

# Culturas de Distúrbio e Diversidade em Substratos Amazônicos

William Balée

O novo programa de pesquisa em ecologia histórica está centrado nas mudanças das paisagens ao longo do tempo (Balée 2006). A paisagem (Inglês. *landscape*, Fr. *paysage*, Ger. *Landschaft*) é um conceito que une a atividade humana com ambientes locais. Paisagens são “aspectos da biosfera que podem ser efetivamente examinados *in loco*” (Kates et al., 1990, p. 5). Elas apresentam, além de seu enraizamento espacial, uma dimensão temporal ou histórica (Crumley 2003; Ingold 1993; Marquardt & Crumley 1987; Neves & Petersen 2006; Russell 1997). Atividades do aprendizado humano que, quando padronizadas e compartilhadas em grupos sociais, são coletivamente chamadas de “culturas”, afetam as paisagens em termos das outras espécies presentes e nos números (ou biodiversidade) destas, dentre outros parâmetros de mudança, tais como, e especialmente em relação ao tema principal desta coleção, os atributos do solo. Na Amazônia e, em parte, em outros locais, essas mudanças, resultantes de distúrbios culturalmente induzidos, também podem envolver modificações significativas de padrões de drenagem, elevação topográfica e a área de superfície coberta por um ambiente estritamente construído, tais como: estradas, canais, reservatórios, barragens, taludes, praças, canais circulares e complexos de montículos artificiais (Erickson, 2000; Erickson, 2006; Erickson & Balée, 2006; Heckenberger, 2006; Heckenberger et al., 2003; Raffles, 2002). A cultura indígena da Amazônia tem perturbado e influenciado a diversidade de paisagens em uma variedade de substratos durante longos períodos de tempo.

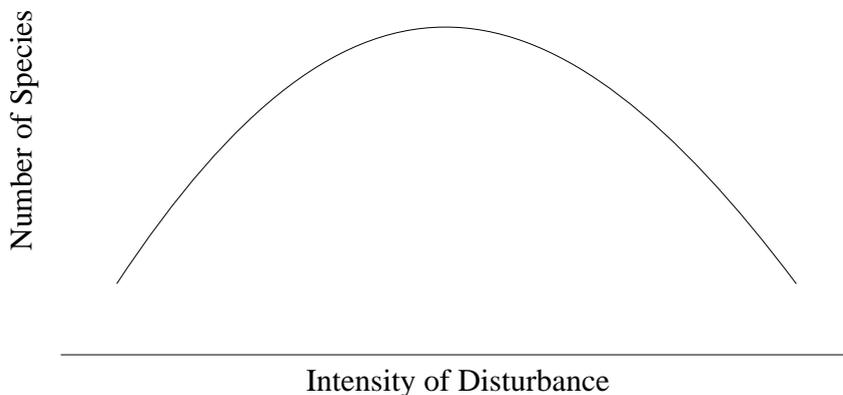
O conceito de transformação de paisagens difere da sucessão ecológica por postular um fator humano envolvido nos distúrbios e diversidade nos mais variados habitats. A sucessão ecológica está normalmente associada ao conceito de equilíbrio dos ecossistemas. Estes são conceituais enquanto as paisagens são espacialmente reais. Os ecossistemas são analíticos enquanto as paisagens são unidades ontológicas e analíticas. A sucessão ecológica é de dois tipos analíticos: primária e secundária (Gutierrez & Fey 1980, Huston 1994, Walker & del Moral 2003). Aquela concerne à colonização de um novo habitat onde não havia vida antes; usualmente, envolve distúrbios originados fora do habitat em questão. Também conhecida como sucessão alogênica (Begon et al. 1990, Huston 1994), ela indica uma mudança nas condições abióticas que produzem um novo substrato para a vida, especialmente para organismos sésseis tais como plantas verdes. Em certos ambientes, os organismos sésseis tendem a ser mais diversificados em espécies que os organismos móveis (Huston 1994). Exemplos incluem a colonização por plantas e corais em atóis vulcânicos e a colonização por plantas de barras de ponta (as áreas opostas às margens cortadas) e ilhas em rios tais como Solimões e Amazonas. Em contraste, a sucessão secundária é condicionada e relevante a distúrbios contínuos do ambiente que, dependendo da perspectiva, aumentam ou diminuem a diversidade alpha (local) da diversidade de espécies. Em relação aos Neotrópicos, a sucessão secundária pode incluir quedas de árvores, que abrem clareiras na floresta ou detritos deixados por animais no chão da floresta, que permitem o desenvolvimento de microorganismos. O conceito original de sucessão em ecologia está baseado no equilíbrio de comunidades bióticas (Clements 1916). Isso refere-se ao conceito de comunidades clímax a missão da sucessão.

A teoria de biogeografia de ilhas normalizou o equilíbrio, como uma doutrina, ao introduzir a noção de seleção de espécies  $r$  vs.  $K$  (MacArthur & Wilson 1967). A teoria postula que quanto mais afastada estiver uma ilha do continente, maior será seu endemismo e diversidade de espécies e maior o número de organismos  $K$ -selecionados. Em contraste, quanto mais perto estiver a ilha do continente, outros fatores sendo iguais, menor sua diversidade devido a sua susceptibilidade a invasões de organismos do continente. Tais invasores substituem a biota local em nichos iguais ou muito semelhantes, causando seu desaparecimento e possível extinção. A teoria é elegante como modelo para explicar o surgimento e

desaparecimento da diversidade de espécies em ilhas (leia-se ecossistemas), mas problemática por não especificar um vetor humano ou histórico no transporte de muitas espécies invasoras, algumas das quais, tal como a cobra arbórea marrom em Guam, têm efeito cascata em novos ambientes (Fritts & Rodder 1998). A teoria exclui a história e por essa razão tem sido difícil de replicar, no mundo real e ontológico da diversidade em ilhas, a biologia de invasões (Huston 1994, Lomolino 2000, Simberloff 1997).

A sucessão secundária refere-se à substituição de organismos por outros tipos de organismos (tais como organismos K-selecionados por r-selecionados) em um substrato que foi perturbado; assim como acontece a uma floresta com boa drenagem quando submetida a furacões, tornados, secas, quedas por vento e finalmente, como tem sido especialmente bem estudado nos trópicos, pelas práticas agrícolas de corte e queima ou outra forma de agricultura intensiva. Em todos os casos, tanto na teoria de sistemas como na ecologia cultural, a idéia é que após o distúrbio a sucessão de grupos de organismos continua, no caso de florestas tropicais, passando de espécies r-selecionadas para clímax, dominância e diversidade máxima (saturação), ou seja, vão além do que são, basicamente, comunidades K-selecionadas. Esta é a comunidade clímax, um conceito de sistemas ecológicos que data do início do século 20 (Clement 1916, Huston 1994).

A teoria do equilíbrio em ecologia tem muitos defensores (Lomolino 2000), mas um número cada vez maior de ecologistas reconhece o distúrbio não como um agente alheio de mudança em um ecossistema, mas como elemento fulcral para o funcionamento e manutenção da diversidade (Botkin 1990, Huston 1994, Perry & Amaranthus 1997, Smith & Wishie 2000). O distúrbio que eles postulam não é a remoção de muitos grupos de espécies (distúrbio muito intenso), mais um distúrbio contínuo em escala muito menor, chamado de distúrbio intermediário, tal como fogo controlado e quedas de árvores na floresta, sem os quais a diversidade local (diversidade alpha) não pode ser entendida (Figure 1).



Fonte: Myers JH & Bazely 2003.

**Fig. 1.** Modelo simplificado da Intermediate Disturbance Hypothesis.

O distúrbio intermediário, através de queima controlada nas savanas Africanas, cerrados do Brasil Central e Llanos de Mojos na Bolívia, parece promover a coexistência de árvores e pastagens, aumentando a heterogeneidade da paisagem (Erickson 2006, Jeltsch et al. 1998, Mistry et al. 2005; Posey 1985). O distúrbio intermediário, em uma escala humana e cultural, envolve a substituição parcial de espécies de maneira episódica e cíclica em pequenas parcelas de terra (desde clareiras causadas pela queda de árvores até milhares de quilômetros quadrados como no caso dos Llanos de Mojos) em oposição a perturbações significativas como limpeza total, deflorestação, corte seletivo, inundação e eutroficação. O distúrbio intermediário não conotaria intensificação, industrialização ou globalização, o que poderia levar à diminuição da diversidade de espécies por unidade de área, por excesso de utilização, fertilização e erosão. Os efeitos mensuráveis do distúrbio intermediário

mediado por humanos referem-se a, pelo menos, um dos três tipos de diversidade de espécies reconhecidos em ecologia: a alpha diversidade, que é o número de espécies em um local restrito e com parâmetros ambientais constantes (tais como drenagem e tipo de solo). O distúrbio intermediário mediado por humanos também pode ser observado na beta diversidade (diversidade ao longo de um gradiente ambiental, tal como pendente ou chuva, envolvendo distância entre parcelas adjacentes previamente assinaladas exclusivamente pela alpha diversidade) (Campbell et al. 2006, Erickson & Balée 2006, Huston 1994). O terceiro tipo de diversidade refere-se à diversidade de uma região inteira (tal como a Bacia Amazônica). Em relação à bacia amazônica, sendo que a maioria da diversidade de espécies predata o Pleistoceno (Bush 1994, Vieira et al. 2001), as sociedades pré-históricas e do início da colônia tiveram um impacto insignificante, a não ser através da introdução de espécies invasoras (invasões biológicas) que, por sua vez, ocorreram em relação inversa à diversidade de espécies preexistentes nos locais de introdução. A gamma diversidade da Amazônia não tem uma única explicação simples (Bush 1994); exige um modelo complexo, baseado na ecologia histórica, que possa levar em conta não somente os fatores físicos e temporais, mas também os de origem humana que impactaram as paisagens ao longo do tempo. O conceito de sucessão ecológica termo originalmente usado na teoria de sistemas e de equilíbrio ainda é útil em um modelo dinâmico de mudança ambiental com aumento e diminuição de diversidade biológica (Huston 1994), foco principal da pesquisa em ecologia, mas por causas diferentes daquelas da ecologia de sistemas. A sucessão ecológica, em ecologia histórica, pode ser chamada de transformação de paisagens (sucessão antrópica), da qual existem vários tipos.

## **Transformação de Paisagens: Primária e Secundária**

A transformação primária de paisagens, na Bacia Amazônica central e baixa, envolveu a construção de montículos bem como mudanças nos cursos dos rios para facilitar o transporte, com efeitos aparentemente insignificantes na diversidade de espécies (Neves & Peterson 2006, Raffles 2002). Os efeitos, se existiram sobre a diversidade alpha e beta, da manipulação de solos e drenagem no Alto Xingu (Baixo Amazonas) cerca de AD 1000 são desconhecidos (Heckenberger et al. 2003), assim como em outras áreas de Terra Preta Amazônica (solos antropogênicos) [Erickson 2003]. Porém, aumentos na alpha diversidade da flora e fauna por manejo e uso indígena de recursos, foram reportados para numerosos ambientes nos Neotrópicos (Balée 1993, Politis 2001, Posey 1985, Rival 2001, Zent & Zent 2004). Paisagens dos índios Ka'apor, Guajá, e Tembé da Pré-Amazônia (extremo leste da Amazônia, com cerca de 10.000 km<sup>2</sup>) incluem floresta alta (relativamente intacta) e florestas de uso velhas (com distúrbio indígena intermediário, datando de 40 a 150 anos, cf. Myers & Bazely 2003). Florestas de uso velhas são exemplos de sucessão secundária. Usando procedimentos standard de inventário (Campbell et al. 2006), inventários de quatro hectares de floresta de uso velha e quatro hectares de floresta alta próxima na Pré-Amazônia mostraram que: 1) não houve diferença significativa na diversidade alpha de árvores ao comparar florestas de uso velhas e floresta alta; 2) parcelas adjacentes de floresta alta e floresta de uso somente tiveram a metade do número de espécies comuns, ao comparar parcelas do mesmo tipo de floresta entre si, sem importar a distância, com parcelas da mesma categoria; 3) o efeito é um ganho lento, tanto em diversidade alpha quanto beta (com esta envolvendo o gradiente tempo [Huston 1994]), com a floresta alta sendo mais velha que a floresta de uso (Balée 1993, Balée 1998).

As florestas secundárias não são necessariamente mais pobres em diversidade que as primárias (Schulze et al. 2004). O habitat dos índios Sirionó da Amazônia Boliviana inclui uma paisagem heterogênea de florestas bem drenadas em montículos residuais, florestas ligeiramente inundadas na base dos montículos (chamadas florestas de pampa) e savanas sazonalmente inundadas e mal drenadas (que representam aproximadamente dois terços de toda a paisagem) (Erickson 2003, Erickson 2006, Erickson & Balée 2006, Townsend 1996). As florestas de montículo são todas antropogênicas e datam de 500 e 1000 anos e, desde sua construção, foram continuamente habitadas; as florestas de pampa também são antropogênicas e artefatos da construção dos montículos. Dois inventários de um hectare,

um de uma floresta de montículo de 18m de altura e o outro de uma floresta de pampa próxima, mostraram : 1) similaridade no número de espécies, com 55 na floresta de montículo e 53 na floresta de pampa; 2) as duas florestas tinham 24 espécies em comum (uma alta percentagem quando comparadas à Pré-Amazônia); 3) o número total de espécies nas duas florestas de 84 ( $[55 + 53] - [24] = 84$ ); 4) os dois tipos de floresta são dominados por oligarquias (as dez espécies de maior importância ecológica nos montículos constituem 65.4% de todos os valores de importância de todas as árvores na parcela, além disso as dez principais espécies do inventário da pampa representam 70.9% de todos os valores de importância de todas as árvores da parcela). Porém, as oligarquias são algo diferentes (com uma espécie de palmeira tendo um valor de importância de 46.21 no montículo e 9.21 na pampa; outra palmeira tem um valor de importância de 41.2 no montículo e 83.27 na pampa) o que é provavelmente devido à pendente (Erickson & Balée 2006). Ambas florestas consistem de muitas espécies comestíveis ou úteis; pelo menos uma das espécies, uma *Sorocea* com frutos comestíveis usados para produzir uma bebida fermentada de importância nos rituais dos índios Sirionó, parece ser protegida. Seu conhecimento atual é de importância intrínseca para entender a ecologia histórica da área.

Nesse mosaico de paisagens, as savanas são paisagens originais mantidas com queimas periódicas (Erickson 2006). A savana é inundada todos os anos, alternando com uma época seca bem delimitada. O número total de plantas vasculares na savana é menor que 20 com ciperáceas e gramíneas sendo dominantes; na maioria dos casos, na savana aberta, a única árvore é a palmeira *Copernicia* sp., que Henderson (1995) exclui de sua definição de palmeiras amazônicas.

A transformação primária da paisagem que aconteceu no Complexo Montícola de Ibibate (o montículo e a floresta de pampa adjacente) seria em termos ecológicos sucessão primária, mas este termo comumente exclui antropogênese da paisagem (e.g., Huston 1994). Envolveu uma substituição completa das espécies de savana com árvores intolerantes à inundação e árvores que são facultativas de terra firme e planícies de inundação, com uma alpha diversidade várias ordens de magnitude superior a da savana. Montículos comparáveis, especificamente montículos com restos de gastrópodes e bivalves de diferentes espécies no sudoeste da Flórida e sudeste da Louisiana, que suportam uma maior diversidade que os pântanos próximos, sem importar os níveis de salinidade, também representam aumentos causados pelo homem na alpha diversidade (Kidder 1998, Marquardt 1992).

## O Paradoxo de Enriquecimento e Diversidade de Espécies no Contexto Amazônico Pré-Histórico

O paradoxo de enriquecimento refere-se a um fenômeno bem conhecido, onde a fertilização reduz a diversidade de espécies e genética em plantas (Begon et al. 1990, Huston 1994, Rosenzweig 1971). Ainda que os solos, na maioria das florestas secundárias, sejam significativamente mais férteis que os das florestas primárias (Denevan 2001, Denevan 2006, Erickson 2003, Erickson & Balée 2006, Neves & Petersen 2006), não têm sido reportados como sofrendo o paradoxo do enriquecimento. Os índices de fertilidade dos solos no Inventário do Montículo e no Inventário da Pampa são apresentados na Tabela 1. Os solos do montículo apresentam maior pH (menos acidez) que os da pampa e também mostram maior quantidade e maior saturação de bases, menos alumínio e conteúdo maior de fósforo e nitrogênio que os dela. Ambos os solos apresentam quantidades semelhantes de areia, silte e argila, com os siltes predominantes nos dois, cujas texturas são classificadas como silte. Esses solos são ricos quando comparados com a savana. Antropogênicos, são o resultado de distúrbios culturais envolvendo queima e deposição de matéria orgânica durante um longo período de tempo. Estes distúrbios podem não ter envolvimento de enriquecimento intencional do solo, como parece ser o caso das culturas pré-históricas da Amazônia Central (Neves & Peterson 2006). Ainda é cedo para determinar intencionalidade humana na explanação dos atributos do solo per se, embora a construção e desenho do Complexo de Montículos sejam claramente resultantes de planejamento e visão futura dos povos pré-históricos. O complexo é resultante de uma cultura de distúrbios no passado, que afetou a diversidade no presente. No complexo Montícola de Ibibate, o enriquecimento do solo e o aumento da diversidade alpha e beta estão unidos pelo fato ontológico de distúrbios culturais.

**Tabela 1.** Atributos de amostras de solos de do Complex Ibibate Mound Complex (0-20 cm abaixo da superfície).

Local	pH	Ca	Mg	Na	K	Soma de bases	Saturação de bases %	Al (cmol kg <sup>-1</sup> )	P ppm	Total N %
Mound	6,3	6,7	2,4	0,13	1,0	10,2	98	–	59	0,22
Pampa	4,5	1,4	2,0	0,33	0,4	4,1	65	0,9	7	0,17

Assim, a ecologia florestal nesses casos de sucessão primária sem causas naturais é, na realidade, um artefato de cultura e sociedade. Para distinguir o impacto dos distúrbios culturais, sobre o ambiente, daqueles que não são causados pelo homem. Entretanto, os distúrbios culturais são escalares e temporais (Peterson & Parker 1998, Sheuyange et al. 2005), referindo-se, mais precisamente, à transformação da paisagem primária e secundária em uma escala humana de tempo. Para o Novo Mundo, esta escala é de aproximadamente desde o final do Pleistoceno, através do Holoceno até o presente. Em outros termos, as diversidades alpha e beta são passíveis de análise histórica, como partes do passado humano e não somente como resultantes da seleção natural e forças evolutivas em um vácuo cultural. Pesquisas futuras podem gerar muita informação sobre distúrbios culturais e o efeito, às vezes positivo, que podem ter sobre a diversidade de espécies, que em conjunto constituem muitos tipos de transformação de paisagens, incluindo pesquisas etnográficas em sociedades modernas, pesquisas arqueológicas e inventários biológicos em áreas antes ocupadas por sociedades pré-históricas. Essas pesquisas podem abordar, de maneira mais abrangente, a questão da intencionalidade na transformação de paisagens por sociedades indígenas, tanto do ponto de vista etnográfico quanto arqueológico.