

Análise das manifestações patológicas em pavimentos flexíveis nas faixas preferenciais de ônibus na avenida Teotônio segurado, Palmas –TO

RESUMO: Este estudo refere-se a patologias existentes na avenida Teotônio segurado na cidade de Palmas-TO. A cidade de Palmas enfrenta alguns problemas de infraestrutura, no que diz respeito a mobilidade é uma capital muito diferente das grandes capitais do país, e a Avenida Teotônio é uma das principais que corta a cidade no sentido Norte-Sul e conta com uma faixa preferencial de ônibus, que ao longo de sua extensão e principalmente próximo aos pontos de ônibus se nota patologias devido à grande variação de temperatura, solicitação do pavimento e frenagens constantes. Considerando estes itens, foi escolhido um trecho onde as patologias eram mais evidentes, obteve um relatório fotográfico e foram avaliados visualmente, segundo o Manual de Restauração de Pavimentos Asfálticos do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) atinente às normas TER 005/2003 e PRO 009/2003.

Palavra Chave: Pavimento Flexível. Patologia.Faixa Preferencial.

ABSTRACT: This study refers to pathologies existing in the avenue Teotônio insured in the city of Palmas-TO. The city of Palmas faces some infrastructure problems, as mobility is a capital very different from the major capitals of the country, and Avenida Teotônio is one of the main ones that cuts the city in a north-south direction and has a preferential lane. by bus, which along its length and mainly near bus stops, pathologies are noted due to the large variation in temperature, pavement demand and constant braking. Considering these items, an excerpt was chosen where the pathologies were more evident, obtained a photographic report and were visually evaluated, according to the DNIT (National Department of Transport Infrastructure) Asphalt Pavement Restoration Manual regarding TER 005/2003 and PRO 009/2003.

Key word: Flexible pavement. Pathology. Preferred range.

1.INTRODUÇÃO

A maior parte do escoamento da produção em nosso país se dá pelas rodovias, e isso se reflete tanto o transporte de mercadorias como no de pessoas a longas distâncias. O transporte no Brasil é predominantemente rodoviário, no que diz respeito ao transporte de passageiros as rodovias brasileiras representam em média 96,2% das viagens e com relação ao transporte de cargas as rodovias representam 61,8% da matriz de transporte. Segundo a Confederação Nacional do Transporte (CNT) em 2014 o modal rodoviário, foi o responsável pelo transporte de 61,1% das cargas nacionais. No entanto, na realidade brasileira dos 61 mil quilômetros de vias federais pouco mais de 7 mil quilômetros são pavimentados, um percentual que representa apenas 12% do total de vias (IPEA 2011; BERNUCCI et al., 2010).

A pavimentação no Brasil é marcada pela construção de rodovias de asfalto, muito por conta de preço de construção ser inferior ao pavimento em concreto. No entanto, o desempenho e a durabilidade das rodovias brasileiras são inferiores as desejadas, principalmente, por conta de as pistas sofrerem constantes deformações devido ao peso não controlado das cargas transportadas pelos caminhões e por conta das mudanças variações climáticas características do país (IPEA 2012).

Os pavimentos em geral são divididos em flexíveis e rígidos. Os rígidos de concreto de cimento Portland, composto por placas de concreto que são capazes de resistir aos esforços de tração e apresenta uma deformação relativamente pequenas; e os pavimentos asfálticos que são construídos com várias camadas compactadas e revestido com material betuminoso, onde as camadas desse pavimento não trabalham à tração (BERNUCCI 2010).

Como as camadas do pavimento flexível trabalham em conjunto é compreensível que a execução de sua estrutura seja mais complexa do que a de um pavimento rígido de concreto simples. No entanto, apesar de possuir uma estrutura mais simples, o estudo a ser feito quando usado o pavimento rígido é bem maior quando comparado ao pavimento flexível (NETO, 2011).

Figura 3 – Diferença estrutural dos pavimentos.



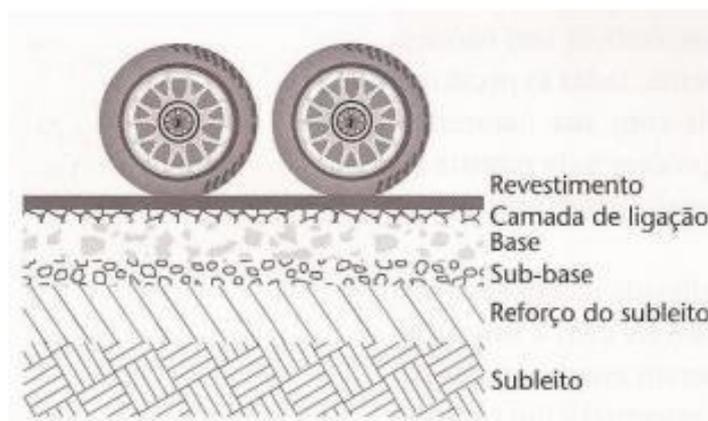
Fonte: ABCP, 2014.

Uma das comparações mais relevante com relação aos dois tipos é em relação aos custos envolvidos na execução e manutenção. Com a vantagem do menor custo de execução, o pavimento flexível tem desvantagem quanto se refere a durabilidade, o pavimento rígido, é mais resistente e exige uma menor manutenção, contudo, mesmo com seu custo de execução sendo mais elevado ele tem uma durabilidade maior, tendo em conta que, mesmo submetidos ao tráfego intenso não oxida, não sofre deformação plástica, não forma trilhos de rodas e nem buracos (CARVALHO, 2007).

O cimento asfáltico de petróleo (CAP), matéria prima dos revestimentos asfálticos, é resultado do refinamento do petróleo cru, com fim específico de atender as necessidades da pavimentação. Os CAP possuem grande quantidade de betume, hidrocarbonetos não voláteis pesados, e possuem cor negra ou marrom muito escuro. Além disso é uma substância viscosas e com propriedades ligantes (BRASIL, 1994).

Segundo Quirino (2013) os pavimentos flexíveis são estruturas compostas múltiplas camadas que trabalham em conjunto, cada uma delas absorvendo parte das solicitações impostas e transmitindo o restante às camadas localizadas em níveis inferiores.

Figura 4 – Seção típica de um pavimento flexível.



Fonte: Balbo,2007.

A base, camada que fica situada abaixo do revestimento é a camada mais importante do pavimento em termos estruturais, pois tem a função de resistir a elevadas tensões de cisalhamento determinadas na superfície pelas cargas concentradas e de distribuir essas cargas às camadas inferiores ou ao subleito. A sub-base, por sua vez, exerce uma função semelhante à da base, contudo nem todos os pavimentos possuem essa camada. Nos pavimentos de grande espessura podem ser incluídas diversas camadas a título de sub-bases, denominadas reforço do subleito (QUIRINO, 2013).

Por último, a que recebe diretamente o esforço dos veículos é a de revestimento essa camada deve ser tanto quanto possível impermeável e resistente aos esforços de contato pneu-pavimento em movimento. Na maioria dos pavimentos brasileiros usa-se como revestimento uma mistura de agregados minerais com ligantes asfálticos numa proporção próxima de 90% a 95% de agregados e 5% a 10% de material betuminoso (BERNUCCI et al.,2010; GRECO, 2010).

As propriedades do CAP são diretamente afetadas pelas variações climáticas. As variações de umidade e temperatura são fatores associados às variações dos materiais e concomitantemente ao desgaste do pavimento, uma vez que, suscetibilidade térmica do ligante está diretamente ligado ao comportamento futuro do pavimento (SONCIM, 2011; BERNUCCI et al., 2010).

Segundo a Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2004) a região do Tocantins possui raras chegadas de massas de ar frio, logo, as variações de temperatura ao longo do ano são pequenas. No entanto, as temperaturas alcançadas no Estados são altas. As temperaturas médias anuais de 26,9 °C, onde as máximas atingem até os 39,6 °C e mínima de 21,4 °C. A umidade relativa média do ar apresenta média de 71,6% durante o ano.

Segundo Brito e Heller (2016) a temperatura causa um efeito de envelhecimento acelerado nos pavimentos. Por conta do aumento da viscosidade e enrijecimento de pavimentos flexíveis ao longo do tempo, os ambientes que apresentam temperaturas mais elevadas, geralmente, possuem pavimentos mais frágeis e suscetíveis ao desgaste precoce.

Por conta dessas características o pavimento brasileiro requer constante manutenção e processos de restauração, que nem sempre ocorrem. Dada as dificuldades enfrentadas no país com relação aos pavimentos, tem sido crescente o estudo de novas técnicas de restauração, e aplicação de soluções alternativas para a recuperação da capacidade estrutural das rodovias (BERNUCCI et al., 2010).

2.MATERIAIS E MÉTODOS

Na etapa inicial desta pesquisa, realizou-se visitas na avenida Teotônio Segurado com o intuito de localizar os pontos mais críticos da avenida. Observou-se que é uma faixa que tem uma grande solicitação de carga durante boa parte do dia e que houve uma operação tapa buracos a pouco tempo em alguns trechos da via.

Em momento posterior, fez-se a escolha do trecho percorrido para visualizar o qual faria parte da pesquisa . Foi escolhido o trecho entre o sinal e faculdade CEULP/UBRA-Centro Universitario Luterano de Palmas, um percurso que da em média 500m no sentido norte sul , conforme indica a Figura 5.

Os materiais utilizados no levantamento realizado foram simplificados devido à classificação das patologias de pavimentos flexíveis, quanto ao valor de serventia atual (VSA) empregada pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT [10], serem somente de cunho visual. Portanto, utilizaram-se: máquina fotográfica , trena , prancha com papel e caneta .

Figura 5. Vista Aérea do Trecho, destacado.



FONTE: Adaptado de Google Earth, 2019.

Foram realizadas algumas visitas no percurso sentido norte-Sul, ao longo do período entre julho e agosto de 2019. Entretanto, antes de iniciar o levantamento das manifestações patológicas, fez-se necessário estabelecer critérios para a avaliação visual do pavimento. Neste caso, foram norteados pela norma do DNIT [10], que preconiza os procedimentos exigíveis para a avaliação da superfície de pavimentos flexíveis e semirrígidos, baseado no seu valor de serventia atual (VSA) — indica o grau de conforto e suavidade ao rolamento proporcionado pelo pavimento.

O VSA é uma atribuição numérica compreendida em uma escala de 0 a 5 (Tabela 1), dada pela média de notas de avaliadores para o conforto ao rolamento de um veículo trafegando em um determinado trecho, em um dado momento da vida do pavimento.

Tabela 1. Níveis de Serventia.

Padrão de Conforto e rolamento	Avaliação (Faixa de notas)
Excelente	4 a 5
Bom	3 a 4
Regular	2 a 3
Ruim	1 a 2
Péssimo	0 a 1

Fonte: Bernucci, 2008.

O estudo ocorreu percorrendo o trecho, visualizando as patologias de acordo com as exemplificadas pela classificação, onde se faziam registros fotográficos e escritos descrevendo tal defeito. Quando possível, fez-se medições de algumas patologias, como comprimento de trincas, por exemplo. Ressalta-se, no entanto que, medir os defeitos naquela via foi dificultoso, devido ao tráfego intenso de ônibus e carros utilitários. O avaliador considerou principalmente as panelas, saliências, irregularidades transversais e longitudinais da superfície. Grandes depressões resultantes do recalque de aterros deveriam ser ignoradas segundo a especificação do DNIT [12].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O levantamento dos defeitos dessas superfícies tem por finalidade avaliar o estado de conservação dos pavimentos asfálticos, permitindo um diagnóstico da situação funcional. Com isso permite estabelecer soluções tecnicamente adequadas, indicando as melhores alternativas para a manutenção ou restauração da referida estrutura. No que tange as patologias encontradas nos trechos em estudo, tem-se dentre outras causas, para a deterioração do revestimento: grande movimentação de ônibus, já que se trata de uma faixa preferencial e veículos de passeio; a grande variação climática, altas temperaturas e grande volume de chuvas.

A origem das patologias no pavimento está ligada, entre outros fatores, pela má execução do projeto, problemas construtivos, falha na seleção dos materiais, utilização de materiais com uma resistência menor que prevista em projeto, falta de conservação e manutenção quando necessário. Com todos esses fatores provocam a perda estrutural do revestimento e das demais camadas, ocasionando problemas no rolamento, conforto e segurança da via.

3.1 TRINCAS E FISSURAS

Nos trechos em estudo foram observadas trincas: longitudinais; transversais; em bloco e “couro-de-jacaré” (Figura 8). Baseado nas literaturas [10], [13], [14],[15], [16] e [17], aplicando a essa situação, têm-se como principais motivos para os defeitos, respectivamente: ligação inadequada entre as camadas do pavimento; contração devida a alta temperatura da região, além da contração da capa asfáltica devido a alta temperatura, deve se considerar as deformações repetidas pelo tráfego intenso e espessura insuficiente do revestimento.



Figura 8 -Trincas couro de jacaré

3.2 DETERIORAÇÕES DOS REMENDOS

Panela preenchida com uma ou mais camadas de pavimentação, removida e substituída após a construção inicial. Assim como a avaliação do nível de qualidade em que se encontra o pavimento, a forma de execução depende igualmente do tipo de defeito apresentado. Observou-se tal patologia em diversos trechos da Avenida Teotônio Segurado. Aponta-se como possível causa dessa deterioração, incidente nos trechos em estudo, o escorregamento da mistura asfáltica após a má-execução dos remendos e erros de dosagem da mistura asfáltica, agravada pelo aumento da temperatura e excesso de carga, conforme se visualiza na Figura 9.



Figura 9 - Remendo com escorregamento da mistura asfáltica.

3.3 PANELAS

Panelas são cavidades no revestimento asfáltico, geralmente com forma circular, podendo ou não atingir camadas subjacentes. Esses pontos de fraqueza do pavimento, geralmente causados pela falta de aplicação de asfalto ou por ruptura da base associada a uma falta de drenagem, evoluem, sob a ação do tráfego e em presença de água, para uma fragmentação, até a remoção de partes do revestimento e/ou da base.

Encontraram-se ao longo do trecho, várias panelas de magnitudes variadas. Ficou inviável a medição das panelas devido ao grande fluxo de veículos. Várias são as causas destas patologias, dentre as várias encontradas na avenida Teotônio Segurado, apontam-se na figura 10 e 11 as de maiores profundidades.



Figura 10 – Painha Profunda

Na figura acima, viemos a observar que o defeito no pavimento seja apenas no revestimento, enquanto na Figura 11 se nota defeito estrutural da camada abaixo, levando em conta que a patologia era profunda ao ponto de ver a base do pavimento.



Figura 11 -Painha Profunda

Em alguns trechos verificou-se que as panelas, conforme Figura 12, surgem num primeiro estágio no revestimento apresentando dimensões variadas. Começa com trincas por fadiga passando para uma degradação maior na superfície do pavimento. Talvez causada pela má adesividade entre o revestimento e a camada abaixo dele.



Figura 12 – Painela com trincas.

3.4 DEFEITOS DE SUPERFÍCIE

Levando em conta as patologias relativas aos defeitos de superfície, baseando-se nas referências [20], [11],[12] e [15], encontraram-se afundamentos de trilhas de rodas, envelhecimento de misturas asfálticas, soltamento de agregado da mistura, escorregamento do revestimento. Notou-se que as patologias como desprendimento de agregado da mistura, conforme Figura 13, trilhas de roda e escorregamento do revestimento (Figura 14), se concentram em determinados trechos, enquanto o envelhecimento da mistura se encontra por todo o trecho onde não se realizou a operação tapa-buraco.



Figura 14 -Escorregamento de revestimento

Patologias devido à falta de drenagem superficial, conforme Figura 15, também são comuns na região. Afundamento do revestimento atrapalhando a drenagem da avenida, observado na Figura 15, em relação ao nível do revestimento foi igualmente encontrado. Os afundamentos de revestimento, exposto na Figura 14, apresentam além da depressão na região das trilhas de rodas um sollevamento lateral, que é causado pela ruptura das camadas do pavimento em decorrência da ação do tráfego.



Figura 15 – Desnível da canaleta

3.5 Incidências das principais patologias e valor de serventia atual

Para verificar uma comparação mais clara, foram separadas em quatro grupos: 1) Defeitos de Superfície e de Drenagem (Elevação, Trilha de Roda, Borrachudo, Levantamento, Afundamento, Ondulações, Desgaste, Canaletas desniveladas, Falhas na Sarjeta, Falta de Drenagem Superficial, entre outros); 2) Panelas; 3) Deterioração do Remendo; e 4) Trincas (Fissuras, Trincas Longitudinais, Trincas transversais, Trincas em Bloco, Trincas “Couro-de-Jacaré”), como mostra a tabela 2.

Patologias	Quantidade
Defeitos Superfície	10
Panelas	4
Deteorização dos Remendos	7
Trincas e fissuras	5

Tabela 2 -Patologias no trecho de estudo

Ao analisar a Tabela 2 , é notável a observação da superioridade das patologias enquadradas como Defeitos de Superfície, entre elas, destaca-se, a falta de estrutura nas camadas subjacentes. Justamente onde se notou esse defeito,observou-se que , com a falta de drenagem da via, defeitos de superfícies como trincas e pequenas ondulações acaba avançando com facilidade para outras patologias por diversos motivos. As ondulações aparecem principalmente em paradas de ônibus e cruzamentos , provenientes de problemas com o subleito. As demais patologias deste grupo obtiveram pequenas amostras, se comparadas com as demais.

Verifica-se a alta incidência de remendos e trincas no trecho em estudo. O grande número de remendos observados podem ser explicados quando se compreende que o começo da patologia é a fadiga prematura do revestimento, causada pela falta de suporte das camadas inferiores (base e/ou sub-base), o que caracteriza como consequência do pavimento na Avenida Teotônio que geralmente possui somente duas camadas: o subleito e o revestimento.

O grande número de trincas listadas é explicado pelo agrupamento de todos os tipos reunidos em um grupo maior. O fator que explica o grande número desse tipo de patologia é a grande variação climática da capital, capaz de danificar um revestimento mal executado, juntamente com um subleito de pouca resistência, deixando a estrutura exposta à ação erosiva da água e intempéries.

De outro modo, estabeleceu-se que o VSA do pavimento que diminui com o passar do tempo, resultado do tráfego intenso e intempéries. O clima tropical predominante no estado contribui para a aceleração do desgaste do pavimento, já que a água da chuva pode provocar queda de capacidade de suporte, que com a solicitação do tráfego intenso sofre danos estruturais e de superfície. O pavimento já trincado na superfície facilita a entrada de água e, conseqüentemente, aumenta os danos do pavimento. Quando esses danos atingem valores baixos de serventia, devem ser efetuadas as manutenções corretivas.

Baseado na avaliação proposta pela especificação do DNIT, obteve-se para o trecho, o resultado do VSA=2,6 onde 0 é péssimo e 5 excelente. Caracterizando a serventia da via como regular. Este resultado pode ser explicado quando se constata que o pavimento da avenida neste trecho possui um expressivo número de trincas de grandes dimensões, remendos e ondulações que comprometem o conforto, além da ausência de drenagem superficial.

4.CONCLUSOES

Um dos motivos para o grande número de patologias existentes no trecho estudado é o grande tráfego de veículos de transporte público, já que se trata de uma via exclusiva para ônibus, porém não apresenta capacidade nas camadas subjacentes para suportar esse tipo de carregamento, juntamente com a grande variação climática que vem de períodos de grande estiagem e de intensas chuvas ligadas as altas temperaturas.

Notou-se que os defeitos mais comuns no trecho são as falhas de superfície e drenagem, devido à falta de manutenção preventiva, execução correta e uso de material apropriado.

Em alguns trechos somente com a manutenção preventiva pode se resolver o problema, porém em outros terá que fazer um melhor preparo nas camadas abaixo, como por exemplo em paradas de ônibus localizadas próximo a CEULP/ULBRA e cruzamentos.

Os índices de serventia encontrados, para o trecho estudado, variaram de regular a ruim. Entende-se que o trabalho de mapeamento das patologias é de grande importância para a posterior identificação dos problemas e aplicação da manutenção corretiva.

REFERÊNCIAS

- 1 IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Gargalos e demandas da infraestrutura rodoviária e os investimentos do PAC**: mapeamento IPEA de obras rodoviárias. Texto para discussão, Brasília: Livraria do IPEA, n. 1592, 62 p, 2011.
- 2 BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação Asfáltica**: Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2010.
- 3 IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Rodovias brasileiras**: Investimentos, concessões e tarifas de pedágio. Brasília: Livraria do IPEA, n. 144, 20 p, 2012.
- 4 ABCP – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Curso de Tecnologia de Pavimentos de Concreto**. Módulo 2 – Projeto e Dimensionamento dos Pavimentos. 2014. (Apostila).
- 5 CARVALHO, M. D. Pavimento de concreto: Reduzindo o custo social. **Vias Concretas**. mar.2007. Disponível em: < http://viasconcretas.com.br/wpcontent/uploads/2013/02/2007_Artigo_Pavimento-de-concreto_Reduzindo_ocustosocial.pdf >. Acesso em: 24 out. 2017.
- 6 BRASIL. DNER – Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. DNER – ME 004/94: Material betuminoso – determinação da viscosidade Saybolt-Furol de materiais betuminosos a alta temperatura e estabelece valores quanto à repetibilidade e reprodutibilidade. Rio de Janeiro,1994.
- 7 QUIRINO, M. E. P. **Recuperação de pavimentos flexíveis em áreas de taxiamento de aeronaves**: um estudo de caso da pista FOX-2 do Aeroporto Internacional Tancredo Neves – MG. 2013. 79 p. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- 8 SONCIM, S. P. **Desenvolvimento de modelos de previsão de desempenho de pavimentos asfálticos com base em dados da rede de rodovias do Estado da Bahia**. 2011. 241 p. Tese (Pós-Graduação em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011
- 9 BRITO, L. A. T.; HELLER, L. **Influência da temperatura no comportamento de Pavimentos Flexíveis** – Uma análise direcionada às ilhas de calor. 1049 p. 2016.
- 10 Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 005/2003 – TER: *Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos* – Terminologia. Rio de Janeiro: IPR, 2003.
- 11 Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 006/2003: *Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-rígidos* – Procedimento. IPR, 2003.
- 12 Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. DNIT 009/2003 – PRO: *Avaliação subjetiva da superfície de pavimentos flexíveis e semi-rígidos* – Procedimento. Rio de Janeiro: IPR, 2003.
- 13 Domingues, F. A. A. *Manual para Identificação de Defeitos de Revestimento Asfálticos de Pavimentos*. São paulo, 1993.
- 14 Rocha, R. S. & Costa, E. A. L. *Patologias de Pavimentos Asfálticos e suas Recuperações - Estudo de Caso da Avenida Pinto de Aguiar*. Universidade Católica de Salvador: Bahia, 2009.
- 15 Rodrigues, J. K. G., Morais, C. A. S., Lucena, A. E. F. L., Lucena, L. C. F. L. *Manual: Avaliação, Manutenção e Restauração de pavimentos de vias públicas*. Campina Grande: EDUFCG, 2009.
- 16 Souza, Maurício José de. *Patologias em Pavimentos Flexíveis*. Trabalho de Conclusão de Curso. São Paulo 2004.
- 17 Yoshizane, Prof. Hiroshi Paulo. *Defeitos, Manutenção e Reabilitação de Pavimento Asfáltico*. Universidade Estadual de Campinas, Centro Superior de Educação Tecnológica CESET, Limeira, 2005.
- 18 GUIMARÃES NETO, G. L. **Estudo Comparativo entre a Pavimentação Flexível e Rígida**. 2011, 80 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia (CCET), Universidade da Amazônia (UNAMA), Belém, 2011