paris: Dunod, 1992.

RIO DE JANEIRO. **Lei n. 1.898 – 1991**. Legislação do Estado do Rio de Janeiro 26 de novembro de 1991. Disponível em <C:\alerj.rj.gov.Br> Acesso em: 01 jun 2004.

SALES, R. **Auditoria ambiental e seus aspectos jurídicos**. São Paulo: LTr, 2001.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos meus ascendentes, os quais, de certa maneira, sacrificaram-se para que eu estivesse aqui fazendo este agradecimento.

Aos professores do programa, de forma especial ao Prof. Dr. Márcio Estefano, e aos funcionários da secretaria e da biblioteca.

Normas para publicação

1. A *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* é uma publicação do ICTR e do NISAM, tem por objetivo a divulgação de trabalhos na área.
2. O Conselho Editorial com o Conselho Editorial Científico decidirão quais os artigos selecionados a serem publicados, considerando a qualidade, o potencial de inovação, a originalidade e a pertinência do tema em face da linha editorial da revista.
3. Os artigos submetidos para apreciação da revista devem pertencer à área das ciências ambientais.
4. Os originais deverão ser encaminhados seguindo os seguintes padrões:
 - a) Apresentados em arquivos eletrônicos.
 - b) Utilizar o processador Word, sem formatação, determinando apenas a abertura dos parágrafos.
 - c) Os trabalhos deverão ter no máximo 20 (vinte) laudas, incluindo todos os componentes do texto e das ilustrações.
 - d) Utilizar laudas de 20 (vinte) linhas com 60 (sessenta) caracteres e intervalos de espaçamentos inclusos.
 - e) Dos trabalhos apresentados devem constar: o título, o(s) nome(s) do(s) autor(es), sua(s) qualificação(ões) e instituição(s).
5. São obrigatórios o resumo, o *resumem* e o *abstract*, respectivamente nas línguas portuguesa, espanhola e inglesa, com no mínimo 500 (quinhentos) e no máximo 700 (setecentos) caracteres cada um, intervalos de espaçamentos inclusos.
6. As notas e referências bibliográficas devem vir apresentadas agrupadas no final do texto, e deverão ser referenciadas, assim como também as citações, de acordo com as normas da ABNT-NBR-6023.
7. As ilustrações deverão ser entregues em folhas separadas com as devidas indicações de créditos e legendas e referenciadas no texto.
8. Os desenhos devem ser entregues em arte-final. Se apresentados em disquetes/disquete, utilizar programas compatíveis (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5). As imagens podem ser em branco-e-preto ou em cores.
9. Após o recebimento, os originais serão criteriosamente analisados pelo Conselho Editorial e pelo Conselho Editorial Científico e os trabalhos não aceitos serão devolvidos.

Normas de publicación

1. La *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* es una publicación del ICTR y del NISAM, que tiene por objeto la divulgación de trabajos de la área.
2. El Consejo Editorial, con el Consejo Editorial Científico; decidirán caules artículos serán aceptados para publicación, considerando la cualidad, el potencial de innovación, la originalidad y la pertinencia del tema de acuerdo con la línea editorial.
3. Los artículos sometidos para evaluación de la revista deben pertenecer a la área de las ciencias ambientales.
4. Los originales deberán ser enviados atendiendo las siguientes normas:
 - a) Presentados en archivo electrónico.
 - b) Utilizando el procesador Word sin formatear, definiendo solamente el inicio de los párrafos.
 - c) Los trabajos deberán tener un máximo de 20 (veinte) páginas incluyendo el texto y las ilustraciones.
 - d) Utizar página tendrá hasta 20 (veinte) líneas con hasta 60 (sesenta) caracteres incluso los espaciamientos.
 - e) Los trabajos deberán constar de: título, nombre(s) y apellido(s) del(de los) autor(es), su(s) título(s) profesional(es) y instituciones.
5. Es obligatorio presentar el resumen en los idiomas portugués, español y inglés, conteniendo un mínimo de 500 (quinientos) y un máximo de 700 (setecientos) caracteres cada uno, incluyendo los espaciamientos.
6. Las notas y referencias bibliográficas serán presentadas en el final del texto referenciadas y agrupadas, así como las citas textuales, de acuerdo con a las Normas de la ABNT – NBR-6023.
7. Las ilustraciones deberán ser enviadas en hojas separadas indicando las leyendas y los créditos y deberán ser referenciadas en el texto.
8. Los dibujos deberán ser presentados en arte-final. Se presentados en disquetes formateados en programas compatibles (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5), en blanco y negro o en colores.
9. Después de la entrega de los originales, ellos serán analizados criteriosamente por lo Consejo Editorial e por lo Consejo Editoial Científico y los trabajos que no hayan sido aprobados serán devueltos a sus autores.

Publication norms

1. The *Revista Brasileira de Ciências Ambientais* is a review of the ICTR and the NISAM that has by object to divulgate the works of the area.
2. The Editorial Council, with the Editorial Scientific Council, will decide about which articles will be accepted for the publication, considering the quality, innovation, originality and the theme pertinence to the editorial line.
3. The contributions presented to the publication must appertain to the environmental sciences.
4. The originals must be sended with the following patterns:
 - a) Presented by electronic files.
 - b) To use the Word program, whitout format, only defining the paragraphs beginning.
 - c) The works must have a maximum of 20 (twenty) pages including the text and the illustrations.
 - d) Each page will have until 20 (twenty) lines composed by until 60 (sixty) signs with the spacements included.
 - e) The works must present: the tittle, the name(s) of the author(s), their(s) professional qualification(s) and institution(s).
5. It's obligatory the presentation of the abstracts in portuguese, english and spanish languages, containing a minimum of 500 (five hundred) and a maximum of 700 (seven hundred) signs each, with the spacements included.
6. The notes and bibliographic references will be presented at the end of the text, referred and grouped, also for the citations, according the norms of the ABNT-NBR-6023.
7. The illustrations must be sended in separated papers containing the credit indications and the inscriptions must be referred in the text.
8. The draws must be sended in theirs originals or by floppy disks using compatibles programs (CAD, Corel Draw, Photoshop, PM6.5). The images may be in black and white or in color.
9. After their presentation the originals will have the critical analysis by the Editorial Council and Editorial Scientific Council. The works not approved will be devolved to theirs authors.