

Evolução da Bioengenharia na Recuperação de Áreas Degradadas

Yata Anderson Gonzaga Masullo.

Instituição: Universidade Federal do Maranhão – UFMA;

E-mail: yanderson3@hotmail.com

Benedito Alex Marques de Oliveira Santos

Instituição: Universidade Federal do Maranhão – UFMA;

E-mail: amarquesg3@yahoo.com.br

Claudio Eduardo de Castro

Instituição: Universidade Estadual do Maranhão – UFMA;

Email: clanarus@yahoo.com.br

Resumo

A problemática ambiental, atualmente, ganhou bastante espaço nas discussões acadêmicas e científicas frente aos grandes prejuízos estatais e sociais decorrentes do desmatamento e da ocupação desenfreada de áreas consideradas frágeis. As dificuldades de um planejamento efetivo de uso e ocupação dos solos causam irreparáveis danos ambientais *in loco* ou até mesmo a centenas de quilômetros de onde ocorreu o desequilíbrio. Nesse cenário, a evolução das geociências, mais especificamente da bioengenharia vem ganhando espaço nas atividades de planejamento do território, principalmente no que tange a recuperação de áreas degradadas. Um estudo sistemático e aplicativo da evolução da bioengenharia podem ajudar a minimizar diversos problemas ambientais tão comuns em diversas áreas do país.

Palavras - chaves: Bioengenharia. Planejamento. Áreas degradadas.

Abstract

Problematic the ambient one, currently, won enough space in the academic and scientific discussions forward to the great damage state and social consequences of rampant deforestation and occupation of vulnerable areas. The difficulties in planning an effective use occupation of ground cause irreparable environmental damage on the spot or the hundreds of kilometers of where the disequilibrium occurred. In this scenario, the development of geoscience, more specifically of bioengineering comes gaining space in the planning activities of the territory, particularly with regard to recovery of degraded areas. A systematic and applicatory study of the development of bioengineering they can help to minimize many environmental problems so common in Innumerable localities of the country.

Words - keys: Bioengineering. Planning. Areas degraded.

Geotecnia

Tem-se uma visão holística sobre o que é degradação ambiental. Percebemos que a redução dos recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra, ar e água, provocados tanto pelo homem quanto pela natureza, impõe diversas formas de degradação ao ambiente atenuando os graus de reversibilidade do meio.

Como muitos países procuram aumentar o padrão de qualidade de vida de suas populações através da implantação de programas de desenvolvimento sustentável, constatou-se que vários indicadores apontam a severidade dos impactos tanto no ambiente urbano quanto no rural causando sérios prejuízos à natureza e aos homens: surge então a necessidade de se planejar o ambiente respeitando sempre a sua capacidade de regeneração e exploração.

As técnicas de controle de áreas degradadas datam de antes mesmo que se pensasse em manejo ou gestão de recursos hídricos e pedológicos. Há registros que Leonardo da Vinci já teria feito referência ao uso racional de elementos naturais através de métodos. Além dos chineses, romanos e incas utilizavam a vegetação para controlar os processos erosivos protegendo obras civis. Esta técnica conjugada ao emprego de elementos vivos na contenção de problemas estruturais é designada de bioengenharia.

A bioengenharia de solos guarda até hoje grande relação com a pedologia; que em alemão recebe o nome de *Wildbachverbauung* (*controle de torrentes em português*). Uma das primeiras publicações sobre bioengenharia é uma publicação em 1971, de Woltmann, ilustrando estacas vivas para estabilizar as margens de rios, independente do ponto de vista científico e bibliográfico. A bioengenharia de solos surge no século XX na Áustria, através dos trabalhos de Hugo Meinhard Schiechtl, evoluindo e se estruturando nos moldes atuais (ARAÚJO *et.al.* 2007).

É neste contexto que o presente artigo enfatizará tanto a história e as evoluções da bioengenharia na recuperação de áreas degradadas quanto enfocará o papel desta, aplicada ao controle e monitoramento na degradação ambiental. Tentando por meio deste, mostrar as facetas multidisciplinares e, meios para recuperar e reabilitar, em níveis satisfatórios, as áreas diretamente afetadas.

Metodologia

Para a realização do presente artigo, procedeu-se com e seguintes métodos e materiais:

- A pesquisa está pautada no método dedutivo correspondente as etapas de gabinete, com análises da fundamentação teórica.
- Levantamento de livros, monografias e artigos constituintes do acervo da Biblioteca Central da Universidade Federal do Maranhão; do Núcleo de Documentação, Pesquisa e Extensão Geográfica (NDPEG) e do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais (NEPA). Demo (1994,

p. 36) afirma que o conhecimento teórico acarreta rigor, análise acurada, argumentação diversificada, desempenho lógico, capacidade reflexiva sobre os paradigmas e as problemáticas acerca do objeto estudado.

O Que é Bioengenharia?

A prática do desmatamento é o principal responsável pela degradação dos solos. Por exemplo, atividade agrícola atual utiliza várias técnicas de uso e manejo que aceleram o processo de compactação dos solos com os cultivos excessivos e período de pousio diminuto, o que acaba por não proporcionar a reposição de nutrientes necessários, sem levar em consideração a grande quantidade de produtos químicos utilizados. Tais ações alteram a resistência dos solos e a qualidade dos recursos hídricos do lugar (GUERRA, 1999).

Contudo, determinadas práticas agrícolas estão sendo suprimidas por novas técnicas de plantio, controlando o consumo e a exploração agressiva dos recursos naturais do ambiente. Estas novas tecnologias têm a capacidade de melhorar a saúde do solo aumentando o teor de matéria orgânica com a preservação e manutenção dos recursos minerais.

As medidas de bioengenharia são um caso especial de estabilização biotécnica, na qual as plantas e partes de plantas, principalmente estacas vivas, são incrustadas e arranjadas no solo em padrões e configurações especiais. Essas agem como: (1) reforço para o solo, (2) barreiras contra o movimento de terras, (3) concentradores de umidade e (4) drenos hidráulicos. As raízes adventícias ao longo do comprimento das estacas e ramos oferecem um reforço secundário. (ARAÚJO *et.al.* 2007)

A bioengenharia prima pela junção entre os conhecimentos biológicos e a construção de estruturas que dêem suporte a encostas, margens de rios e outras feições, tendo em vista a preservação e sustentabilidade dos mesmos. Segundo Florineth (1999) a bioengenharia seria a área da ciência que se ocupa com a perenização de cursos de água e a estabilização de encostas, bem como o tratamento de voçorocas, ravinas e outras formas de degradação deflagradas pelo escoamento superficial da água, através do emprego de material (vegetal) vivo combinado com estruturas inertes como madeiras, pedras, geotêxteis e estruturas metálicas.

Consistindo no uso de elementos biologicamente ativos em obras de estabilização do solo e sedimentos, a bioengenharia se utiliza elementos naturais abundantemente presentes no ambiente (KRÜEDENER, 1951 *apud* SCHIELTZ & STERN, 1997). Por estas

características singulares a engenharia biológica passa a ser uma excelente ferramenta para estabilizações de áreas com alto percentual de erodibilidade, proporcionando benefícios técnicos e ecológicos assim como econômicos e estéticos (ARAÚJO *et. al* 2007).

Seguindo o contexto, a Geotecnia Ambiental através de suas especializações (mecânica dos solos, mecânica das rochas) e áreas afins (Hidrologia, Hidrogeologia) possui o formalismo tecnológico capacitado ao atendimento, para grande maioria dos problemas causados ao meio físico pelas atividades de degradação ambiental resultantes de: escavações, construção de barragens, rodovias, disposição de rejeitos e estéreis de mineração (pilhas e barragens), disposição de resíduos sólidos urbanos e industriais (aterros), controle de erosão e redução de material assoreado, englobando atividades de monitoramento de áreas degradadas, descontaminação de solos e avaliação de risco (GALVÃO. 2000).

A História da Bioengenharia

A ciência que conhecemos como bioengenharia não é recente: podem-se encontrar vestígios de seu emprego em povos antigos da Ásia e Europa. Historiadores afirmam que estas técnicas já seriam utilizadas na China para reparo de diques desde ano 28 a.C. existindo relatos sobre margens de rios e barragens estabilizados com cestos de salgueiro, cânhamo e bambu, preenchidos com pedras. Já na Europa camponeses desenvolveram técnicas para tecer galhos de salgueiro para criar cercas e paredes. Mais tarde os romanos utilizariam caniçadas e fardos de salgueiro para hidroconstrução (ARAÚJO *et.al* 2007).

Nos séculos XVI e XVII, as técnicas de bioengenharia são disseminadas e sistematizadas por toda Europa. Nesta época bioengenheiros do solo passam a trabalhar na Áustria desenvolvendo técnicas de construção de barreiras vivas contra a sedimentação, plantando linhas de estacas de plantas em cursos d'água para aprisionamento de sedimentos e para a reforma de canais. (ARAÚJO *et. al*, 2007; LEWIS, 2000).

O instituto de pesquisa em Munique foi criado por Hitler em 1936, com o objetivo de instituir novas técnicas na construção de estradas. Arthur Von Kruedener foi transformado em chefe deste instituto e mesmo depois ele continuou com seus trabalhos na área se tornando o pai da bioengenharia. Atrelado ao instituto alemão surgem novas pesquisas da USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos) desenvolvendo técnicas de estabilização de taludes em estradas, estas incluíam estacas vivas que consistiam na inserção de estacas

vegetativas, vivas e enraizadas no solo e em caniçada vivas que são galhos e ramos de materiais vegetativos enraizável amarrados em grandes fardos e instalados em trincheiras (STILES, 1988).

Assim, foi criado o comitê de bioengenheiros da Alemanha, da Áustria e Suíça, que se tornaram parte do sistema nacional Alemão de Especializações na construção, o DIN, com o objetivo de padronizar as novas tecnologias. O livro de Kruedener, *Ingenieubiologie* (Engenharia Biológica), foi publicado em 1956, com sua má tradução do título alemão passando a dar origem ao nome bioengenharia. Atualmente esta obra ainda é utilizada com a aperfeiçoamento e a publicação de seus trabalhos. Além da Europa, os Estados Unidos também passam a publicar trabalhos sobre suas experiências nas décadas de 70 e 80 na Bacia do Lago de Tahoe e na revegetação no Parque Nacional de Redwood (ARAÚJO, *et.al* 2007).

O livro *Bioengenharia para Restauração e Conservação de Solos* de Shiechtl publicado no Canadá apresenta grandes trabalhos e experiências na Europa por bioengenheiros, sendo acessível para a língua inglesa às tecnologias e a história de seu desenvolvimento. Esta e outras obras de Hugo Schiecht como *Fundamento da Bioengenharia e Técnicas para Proteção de Encostas* e *Controle de Erosão* que passam a tornar as técnicas de bioengenharia difundidas por toda a Europa e pelo mundo.

A bioengenharia hoje na medida do possível se configura como um dos principais meios de resolução de problemas relacionados à degradação ambiental a nível local, com técnicas baratas de fácil acesso pela sociedade em geral com abordagens simples e dinâmica a geotecnia ambiental se torna essencial no que tange a escala e o alcance dos problemas ambientais.

Evolução da Bioengenharia

É sabido que há mais de dois mil anos atrás, a bioengenharia já era usada das mais diversas maneiras para contenção, estabilização e recuperação de áreas degradadas, passando estes conhecimentos por civilizações chinesas, celtas e romanas, evoluindo de forma técnica e científica até os dias atuais.

Partindo deste pressuposto, percebe-se o desenvolvimento da geotecnia ambiental em se tratando do conhecimento adquirido por todos estes séculos de estudos. Hoje para que seja desenvolvido um projeto de revitalização de uma área é necessário possuir dados sobre

clima, vegetação, declividade, drenagem e o tempo de degradação do solo, considerando a história natural e a evolução, bem como os usos sociais e culturais (SCHIECHT, 1997).

A bioengenharia vem com a idéia de acelerar a recuperação do local atingido através da repetição e aceleração do que está acontecendo, com este intuito novos produtos manufaturados foram introduzidos, durante as últimas décadas para o controle de erosão e proteção das encostas.

Por muito tempo foi usado cesto tecido com salgueiro ou bambu, preenchidos com pedras, além de caniçadas e fardos de varas de bambu para hidroconstruções de margens de rios e diques. Hoje, usam-se três métodos principais: construções vivas (uso de grama e outras plantas, principalmente para obtenção do controle da erosão), construções mistas (união da bioengenharia e métodos biotécnicos) e construções inertes (estruturas inertes ou sistemas mecânicos) (ARAÚJO, *et.al*, 2007).

As construções inertes têm por função principal a proteção de encostas usadas por engenheiros com grande constância pela sua disponibilidade e facilidade na instalação, além de possuírem propriedades previsíveis e invariáveis ocorrendo a sua degradação em um longo período de tempo, sendo a característica fundamental desta técnica é a combinação do aço ou concreto com a vegetação.

Ramos de arbustos vivos (por exemplo, ramos de ciprestes) podem ser inseridos em forma de camadas no solo, ao longo da superfície de talude do mesmo, para atuar como dreno horizontal e assim aumentar a estabilidade ao redirecionar o fluxo de água do interior de solos, em adição ao fato de que estes ramos estão reforçando mecanicamente o solo (GALVÃO, 2000).

Nas construções vivas a sua função é basicamente de estabilização de encostas, usando plantio de gramíneas e plantas herbáceas acabando por proporcionar controle da erosão possibilitada por uma cobertura densa no solo, a vegetação passa a ser estabelecida por estaquia ou por semeadura direta gerando ótimo resultado com um bom custo benefício (GALVÃO, 2000).

O termo construções mistas se refere à utilização de componentes naturais e artificiais como as geogrelhas, feitas de polímeros sintéticos ou de materiais naturais, estes artificios aumentam o desempenho da vegetação, mantendo juntas as raízes das plantas e fazendo ligação entre os pontos de fraqueza. (YAMANOCHI *apud* ARAÚJO, 2007).

O desenvolvimento acelerado destes métodos para estabilização e proteção de encostas, contra a erosão e movimentos de massa, se torna viável e atrativo economicamente e

ambientalmente, haja vista que a conservação dos solos está intrinsecamente ligada à natureza e forma de vida da sociedade. (GUERRA, 2001).

O constante processo de evolução a geotecnia ambiental possui um desenvolvimento que demonstra um leque de possibilidades relacionadas à estabilização, proteção e conservação de encostas e outros. Persistem as incertezas sobre as associações com elementos orgânicos e inorgânicos, porém com esta evolução a bioengenharia passa a avaliar e a identificar estes problemas e incertezas.

Evolução da Bioengenharia no Brasil

A recuperação de áreas degradadas pode ser tratada como uma prática que perpassa o manejo ecológico dos ecossistemas, dos níveis mínimos de biodiversidade e da variabilidade na estruturação dos procedimentos ecológicos juntamente com os socioambientais, tendo evoluído deste o século XIX, registrando-se o reflorestamento por Major Manoel Gomes Archer e seis escravos que plantaram 60 mil mudas em uma área de 16 milhões de metros quadrados na Floresta da Tijuca, decorrendo então em uma crescente correlacionada ao desenvolvimento desta temática no Brasil.

A história da recuperação de áreas degradadas no Brasil se inicia na década de 80, com o projeto de pesquisa desenvolvido em cooperação entre a Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ – USP), com a liderança do prof. Dr. Paulo Yoshio Kageyama, e o Departamento de Águas e Esgoto do município de Piracicaba. Este projeto teve por objetivo estudar as cabeceiras do Rio Corumbataí e desenvolver uma análise sobre matas ciliares, desenvolvendo técnicas de recuperação. (KAGEYAMA *apud* COSTA, 2006).

A prática da restauração ecológica foi desenvolvida no Brasil. Na Embrapa, alguns grupos de pesquisa foram formados, entre os quais merecem destaque os trabalhos da Embrapa Cerrados, com restauração de áreas de mata de galeria e outras fisionomias de cerrado; da Embrapa Agrobiologia, com recuperação de áreas mineradas e encostas; bem como da Embrapa Florestas, cujo foco principal é a restauração de ambientes florestais fluviais.

A preocupação com a conservação biológica e com a recuperação de ecossistemas vem se desenvolvendo a passos largos no Brasil, tem-se o exemplo do Fundo Nacional do

Meio Ambiente que recebeu em 2005, 254 projetos tratando da recuperação e plantio de matas em nascentes e em margens de rios e lagos, o percentual maior dos últimos 16 anos. (COSTA, 2006). Há uma percepção restrita, a necessidade de restauração para a promoção de serviços ambientais, sejam eles associados à conservação biológica ou ainda para a proteção de recursos hídricos e edáficos.

Porém, mesmo com o desenvolvimento impressionante da bioengenharia no Brasil, a presença de extensas áreas com vegetação nativa continua sendo depredada em muitos setores da sociedade, gerando taxas alarmantes de devastação das florestas brasileiras, tendo em vista o modelo vigente de ocupação e uso do solo, proporcionando redução da resiliência destas áreas, impedindo os processos de sucessão natural.

Conclusão

Admite-se a idéia de que a bioengenharia por ser um mecanismo que emprega técnicas em que plantas, ou partes destas, passa a ser utilizada como material de construção, combinadas com materiais inertes, proporcionando estabilidade às áreas degradadas por questões pedogenéticas ou por complicações no manejo do solo.

De modo geral, as técnicas de bioengenharia podem aumentar a estabilidade de taludes, principalmente por aumentar a resistência ao cisalhamento do solo com raízes e/ou pela interrupção de superfícies de rupturas rasas, que pode ser feita enterrando-se caules de plantas. Porém, esta enorme importância na revitalização destas áreas e principalmente pela sua evolução por todos estes séculos, proporcionaram um tratamento com rapidez e eficácia.

Enfim, é imperativo ressaltar que a bioengenharia ou geotecnia ambiental se transforma em uma medida de extrema importância para a recuperação de áreas degradadas, porém se não houver sensibilização das pessoas na conservação da natureza, estes métodos por mais eficazes que sejam não passaram de medidas sem grandes resultados.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Gustavo Henrique de Sousa. ALMEIDA, Josimar Ribeiro de. GUERRA, José Teixeira. *Gestão Ambiental de Áreas Degradadas*. 2º ed. Rio de Janeiro. Editora Bertrand Brasil. 2007.

COSTA, Patricia da. *Recuperação de Áreas Degradadas e Restauração Florestal em Roraima* - Iniciativas Promissoras. EMPRAPA. 2006

DEMO, Pedro. *Pesquisa e construção do conhecimento: metodologia científica no caminho de Habermas*. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.

FLORINETH, F. and C. Gerstgraser. *Studienblätter zur Vorlesung Ingenieurbiologie (Study Sheets on Soil Bioengineering Lectures)*. Department of Soil Bioengineering and Landscape Construction, University of Agricultural Sciences, Vienna, Austria. 1999.

GALVÃO, Terezinha Cássia de Brito. *Geotecnia Ambiental aplicada ao Controle de Áreas Degradadas*. in 5th International Symposium on Environmental, Geotechnical and Global Sustainable Development, Belo Horizonte, (2000).

GUERRA, A.J.T. *O Início do Processo Erosivo*. In: *Erosão e Conservação dos Solos – Conceitos Temas e Aplicações*. Guerra, A.J.T e Botelho, R.G.M. Rio de Janeiro: Editora Bertran Brasil, 1999.

_____. *Processos Erosivos nas Encostas*. In: *Geomorfologia – Uma Atualização de Bases e Conceitos*. Guerra, A.J.T e Cunha, S.B (orgs.). Rio de Janeiro: editora Bertran Brasil, 2001.

LEWIS, L. *Soil Bioengineering. An Alternative For Roadside Management*. A Pratical Guide United States Department of Agriculture Forest Service, California. 2000.

SCHIELTZ, H.M.; Stern, R. *Water Bioengineering Techniques for Watercourse, bank and shoreline protection*, Blackell Science, 1997.

STILES, R. *Engineering With Vegetation* M. Landscape Design, 1988.