

MAPEAMENTOS DE COBERTURA E USO DO SOLO

Marcos Adami

Doutor em Sensoriamento Remoto
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Belém - PA
marcos.adami@inpe.br

Ericson Hideki Hayakawa

Doutor em Sensoriamento Remoto
Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Marechal Cândido Rondon – PR
ericson.geo@gmail.com

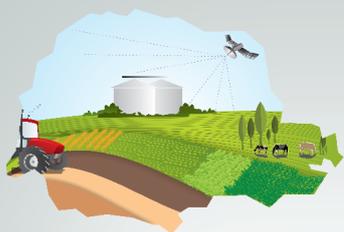
Palavras-chave: sensoriamento remoto; classificação de imagens; geoprocessamento.

Introdução

O conhecimento e a representação da cobertura e uso do solo sempre foram de interesse da sociedade e sua origem remonta há vários séculos. Além de caracterizar sistematicamente uma área, também subsidia diferentes áreas do conhecimento científico (e.g., geografia, ciências ambientais, agronomia, biologia, florestal, dentre outros). O mapeamento da cobertura e uso do solo é fundamental para inúmeras ações de planejamento e gestão do ambiente, já que registra as peculiaridades de diferentes áreas de interesse. No território brasileiro é possível identificar uma série de iniciativas que promovem o mapeamento da cobertura e uso do solo. Dentre elas, destacam-se o Programa de Cálculo do Desflorestamento da Amazônia - PRODES (INPE, 2008), o Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real na Amazônia - DETER (INPE, 2008), o projeto TerraClass (TerraClass, 2011), o Projeto CanaSat (Rudorff, et al., 2010), e o Projeto CafeSat (Moreira et al., 2008).

No Brasil, os esforços pioneiros com o objetivo de identificar e mapear a cobertura e uso do solo remete às décadas de 1930 e 1940 (IBGE, 2006). Nesse período, os objetivos consistiam na busca de informações sobre o processo de colonização ou o reconhecimento das áreas ainda desconhecidas ou pouco descritas. Nas décadas seguintes, nos anos de 1950 e 1960, os esforços estavam voltados para contextualizar os processos produtivos existentes, obtidos a partir da identificação dos padrões espaciais de cobertura e uso do solo. As possibilidades do mapeamento da cobertura e uso do solo foram significativamente melhoradas a partir da década de 1970. Houve o surgimento das primeiras imagens de satélites, o aprimoramento das ferramentas de processamento digital de imagens e o início da padronização dos procedimentos para mapeamento. Independente da localização da área e sua dimensão, o entendimento da cobertura e uso do solo é fundamental, visto a geração de subsídios necessários para ações e políticas públicas de uso adequado do território.

O mapeamento da cobertura e uso do solo auxilia no entendimento de questões que envolvem o ambiente, o clima, o social e o econômico. O mapeamento da cobertura e uso do solo é fundamental



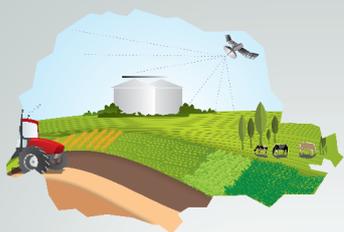
para visualizar e analisar os fenômenos complexos que ocorrem na superfície terrestre (Burkhard et al., 2012). Esta complexidade pode ser exemplificada pelo fato de que a cobertura e uso do solo influenciam diretamente na troca de energia que ocorre entre a superfície e a atmosfera (Foley et al., 2005; Lambin et al., 2003). De acordo com os autores citados, esta relação de abrangência em escala local ou regional pode desencadear desequilíbrios nos ecossistemas terrestres, os quais atuam como fonte, sumidouro e estoque de carbono. Adicionalmente, podem atuar como retroalimentador de dinâmicas atmosféricas que regulam o clima terrestre. Os processos de mudança do uso e da cobertura do solo, além da perda de biodiversidade, alteram o albedo terrestre, a composição química da atmosfera e os ciclos biogeoquímicos, modificam o balanço energético e influenciam o clima e, por isso, fazem parte da agenda das pesquisas globais de meio ambiente (Foley et al., 2005; Lambin et al., 2003; Laurance et al., 2011; Verburg et al., 2009). Dessa forma, as alterações de uso e cobertura do solo podem gerar consequências como: i) mudanças no clima global; ii) redução da biodiversidade; iii) alterações nos ciclos biogeoquímicos. Além disto, estas alterações também envolvem questões de sustentabilidade socioeconômicas (Fearnside, 2005).

A atual disponibilidade de diferentes técnicas, metodologias e ferramentas de geotecnologias atuam como importantes instrumentos em estudos desse gênero. Especificamente, tem-se o sensoriamento remoto, que aliado aos recursos computacionais existentes e aos aplicativos de processamento digital de imagens e geoprocessamento contribuem não só para projetos de mapeamento, mas também para uma variada gama de aplicações. Os dados de sensoriamento remoto tornam-se cada vez mais comuns, sendo possível obtê-los de diferentes formas e gratuitamente. Várias plataformas de satélite em operação (por exemplo, Landsat e MODIS) oferecem imagens para o mapeamento regional. Estes dados podem ser obtidos com diferentes níveis de processamento, como georreferenciados (Gao et al., 2009; Justice et al., 2002; Tucker et al., 2004) ou com correção atmosférica (Masek et al., 2006). No entanto, a variabilidade espacial e temporal do uso e da cobertura do solo ainda representam um desafio para mapeamento consistente e preciso (Hagen et al., 2012). Nesse sentido, serão abordados alguns conceitos ligados ao tema de uso e cobertura do solo e ao tema mapeamento.

Cobertura e uso do solo

Segundo FAO (1995) existem diferenças entre os conceitos de cobertura do solo, uso do solo e mudança de uso. A cobertura do solo é entendida como uma caracterização biofísica da superfície terrestre. Como exemplo, têm-se as áreas com cobertura por florestas, por arbustos, por gramíneas ou por agricultura, dentre outros. O uso do solo é associado à manipulação humana daquela cobertura, ou seja, a função que a terra pode oferecer. Por exemplo, áreas destinadas à conservação ou pecuária. As mudanças de cobertura do solo ocorrem pela conversão ou pela modificação. A conversão diz respeito à mudança de um tipo de cobertura para outro tipo de cobertura, por exemplo, de floresta para vegetação rasteira ou de floresta para pasto. Já a modificação é relacionada a alterações da estrutura ou função como as mudanças na produtividade ou de cultura agrícola.

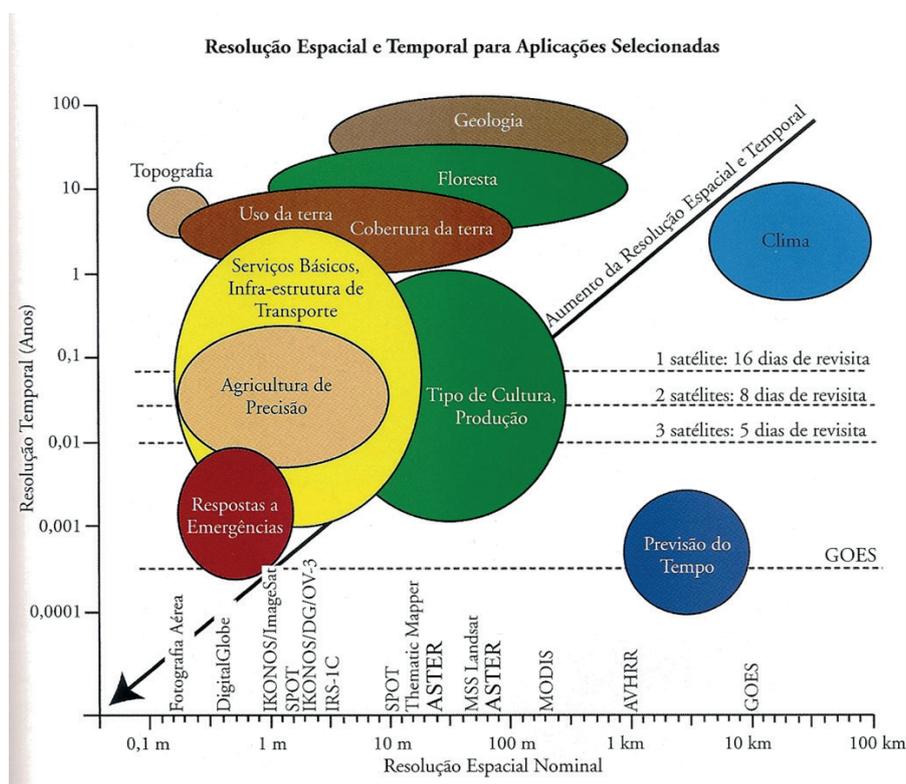
Diante desta perspectiva, as mudanças de cobertura do solo são provocadas principalmente pelas ações antrópicas. Mudanças naturais de cobertura, em geral, estão associadas a eventos severos, como tornados ou outros tipos de desastres naturais. As ações antrópicas podem ter causas diretas e indiretas. As causas diretas estão relacionadas às atividades humanas imediatas, que afetam diretamente a cobertura e geralmente acontecem a nível local, como expansão de culturas agrícolas e pastagens, corte e extração de madeira, e expansão de infraestrutura. Já as causas indi-



retas são forças motivadoras que são o gatilho e sustentam as causas diretas, formadas por um conjunto de variáveis (social, política, econômica, biofísicas, etc.). Geralmente as causas indiretas são o resultado de ações regionais ou até mesmo globais que forçam a ocorrência das ações diretas (Lambin et al., 2003).

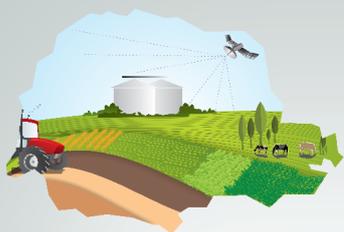
Mapeamento do uso e cobertura

Para mapear o uso e cobertura do solo de uma determinada região é necessário atribuir a cada elemento da imagem (pixel) uma classe ou categoria, por meio do processo de classificação. Para Lillesand et al. (2008), o objetivo geral dos procedimentos de classificação é categorizar todos os pixels de uma determinada região, atribuindo a cada pixel um rótulo que contenha as informações associadas a um contexto do mundo real. Entretanto, para realizar a classificação propriamente dita são necessários alguns passos, dentre eles a escolha da imagem adequada ao tipo de classificação que se deseja. A Figura 1 apresenta a relação entre as escalas temporais e espaciais para os mais diversos tipos de dados oriundos de sensoriamento remoto, bem como dos principais sensores para cada escala espacial. Especificamente uso e cobertura necessitam de imagens com resolução temporal variando na escala anual a decadal e resolução espacial variando entre sub-métrica a centenas de metros.



Fonte: Adaptada de Jensen (2007).

Figura 1. Relação entre as escalas espaciais e temporais para as mais variadas aplicações.



O mapeamento também depende do conhecimento do comportamento dos alvos ao longo do espectro. A Figura 2 apresenta o comportamento espectral das principais coberturas terrestres no espectro entre 0,4 mm e 2,5 mm. Também estão representadas as bandas de alguns sensores permitindo ter uma ideia a respeito de como pode ser a resposta destes alvos ao ser imageado por estes sensores.

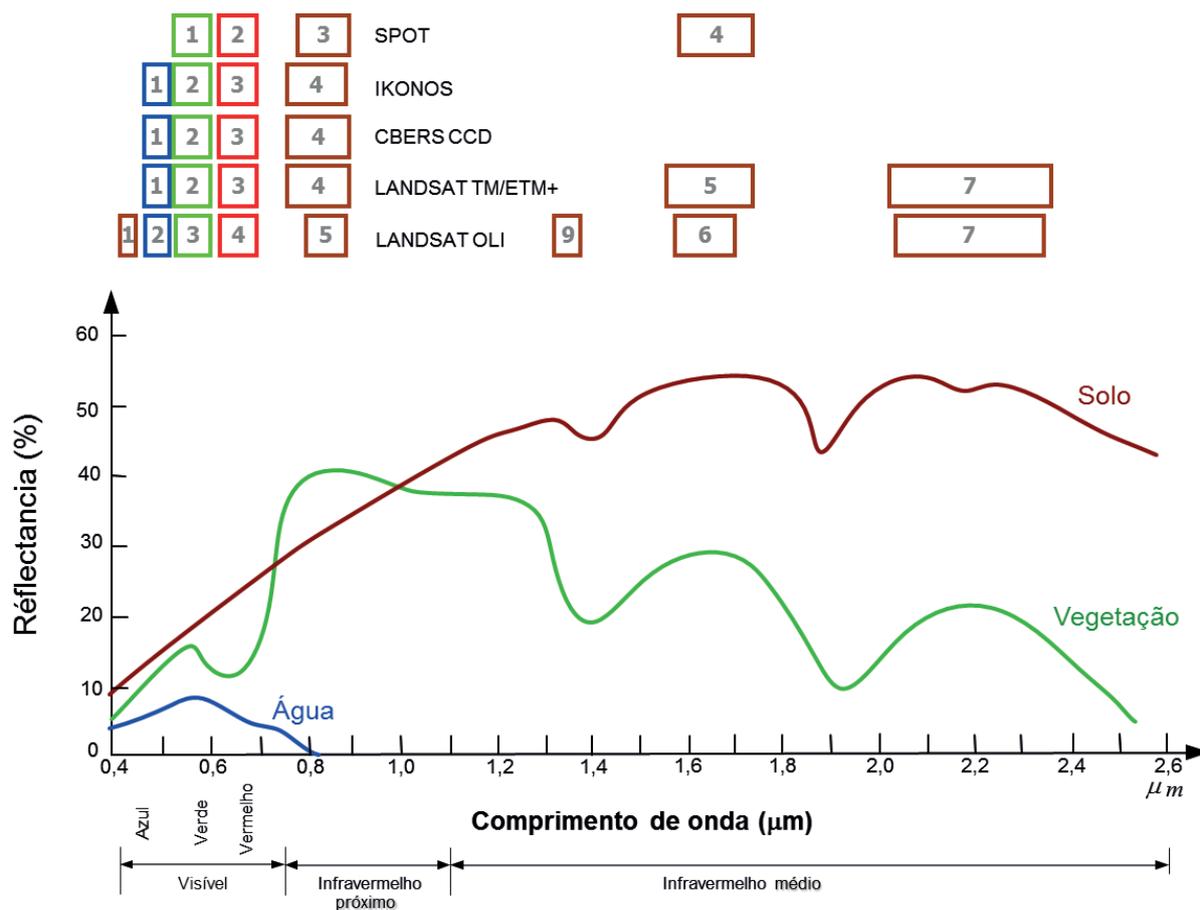
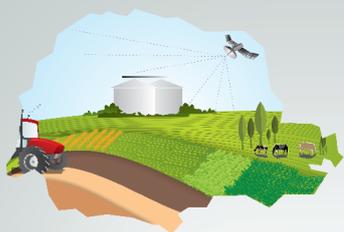


Figura 2. Comportamento espectral de solo, vegetação e de água.

A partir da escolha do sistema sensor e do conhecimento do comportamento dos alvos neste sistema, são necessários alguns processamentos prévios (pré-processamento) à classificação. Isto significa que as imagens a serem classificadas devem estar livres de ruídos, ter georreferenciamento, se necessário, devem passar por correções radiométricas e atmosféricas e em alguns casos podem passar por um processo de redução de dimensionalidade, tal como componentes principais, modelo linear de mistura espectral, índices de vegetação (Jensen, 2007; Moreira, 2005).

A classificação após o pré-processamento das imagens pode ser realizada de diferentes maneiras. A mais tradicional é por meio de fotointerpretação. A classificação visual de imagens é um processo de extração de informações dos dados da superfície terrestre, com base em suas



respostas espectrais. Este procedimento consiste dos seguintes passos: preparo do material a ser utilizado, análise do material e a interpretação propriamente dita. Durante a análise do material é criada uma chave de interpretação, na qual são representadas as classes a serem mapeadas. A chave de interpretação usa os seguintes elementos básicos: i) Tonalidade/Cor; ii) Textura; iii) Dimensão; iv) Forma; v) Sombra/Altura; vi) Padrão e; vii) Localização geográfica. Seguindo essa chave de interpretação, o interprete determina a classe até que não existam mais elementos a serem classificados (Moreira, 2005).

Há também a classificação digital. Os métodos de classificação digital podem ser agrupados em três tipos: Não-supervisionados, Supervisionados e Híbrido. Tradicionalmente a classificação de uma imagem segue os seguintes passos: a) *extração de feições* - transforma a imagem multiespectral em uma imagem com áreas onde as características espectrais ou espaciais idênticas são agrupadas; b) *treinamento* - extração dos valores de cinza de pixels utilizados na função de discriminação (este processo pode ser automático ou não); c) *categorização* - consiste em rotular a cada pixel a uma categoria temática (Lillesand et al., 2008; Moreira, 2005).

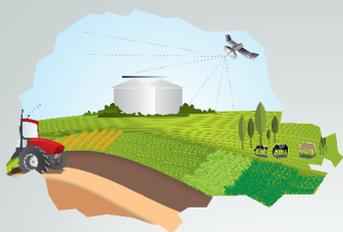
Na abordagem de classificação não-supervisionada o algoritmo de classificação define as classes sem a interferência do analista. Desta maneira, não se utiliza conhecimento a priori sobre as classes existentes na imagem. Para que o algoritmo separe as classes é necessário que o analista forneça ao sistema alguns parâmetros (limiares) os quais servirão como critérios de decisão no momento de agrupar pixels em classes distintas. Em outras palavras, durante este processo são considerados os parâmetros fornecidos pelo analista para definir os agrupamentos dos pixels espectralmente semelhantes. Entre os algoritmos que utilizam este método, tem-se o K-Médias e o Isoseg (Lillesand et al., 2008; Moreira, 2005).

Na abordagem de classificação supervisionada é exigido o conhecimento prévio do comportamento das classes na imagem que se deseja classificar. Em outras palavras, é necessário o conhecimento dos alvos contidos na área. A partir dessas áreas são extraídas amostras de treinamento que contém uma representação espectral dos alvos no terreno. Com base nestas amostras, o classificador separa e identifica cada classe selecionada utilizando regras estatísticas pré-estabelecidas. Entre os métodos de classificação supervisionada, os mais comumente utilizados são a classificação por Paralelepípedo e a classificação por Máxima Verossimilhança (Lillesand et al., 2008; Moreira, 2005).

Na abordagem de classificação híbrida, após a classificação automática, seja ela supervisionada ou não, o interprete realiza a edição visual destes resultados, para minimizar os erros de omissão e comissão decorrentes do processo automático (Moreira, 2005). Com a finalização do mapeamento, resta ainda uma importante etapa: a mensuração dos erros associados ao mapa. Caso o viés e a precisão do mapa não tenham sido avaliados e comunicados, independentemente do motivo, os mapas gerados podem ter pouca ou nenhuma utilidade para inferência científica (McRoberts, 2011).

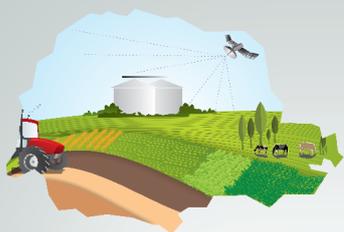
Considerações finais

A cobertura e o uso do solo têm implicações tanto ambientais, quanto social e econômica, e por isso é importante monitorá-las, sendo isto possível por meio de mapeamentos. Para realizar um bom mapeamento é importante conhecer a escala, tanto temporal quanto espacial, bem como o comportamento espectral dos alvos que serão mapeados. Estes mapas podem ser realizados por diversas maneiras, seja por meio de fotointerpretação ou por classificação digital. Por fim, é essencial conhecer os erros associados ao mapa, pois possibilita o uso dos mapas para realizar inferências estatísticas e assegura ao tomador de decisão uma margem possível de variação.



Referências

- BURKHARD, B., KROLL, F., NEDKOV, S., & MÜLLER, F. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. *Ecological Indicators*, 21, 17-29, 2012.
- FAO. *Planning for sustainable use of land resources: towards a new approach*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1995.
- FEARNSIDE, P.M. Deforestation in Brazilian Amazonia: History, Rates, and Consequences. In (pp. 680-688): Blackwell Science Inc 2005.
- FOLEY, J.A., DEFRIES, R., ASNER, G.P., BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, S.R., CHAPIN, F.S., COE, M.T., DAILY, G.C., GIBBS, H.K., HELKOWSKI, J.H., HOLLOWAY, T., HOWARD, E.A., KUCHARIK, C.J., MONFREDA, C., PATZ, J.A., PRENTICE, I.C., RAMANKUTTY, N., & SNYDER, P.K. Global consequences of land use. *Science*, 309, 570-574, 2005.
- GAO, F., MASEK, J., & WOLFE, R.E. Automated registration and orthorectification package for Landsat and Landsat-like data processing. *Journal of Applied Remote Sensing*, 3, 033515-033515-033520, 2009.
- HAGEN, S.C., HEILMAN, P., MARSETT, R., TORBICK, N., SALAS, W., VAN RAVENSWAY, J., & QI, J. Mapping Total Vegetation Cover Across Western Rangelands With Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer Data. *Rangeland Ecology & Management*, 65, 456-467, 2012.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Manual Técnico de Uso da Terra*. Manual Técnico em Geociências número 7. 2. ed. Divisão de Geociências. Rio de Janeiro, 2006. 91p.
- JENSEN, J.R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. Pearson Prentice Hall, 2007.
- JUSTICE, C.O., TOWNSHEND, J.R.G., VERMOTE, E.F., MASUOKA, E., WOLFE, R.E., SALEOUS, N., ROY, D.P., & MORISETTE, J.T. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, 83, 3-15, 2002.
- LAMBIN, E.F., GEIST, H.J., & LEPELERS, E. DYNAMICS OF LAND-USE AND LAND-COVER CHANGE IN TROPICAL REGIONS. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205-241, 2003.
- LAURANCE, W.F., CAMARGO, J.L.C., LUIZÃO, R.C.C., LAURANCE, S.G., PIMM, S.L., BRUNA, E.M., STOUFFER, P.C., BRUCE WILLIAMSON, G., BENÍTEZ-MALVIDO, J., VASCONCELOS, H.L., VAN HOUTAN, K.S., ZARTMAN, C.E., BOYLE, S.A., DIDHAM, R.K., ANDRADE, A., & LOVEJOY, T.E. The fate of Amazonian forest fragments: A 32-year investigation. *Biological Conservation*, 144, 56-67, 2011.
- LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W., & CHIPMAN, J.W. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons, 2008.
- MASEK, J.G., VERMOTE, E.F., SALEOUS, N.E., WOLFE, R., HALL, F.G., HUENNRICH, K.F., FENG, G., KUTLER, J., & TENG-KUI, L. A Landsat surface reflectance dataset for North America, 1990-2000. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, 3, 68-72, 2006.
- MCROBERTS, R.E. Satellite image-based maps: Scientific inference or pretty pictures? *Remote Sensing of Environment*, 115, 715-724, 2011.
- MOREIRA, M.A. *Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação*. UFV, 2005.
- MOREIRA, M. A., BARROS, M. A., FARIA, V. G. C., ADAMI, M. *Uso da geotecnologia para monitorar a cafeicultura brasileira Fase II São Paulo e Minas Gerais*. In: XIII SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE PERCEPCION REMOTA Y SISTEMAS DE INFORMACION ESPACIAL, 2008, Havana. SELPER. Havana: SELPER-Cuba, 2008. v. CD-ROM.

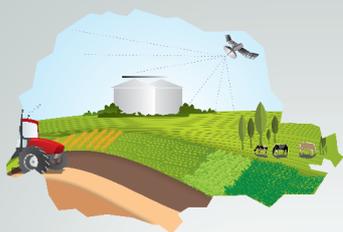


RUDORFF, B. F. T., AGUIAR, D. A., SILVA, W. F., SUGAWARA, L. M., ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. *Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. Remote Sensing*, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

TERRACLASS. *Levantamento de informações de uso e cobertura da terra na Amazônia* – Sumário Executivo. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2011. 20p.

TUCKER, C.J., GRANT, D.M., & DYKSTRA, J.D. NASA's Global Orthorectified Landsat Data Set. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70, 313-322, 2004.

VERBURG, P.H., VAN DE STEEG, J., VELDKAMP, A., & WILLEMEN, L. From land cover change to land function dynamics: A major challenge to improve land characterization. *Journal of Environmental Management*, 90, 1327-1335, 2009.



BIORREMEDIAÇÃO COMO ESTRATÉGIA PARA DIMINUIÇÃO DO EFEITO RESIDUAL DE HERBICIDAS

Marcos Pileggi

Doutor em Ciências Biológicas

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa – PR

mpileggi@uepg.br

Sônia Alvim Veiga Pileggi

Doutora em Ciências Biológicas

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Ponta Grossa – PR

savpileggi@uepg.br

Palavras-chave: biorremediação de herbicidas; biodegradação de herbicidas; sistema de respostas em bactérias.

Introdução

A população humana é numerosa e continua crescendo. Pelas estimativas recentes, são mais de 7 bilhões, mas com uma média global de 2,45 filhos por família, o que pode levar a uma estabilidade nesses números. Esta população também é obesa (34%, média mundial), mas continuamos com subnutridos (10%), o que sugere uma má gestão na distribuição de alimentos. A espécie humana, por necessidade, incompetência ou especulação, explora uma série de recursos naturais para produzir alimentos. A hipótese de Malthus, sobre o crescimento populacional em taxas geométricas e a produção de alimentos em taxas aritméticas, continua a assombrar pesquisadores além de Darwin.

Para se quebrar, ou pelo menos deixar esta maldição mais distante de nós, investimos em tecnologias de produção. E uma destas tecnologias é a utilização de agroquímicos, sendo os herbicidas de particular interesse em nosso grupo de pesquisa, o de Microbiologia Ambiental. Esses produtos são compostos pelo princípio ativo e mais algumas substâncias adjuvantes. O princípio ativo é a molécula com atividade herbicida que, teoricamente, vai interferir com rotas metabólicas importantes de ervas daninhas, que são plantas que não produzem alimentos, mas vão competir pelos recursos nutricionais em um solo agrícola. Mas, na verdade, os herbicidas também podem interferir com rotas metabólicas da cultura agrícola, e as ervas daninhas podem ser selecionadas para tolerância à essa molécula ativa. Os adjuvantes, por sua vez, são substâncias que aumentam o efeito do herbicida, atuando como surfactantes, para permitir uma melhor absorção dos herbicidas, bactericidas, para eliminar bactérias degradadoras da molécula ativa, entre outras funções. Do ponto de vista da estrutura química, as moléculas ativas possuem radicais eletronegativos, que normalmente estão envolvidos com reações tipo redox, interferindo com as rotas metabólicas das plantas daninhas. São exemplos os herbicidas estudados em nosso laboratório: mesotrione (grupo SO_2 e NO_2), 2,4-D (Cl e OH), glifosato (P, N e OH), atrazina (Cl e N), sulfentrazone (O, N, Cl, F e SO_2), e paraquat (Cl e N).