



Este artigo está licenciado sob uma licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-SemDerivações a criação de obras derivadas 3.0 Unported.

Você tem direito de:

Compartilhar — copiar e redistribuir o material em qualquer suporte ou formato.

De acordo com os termos seguintes:

Atribuição — Você deve dar crédito ao autor.

Não Comercial — Você não pode usar o material para fins comerciais.

Sem Derivações — Você não pode remixar, transformar ou criar a partir do material.



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 3.0 Unported License.

You are free to:

Share — copy and redistribute the material in any medium or format

Under the following terms:

Attribution — You must give appropriate credit.

NonCommercial — You may not use the material for commercial purposes.

NoDerivatives — You cannot remix, transform, or build upon the material.

**ANÁLISE DAS DESAPROPRIAÇÕES DE TERRAS
NOS ESTUDOS DE VIABILIDADE DE OBRAS DE
INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES**

**ANALYSIS OF LAND EXPROPRIATIONS IN FEASIBILITY
STUDIES OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE PROJECTS**

**Luciano Lourenço da Silva¹, Osmar Abílio de Carvalho Júnior²,
Renato Fontes Guimarães², Roberto Arnaldo Trancoso Gomes²,
Anesmar Olino de Albuquerque², Argélica Saiaka Luiz²,
Gabriela de Oliveira Romão², Nathália Siva Costa² &
Pedro Coutinho Mendonça²**

¹Empresa de Planejamento e Logística (EPL) / Ministério dos Transportes
Edifício Parque Cidade Corporate - Torre C, SCS Quadra 9, Lote C, 7º e 8º andares
70.308-200, Brasília, DF, Brasil
lu_lourenco@terra.com.br

²Universidade de Brasília – Departamento de Geografia
Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte, 70910-900, Brasília, DF, Brasil.
{osmarjr, renatofg, robertogomes}@unb.br,
{anesmar_2000, gaby_romao}@hotmail.com;
{argelicasaiaka, nathalia.costa18}@gmail.com; pcmendonca@uol.com.br

Recebido 22 de maio de 2014, aceito 17 de agosto de 2014

RESUMO - O processo de desapropriação de terras é um grande problema para projetos de infraestrutura de transporte, uma vez que este processo é sempre lento e socialmente sensível. Portanto, a adoção de estratégias para mitigar os problemas de desapropriação é essencial para evitar problemas futuros. O emprego de simulações é uma ferramenta importante para o planejamento, permitindo analisar diferentes cenários e definir a melhor opção do trajeto a partir de diferentes variáveis em uma matriz de decisão. Portanto, os estudos anteriores de desapropriação fornecem elementos que permitem definir medidas para mitigar os impactos sociais e riscos durante as obras. O objetivo dessa pesquisa é desenvolver uma metodologia para a análise preliminar de desapropriação em estudos de vias federais. No presente estudo é analisada uma das trajetórias simuladas para uma

ferrovia para trens de alta velocidade entre o Rio de Janeiro e São Paulo. O resultado demonstra que a hipotética via férrea produz baixos impactos sociais, em comparação com outras vias federais.

Palavras-chave: desapropriação; reassentamento voluntários; simulação; traçado; eficiência social.

ABSTRACT - The land expropriation process is a huge problem for transport infrastructure projects, since this process is always slow and socially sensitive. Therefore, adoption of strategies to mitigate the expropriation problems is essential to avoid future problems. The use of simulation program is an important tool for planning, allowing analyze different scenarios and improve path option from different variables in a decision matrix. Thus, previous studies of expropriation provide elements that enable to define measures to mitigate the social impacts and risks during the works. The objective of this research is to develop a methodology for preliminary analysis of expropriation in federal railways studies. In the current study is considered one of the simulated trajectories for the high-speed train between Rio de Janeiro and São Paulo. The result shows that the hypothetical railway produces low social impact in comparison with other federal transportation routes.

Keywords: expropriation; involuntary resettlement; simulation; trace; social efficiency.

INTRODUÇÃO

Vários empreendimentos sofrem atrasos ou ficam no papel devido aos problemas de projeto, licenciamento ambiental e de desapropriação, que se tornam grandes entraves aos investimentos em infraestrutura e força o Estado a aperfeiçoar suas técnicas e metodologias de trabalhos. Para empreendimentos lineares (rodovias, ferrovias, dutos, canais, linhas de transmissão, etc.), obras que necessitam de grandes frentes de serviços, a questão da remoção da população ocupa papel de

destaque. A desapropriação é um procedimento moroso e que, se não adotada as devidas providências, pode interferir negativamente nos custos e nos prazos dos empreendimentos. Destarte, é necessário atuar na correção desses problemas por meio de um processo contínuo de melhoria e aperfeiçoamento do aparato técnico e das metodologias de trabalho. Neste contexto, o planejamento ocupa posição de destaque, pois a melhor forma de tratar um problema é evitar que ele ocorra.

A análise das diretrizes de traçado durante a fase de estudos de viabilidade pode evitar os impactos sociais do futuro empreendimento, desviando de pontos sensíveis e conflitantes, tais como grandes ocupações urbanas, sedes de fazendas, prédios públicos e institucionais, indústrias dentre outros. O estudo prévio das remoções contribui para melhorar o desempenho socioambiental do empreendimento e para evitar eventuais atrasos ou acréscimos de valores da obra em função da desobstrução da faixa de domínio.

O presente trabalho tem como objetivo propor uma metodologia para identificar e quantificar os imóveis atingidos pela implantação de uma via para fins de desapropriação. No estudo em questão é adotada uma das inúmeras trajetórias simuladas para o Trem de Alta Velocidade entre Rio e São Paulo (TAV RJ-SP), que se mostrou adequada para o desenvolvimento metodológico e permite estabelecer uma estimativa inicial da dimensão de área que será desapropriada com a implantação da obra.

Estudos de Viabilidade Técnica, Econômica e Ambiental

O Manual de Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários do DNIT (2006) define o Estudo de Viabilidade Técnico, Econômica e Ambiental - EVTEA o conjunto de estudos desenvolvidos para avaliação dos benefícios sociais e econômicos decorrentes dos investimentos em implantação do projeto. A avaliação apura se os benefícios estimados superam os custos com

os projetos e execução das obras previstas, computando também os valores ao longo do período entre o início da realização dos investimentos e o final da vida útil considerada. A partir desse fluxo de caixa, são calculados os indicadores de viabilidade tais como Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e relação entre o Benefício e o Custo (B/C), bem como apresentada a respectiva análise de sensibilidade, onde se majora os custos simultaneamente com a minoração dos benefícios.

O EVTEA identifica a alternativa técnica, ambiental e economicamente mais viável dentre as disponibilizadas para a análise, em infraestrutura de transportes. Os estudos são desenvolvidos em duas fases: preliminar e definitiva. Na Fase Preliminar são desenvolvidos estudos ambientais, estudos de traçado, estudos de tráfego e estudos socioeconômicos. Já na Fase Definitiva são definidos e calculados os custos e os benefícios, realizando a comparação entre eles.

É fundamental nesta etapa analisar os traçados sob o ponto de vista de remoção da população e a interferência com pontos sensíveis e conflitantes, tais como grandes ocupações urbanas, sedes de fazendas, prédios públicos e institucionais e industriais. Esta análise deverá ser realizada nas simulações a um nível mais macro e após definida uma diretriz de traçado ser realizado um refinamento de eventuais pontos de conflitos.

A atenção com as desapropriações se traduzirá em benefícios diretos e indiretos ao empreendimento, tais como, a evolução social por meio da renda e da redistribuição adequada da população domiciliada na região estudada. Além de evitar eventuais prejuízos originários de atrasos na liberação de frentes de serviços devido aos imbróglis das desapropriações.

Dentre as alternativas de traçado devem ser selecionadas as melhores para que após uma análise multicritério se defina a melhor solução, em termos de eficiência técnica, econômica e socioambiental. Segundo Jannuzzi *et al.* (2009), a

análise multicritério consiste em um conjunto de técnicas que auxiliam na tomada de decisão sobre um problema complexo, avaliando e escolhendo alternativas para solucioná-lo segundo diferentes critérios e pontos de vista, envolvendo conhecimento multidisciplinar (técnico, político, social, ambiental, econômico, etc.). Os estudos socioeconômicos do projeto devem permitir a caracterização social das famílias deslocadas, infraestrutura pública que serão afetadas, magnitude das perdas físicas e econômicas (total ou parcial), condicionantes ambientais e grupos ou pessoas vulneráveis.

Simulações de Traçado

Conforme Pereira (2009), sem a utilização de recursos computacionais torna-se inviável o desenvolvimento de novas tecnologias e de soluções para os problemas, o que demonstra a importância das simulações computacionais na solução da maioria dos problemas de engenharia. Nas últimas décadas, as simulações computacionais vêm adquirindo crescente importância em, praticamente todas as áreas de engenharia o que contribui para a redução considerável de custo, tempo, recursos consumidos nos processos produtivos, otimização dos procedimentos de avaliação de eficiência e eventuais alterações nas fases posteriores do projeto. Tudo isso auferir maior confiabilidade e qualidade aos produtos finais.

No setor de transportes as simulações podem ser utilizadas em estudos geotécnicos, tais como comportamento de maciços, construções de túneis e estudos de traçados. Por meio de modelagem é possível representar um sistema de forma adequada e prever seu comportamento de maneira simplificada e próxima à realidade, permitindo visualizar e pensar sobre o sistema, auxiliando na tomada de decisão e aprimoramento das técnicas envolvidas no projeto.

Um dos principais programas de planejamento e otimização de rotas de transporte é o Quantm, que estabelece automaticamente trajetórias de baixo

custo a partir de critérios estabelecidos pelo usuário (Gipps, 1992; Gipps and Gu, 1998, Gipps *et al.* 2001). O Sistema Trimble Quantm permite trabalhar com vários projetos em paralelo, cenários, diretrizes e traçados, fornecendo resultados rápidos dos processos de análise, revisões, alterações de restrições, condições de contorno e geração de relatórios. O programa Quantm já foi utilizado em vários projetos no mundo (Olsson, 2013, Wardrop, 2009; Howie *et al.* 2007).

As modelagens automatizadas proporcionam melhor tratamento para as restrições de projeto, redução de impactos ambientais e redução de custos, como por exemplo, minimização do custo de terraplanagens e estruturas/OAE. Nas simulações, as informações de entradas (*inputs*) são fundamentais para aproximação da realidade e melhoria na precisão dos resultados. Desta forma, quanto mais informações, melhor será o resultado, do ponto de vista das desapropriações é importante possuir uma base de dados consistentes e que permita identificar os pontos sensíveis ao longo do corredor.

Nas simulações, a análise das desapropriações pode ser realizada em duas etapas diferentes, uma inserindo as zonas de passagens restritas ou proibidas, com seus respectivos valores, e outra fase relacionada à análise pormenorizada da alternativa escolhida para sugerir alterações visando reduzir ou eliminar os impactos em determinada zona de conflito.

A delimitação desses polígonos na primeira fase é importante (**Figura 1**), pois poderá influenciar diretamente na diretriz do traçado ou então na solução de engenharia que será adotada. Por exemplo, para uma área urbanizada com uma ocupação densa o sistema poderá interpretar o polígono como uma zona a ser evitada (*avoid zone*) e desta forma desviar a diretriz do traçado ou então adotar uma solução de passagem em túnel, de forma a não haver qualquer intervenção na superfície. Perceba que em qualquer solução a ser adotada, o polígono de desapropriação está interferindo no custo da obra, pois poderá aumentar o



Figura 1: Simulação de Traçado Desviando de Manchas Urbanas (“Avoid Zones”)

comprimento do traçado ou então aumentar o custo por meio da solução em túnel que é uma obra de engenharia cara e complexa.

Entretanto a escolha não é automática, pois o algoritmo de decisão baseia-se em custo e quando ocorrer a “disputa” entre a solução em superfície (impacto de desapropriação) e a solução em túnel, se considerado unicamente o fator custo, geralmente a solução em túnel será mais cara do que as obras em superfície, mesmo considerando os custos de liberação das áreas. Entretanto, é necessário ponderar outros fatores, tais como, menor impacto social e muitas vezes político, segurança operacional, redução de acidentes, melhor solução para trânsito local (evitar congestionamentos de cruzamentos), eficiência ambiental, entre outros. Percebe-se então que é necessária muita atenção quando se atribui informações aos polígonos de desapropriação.

Na definição dos polígonos de desapropriação e de seus atributos podem ser utilizados parâmetros que auxiliem no problema citado acima. Por

exemplo, estabelecer que polígonos que possuam um determinado número de construções sejam evitados, ou então, estabelecer polígonos sobrepostos de forma a representar um custo adicional aos tradicionais custos de desapropriação (indenização de terra nua mais benfeitorias).

Vale destacar que a desapropriação é um processo lento, complexo e muitas vezes traumático. O processo de desapropriação pode impactar diretamente os custos dos empreendimentos, como por exemplo, atrasos de cronogramas e aumento de distância média de transporte. Soma-se o apelo social que possui, uma vez que pode mobilizar movimentos sociais que sensibilizem a opinião pública.

Análise do Traçado quanto à Desapropriação

A ferrovia em estudo atravessa vários municípios, e em que pese o caráter de preservação dos impactos socioambientais que sempre nortearam os estudos deste traçado, causará impactos diretos e indiretos para a população ao longo do traçado implicando no deslocamento involuntário de famílias de suas moradias ou do local de exercício de atividades econômicas.

Esse deslocamento afetará não somente a vida cotidiana das famílias, como também as relações sociais e comunitárias existentes nas áreas de influência direta e indireta. As situações encontradas ao longo da ferrovia são muito diversas, visto que ela atinge áreas rurais e áreas urbanas, grandes e pequenas propriedades, favelas e condomínios de alto padrão, ambulantes e grandes indústrias.

Reconhece-se, sem dúvida, a magnitude dos impactos causados por desapropriações, ou por reassentamentos involuntários, na vida dos atingidos, e é por isto que o traçado foi orientado no sentido de evitar ao máximo os deslocamentos populacionais originários do projeto, como por exemplo, no que se refere às alternativas de traçado buscou-se garantir a permanência dos

moradores em seus locais de origem, evitando comprometer seus modos de vidas e seus bens de uso comum.

Inevitavelmente, a implantação da ferrovia necessita da desocupação do espaço físico da sua faixa de domínio e da área para as instalações operacionais, e por consequência, é preciso desapropriar bens e/ou o deslocar uma parcela da população.

Desta forma, durante os estudos de traçado da ferrovia buscou-se estudar detalhadamente eventuais conflitos da obra com o meio socioambiental (**Figura 2**). Desde o início, as análises multidisciplinares buscaram harmonizar a solução escolhida com as premissas estabelecidas para o projeto, tais como, parâmetros de engenharia, estudos geológico-geotécnicos, meio ambiente, patrimônio artístico, histórico e cultural e desapropriação.

Pontos sensíveis, sob o aspecto da desapropriação, foram identificados, discutidos e quando possível foram adotadas soluções para minimizar ou eliminar o conflito. Estes estudos auxiliarão nos procedimentos de desapropriação na fase executória, pois além de mitigar questões sociais também se evitará processos de desapropriação judicial, o que proporciona a redução dos custos, como por exemplo, ao se desviar de uma grande planta industrial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição da base de dados utilizada para o mapeamento

O mapeamento foi realizado, utilizando-se ortofotografias digitais com um metro de resolução espacial obtidas da empresa EMPLASA e do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Este mapeamento foi realizado a partir da plataforma ArcGIS versão 10 da Environmental System Research Institute (ESRI).

Os polígonos de desapropriação foram classificados de forma a permitir,

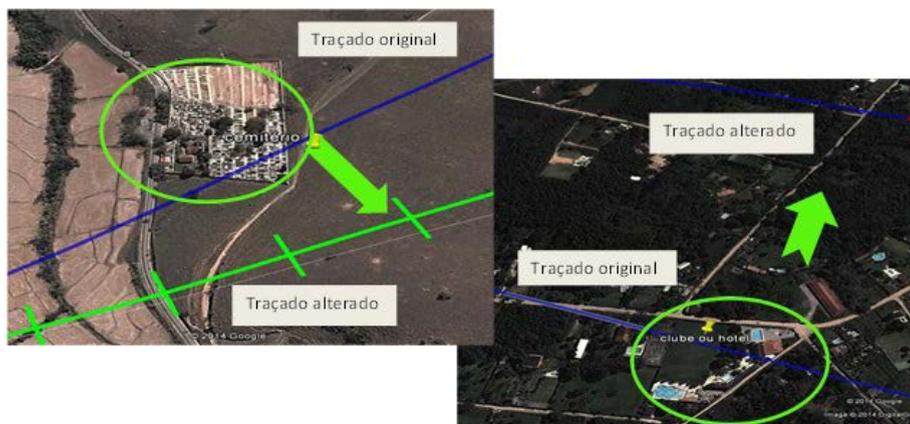


Figura 2: Ajustes no Traçado Devido à Interferência

não somente a atribuição de restrições de passagens, parcial ou total, mas também sua classificação de uso e ocupação, contribuindo para o estudo do perfil socioeconômico da população atingida.

As classes foram definidas de forma a possibilitar o cruzamento de informações com as informações socioeconômicas do censo do IBGE e com os padrões construtivos do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, o que facilitará, em fases posteriores, a atribuição de valores unitários e, por conseguinte a obtenção de estimativas de valores para as indenizações de áreas construídas.

Foram criadas as classes referentes aos objetos de desapropriação que representam todos os imóveis presentes ao longo do traçado. Desta forma, os polígonos foram classificados em duas grandes categorias Urbana e Rural que por sua vez apresentam subdivisões.

Classe Urbana

a. Áreas construídas:

- Edificações: Favelas; Baixa Renda; Média Renda; e, Alta Renda;
- Conjunto Habitacional Vertical: Baixa Renda; Média Renda; e, Alta Renda;
- Conjunto Habitacional Horizontal: Baixa Renda; Média Renda; e, Alta Renda;
- Verticalização;
- Industrial;
- Misto Residencial-Industrial;
- Institucional/Público;
- Infraestrutura;
- Galpões;
- Especial: se não houver enquadramento em nenhuma das outras classes, um campo adicional informará características da benfeitoria.

b. Terra Nua:

A classificação de terras nuas urbanas seguiu as mesmas classes das áreas construídas urbanas, entretanto separados por municípios.

Classe Rural

a. Áreas construídas:

- Edificações Rurais: Baixa Renda; Média Renda; e, Alta Renda;
- Exploração Mineral: em um campo de informação deve ser informado o minério explorado, por exemplo, areal, pedreira, etc.;
- Instalações Rurais: equipamentos e instalações, tais como: silos, fábricas

de ração, irrigação, currais, etc.;

- Cultura Permanente;
- Cultura Temporária;
- Reflorestamento;
- Açude;
- Galpões;
- Especial: se não houver enquadramento em nenhuma das outras classes, um campo adicional informará características da benfeitoria.

b. Terra Nua: que também foram classificadas por municípios

- Rural;
- Rural Chácara: ocupações caracterizadas pelas pequenas dimensões das propriedades geralmente com moradias;
- Rural Loteável: propriedades nas adjacências dos perímetros urbanos com potencial de urbanização.

Quantificação das Remoções

Conforme já citado anteriormente, a forma de concepção dos polígonos de desapropriação permite, por meio do cruzamento de informações da faixa de domínio da ferrovia com os polígonos interceptados pela mesma, que se obtenham informações qualitativas e quantitativas sobre as desapropriações.

Assim as informações sobre a área atingida podem ser obtidas de forma automatizada, podendo realizar a contagem do número de domicílio de forma direta ou indireta.

Contagem por Meio de Fatores de Ocupação

Na contagem por meio de fatores de ocupação a quantificação do número de domicílios é obtida por meio da aplicação de fatores de ocupação que se baseiam em densidade de ocupação para cada tipo de classificação.

Para cada tipo de zona, a densidade de área total construída é estimada por observação visual na imagem de satélite de vários exemplos representativos desse padrão de ocupação, além de cálculos auxiliares. Para a determinação da densidade de ocupação foram utilizados três fatores:

$$\text{Densidade} = \text{Fator 1} \times \text{Fator 2} \times \text{Fator 3}$$

Onde:

- Densidade: fornecerá a quantidade de área construída por área geográfica do polígono;
- Fator 1: Proporção de área de quadras em relação à área geográfica total. Descontada, fundamentalmente, a área ocupada com o sistema viário (ruas e calçadas), praças e eventuais áreas não subdivididas englobadas no polígono. A área de quadras resultante é a fração da área geográfica disponível de forma líquida para edificações dentro do lote;
- Fator 2: Fator de ocupação das quadras. Representa a fração da área de quadras ocupada com lotes que têm construções, desconta os lotes vazios. O produto Fator 1 x Fator 2 representa a fração de área de terreno dos lotes com construções em relação à área geográfica total;
- Fator 3: Fator de ocupação dos lotes. Representa a relação entre a área construída e a área de terreno, no conjunto dos lotes efetivamente ocupados. Pode ser menor que 1, no caso de predomínio de casas térreas, com recuos, quintal, etc.; próximo de 1 (predomínio de casas de 125 m²

de área construída em lotes de 5m x 25m de área); e maior que 1 no caso de alta densidade de construção nos lotes.

Por meio da aplicação da densidade para as diversas classificações tem-se a área construída do polígono. Estudo complementar pode fornecer as edificações padrões para os tipos de ocupação, com a respectiva área média da “residência padrão”, o que permite estimar o número de edificações atingidas no polígono.

Para zonas com ocupações regulares de baixa renda, pode-se considerar que certo percentual das famílias é constituído por não proprietários (inquilinos, moradores em imóveis cedidos, moradores que construíram suas casas em terrenos de terceiros), ou seja, situações de famílias que não fazem jus a indenização em processos de desapropriação. Para estes casos de deslocamentos involuntários aplicam-se os procedimentos de reassentamentos e não de desapropriação.

Este método é bastante versátil fornecendo informações consistentes para a fase de estudos de viabilidade auxiliando muito nos processos decisórios, de quantificação e qualificação das desapropriações. Entretanto, à medida que os estudos de engenharia evoluem a análise das desapropriações necessita acompanhar esta evolução, inclusive com as precisões adequadas para cada fase.

Contagem Direta dos Polígonos

A contagem direta consiste em um método mais preciso, entretanto mais complexo, demandando maior tempo de execução. Consiste na delimitação de cada área construída e a atribuição de informações ao polígono (**Figura 3**).

Os polígonos para terra nua e área construída são tratados pelo sistema como *layers* separados, o que permite alterações isoladas e atribuição de valores de forma independente para áreas construídas e para terra nua.



Figura 3: Exemplos de Polígonos de Área Construída.

Para o número de edificações atingidas foram determinados pontos sobre os telhados. Percebe-se que desta forma, o cálculo das áreas construídas, do número de edificações atingidas e das áreas de terra nua serão fornecidos automaticamente quando o sistema detectar a interceptação da faixa de domínio da ferrovia com os referidos polígonos, este fato facilita sobremaneira eventuais ajustes do traçado.

Os polígonos para terra nua e área construída são tratados pelo sistema como *layers* separados, o que permite alterações isoladas e atribuição de valores de forma independente para áreas construídas e para terra nua. Para o número de edificações atingidas foram determinados pontos sobre os telhados. Percebe-se que desta forma, o cálculo das áreas construídas, do número de edificações atingidas e das áreas de terra nua serão fornecidos automaticamente quando o sistema detectar a interceptação da faixa de domínio da ferrovia com os referidos polígonos, este fato facilita sobremaneira eventuais ajustes do traçado.

Contagem por Meio de Setores Censitários

Como forma de testar e validar as estimativas obtidas pelos métodos anteriores pode-se realizar o cálculo por meio dos setores censitários. Para isso é necessário

delimitar todos os polígonos de área construída que estão dentro dos setores censitários que foram atingidos pelo traçado da ferrovia.

Mapear todo o setor é necessário para estabelecer o número de domicílios do setor em função das áreas construídas e assim estabelecer uma relação entre área do setor censitário, número de domicílios e área construída. Desta forma, por meio de ponderações e regressão linear se pode estabelecer o número de pessoas atingidas.

Além de permitir a quantificação pelo método citado acima, o banco de dados do censo do IBGE também permite inferir uma série de informações preciosas para as desapropriações tais como: variáveis de identificação geográfica (Grandes Regiões, Unidades da Federação, Mesorregião, Microrregião, Região Metropolitana ou Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e Entorno (RIDE), Município, Distrito, Subdistrito, Bairro, Setor, Situação do Setor e Tipo do Setor) e características da população residente (sexo, idade, cor ou raça, condição no domicílio, pessoas responsáveis pelo domicílio, alfabetização, renda média e características dos domicílios particulares, entre muitos outros).

Valoração das Remoções

Uma vez quantificada e qualificada as remoções necessárias para implantação da ferrovia pode-se buscar a valoração desta remoção, configurando-se num processo relativamente simples e dentro dos critérios usuais de avaliação imobiliária.

Ressalta-se que esta valoração contempla somente aspectos das indenizações das áreas construídas e das terras nuas. Outros custos inerentes aos procedimentos de desapropriação também devem ser considerados nos custos das desapropriações, tais como, serviços de cadastros e avaliação bem como

serviços inerentes aos procedimentos de reassentamento.

Outro ponto de destaque é que na valoração dos custos o ideal é que se identifique e quantifique impactos da ferrovia na superfície cortada pelo traçado.

O critério de avaliação é lastreado na tese de que fatores ligados à localização refletem-se exclusivamente no custo da terra nua e que as construções e benfeitorias têm seu valor definido pelo seu padrão e características construtivas, onde quer que elas se encontrem.

Assim, o valor da terra nua, variável com a localização, é considerado como um *layer* separado do *layer* de custos das áreas construídas, que varia conforme seu padrão e classificação, o que permite adotar critérios uniformes de avaliação para todo o corredor.

O valor da terra nua deve ser obtido por meio de pesquisa de campo, conforme procedimentos padrões da engenharia de avaliação, obedecendo aos critérios estabelecidos na série de normas NBR 14.653 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Para tanto devem ser apurados segmentos homogêneos ao longo do traçado visando obtenção de valores unitários para determinados trechos, o que agiliza os cálculos das estimativas.

Entretanto, na fase de estudo de viabilidade muitas vezes os instrumentos necessários para pesquisa de campo não estão disponíveis, assim deve-se buscar informações junto a órgãos oficiais, principalmente prefeituras, e avaliações expeditas para a adoção de valores unitários de terra nua.

Uma vez definidos os valores unitários a tarefa de atribuir valores para as simulações do traçado torna-se muito fácil e simples, basta informar os valores às respectivas classes já definidas.

A estimativa de valores para áreas construídas é mais fácil uma vez que a

classificação já privilegiou a harmonia com os padrões construtivos do SINAPI e Sinduscon. Desta forma, basta enquadrar as classes às tipologias informadas nos sistemas de custos.

Para os casos de desapropriação, numa primeira estimativa pode-se desprezar a depreciação, entretanto quando da execução das desapropriações o cálculo das indenizações das benfeitorias levam em consideração a perda de seu valor em função de modificações do seu estado ou qualidade ocasionada por decrepitude, deterioração, mutilação, obsolescimento ou desmontagem.

O processo de atribuir valores às áreas construídas também é dotado das mesmas facilidades das terras nuas, acrescenta-se o fato de que eventuais atualizações de valores tornam-se ainda mais fáceis em função das constantes atualizações fornecidas pelos sistemas.

Existem casos excepcionais para as áreas construídas tais como edificações especiais, indústrias, postos de gasolinas, postos de serviços etc.. Para tanto, sugere-se realizar um estudo mais minucioso da composição dos valores de mercados de tais bens para melhor aproximação à realidade, uma vez que o enquadramento em construções padronizadas torna-se difícil ou impraticável.

Outra situação especial é o caso de reassentamento, que conforme Portaria nº 317 do Ministério das Cidades é um processo de realocação física por meio de reposição do imóvel afetado por unidade habitacional ou comercial construída especificamente para esse fim ou adquirida no mercado, que são adjudicadas, de acordo com as características da intervenção, de forma onerosa ou sem custo para a família reassentada. São casos de famílias de baixa renda ou comunidades frágeis, assim a simples reposição do valor do imóvel não é o suficiente para repor uma moradia digna (Ministério das Cidades, 2013).

Para a quantificação dos reassentamento, pode-se fazer a estimativa baseada

em toda edificação classificada como favela e um percentual para as zonas de baixa renda.

A metodologia utilizada para obtenção dos valores dos polígonos de desapropriação, sendo um insumo para o sistema de simulação, *Quantm*, se mostrou consistente com a avaliação macro para a fase de estudos de viabilidades, principalmente para corredores extensos.

Matriz de Decisão

Muito embora todo o processo de simulação de traçado seja automatizado, é necessário informar ao sistema os polígonos com atributos de valores para que a decisão seja tomada, entretanto para as desapropriações a inserção de valores somente para indenizações de terra nua e benfeitorias poderá induzir a adoção de soluções que não retratam a melhor alternativa, principalmente considerando os impactos sociais inerentes aos processos desapropriatórios.

Por exemplo, e de modo simplificado, se pegarmos um trecho com extensão média de um quilômetro teríamos um custo médio para um túnel predominantemente em solo com seção aproximada de dez metros de diâmetro de R\$ 100 milhões (cem milhões de reais), para rocha o custo seria aproximadamente quatro vezes maior. O custo de construção para o mesmo trecho em superfície, segundo custos referenciais do DNIT (maio/2014) seria de R\$ 7,6 milhões (sete milhões e seiscentos mil reais). Percebe-se que os custos entre as soluções são muito diferentes, com a forte tendência de execução do trecho em superfície.

Logo, outros aspectos relacionados aos impactos da obra em superfície devem ser analisados, tais como, segregação da comunidade, alteração no modo de vida da população atingida, segurança operacional, alteração da malha viária local, dentre outros aspectos. Poder-se-ia também estudar externalidades das soluções, tais como, o fato de que a obra subterrânea evitaria conflitos na malha

viária local que poderiam criar pontos de congestionamentos e, por conseguinte, aumento nos tempos de viagem e de emissão de poluentes.

É fácil perceber que o algoritmo de decisão, deve ponderar outros aspectos relacionados ao conflito da obra em superfície com a área atingida e não somente os custos de indenização, principalmente em centros urbanos. Para maior eficiência é necessário aprimorar o processo de decisão por meio de monetarização de benefícios originários de problemas que poderiam atingir a população local tais como: os impactos no trânsito, acidentes provocados, realização da segurança operacional à via implantada, elaboração de obras para redução de ruídos e poluentes, interferência na harmonia do local de intervenção dentre outros.

RESULTADOS

Resultados da Análise de Desapropriação

No caso apresentado, a análise das desapropriações na fase dos estudos de viabilidade, aliada à metodologia de quantificação e qualificação mostrou-se bastante eficiente e aderente à precisão requerida para a fase do projeto.

A delimitação das zonas com passagens restritas ou proibidas permitiu ao sistema desviar de áreas com alto impacto de desapropriação trazendo benefícios sociais e econômicos que se traduzirão em agilidades nos procedimentos de desocupação da faixa de domínio e liberação das frentes de serviços para as obras. Além é claro de reduzir os custos com as desapropriações e os impactos sociais.

Na fase de identificação das desapropriações, a metodologia de classificação dos polígonos definiu as tipologias das propriedades atingidas pelo traçado, permitindo delinear o perfil socioeconômico das remoções bem como sua valoração para fins de estimativas dos custos do empreendimento.

Além de auxiliar na eficiência socioeconômica do traçado a metodologia também traz consigo maior agilidade nas análises de sensibilidade de alterações do traçado bem como automatiza as estimativas com eventuais desvios da diretriz do traçado ou alterações na largura da faixa a ser desapropriada.

A trajetória analisada, que desde os primeiros estudos zelou pela eficiência socioambiental do traçado, apresentou resultados mais que expressivos do ponto de vista das desapropriações. A **Tabela 1** lista o número de edificações atingidas, que é muito baixo para uma obra linear que atravessa regiões populosas. Para efeitos comparativos podemos citar as desapropriações de outras obras lineares em nosso país: (a) Anel Rodoviário de BH e BR 381/MG, 40 km: 4.000 imóveis; (b) Rodoanel São Paulo, 44 km: 2.000 imóveis; (c) Ferrovia FIOLE (BA), 1.600 km: 3.000 imóveis e (d) Ferrovia Transnordestina (PE), 718 km: 2.000 imóveis. As duas últimas ferrovias possuem um traçado que atinge majoritariamente trechos rurais e os centros urbanos são pequenas cidades do interior nordestino.

Tabela 1: *Números de Desapropriação Resultantes do Estudo de Traçado*

Item	Qtidade.	Unid.
Extensão	500	km
Área Total da Faixa de Domínio	51,58	km ²
Total de Área Construída	6,06	km ²
Número de Edificações Atingidas	3.089	ud.
Municípios Cortados	40	ud.

Desta forma, os resultados do traçado ratificam as premissas iniciais relacionadas a mitigar o impacto das desapropriações, e a metodologia ainda torna possível estimar os custos das remoções para esta fase do projeto. Os estudos de desapropriações devem evoluir no aumento da precisão quanto às quantificações e qualificações das remoções. Isto facilitará e contribuirá para a qualidade do planejamento do programa de desapropriação e reassentamento

reduzindo os graus de incertezas e riscos inerentes aos procedimentos executórios de desapropriação.

Implicações dos Métodos Desenvolvidos nos Projetos de Infraestrutura de Transportes

O histórico das grandes obras públicas explicitam as dificuldades relacionadas às desapropriações, a fase de execução dos empreendimentos é comprometida pelas dificuldades encontradas. Em obras lineares este fato é agravado pelo grande número e pela diversidade de propriedades atingidas. Ações corretivas tornam-se ineficientes e o tratamento tardio das remoções acaba impactando o cronograma e o orçamento das obras, é necessário então evoluir as técnicas desapropriatórias, principalmente na fase de planejamento dos empreendimentos e de elaboração dos programas de desapropriação e reassentamento.

Já na fase executória, a forma de execução dos serviços necessários para as desapropriações também é importante para o processo de liberação das áreas necessárias para os empreendimentos, neste sentido, estão sendo testadas formas de contratação dos serviços de desapropriação. Para estas contratações é necessário dimensionar os serviços de desapropriação (cadastros físicos, jurídicos e avaliação) para calcular seus custos, que se baseia fundamentalmente na identificação das remoções, tanto sua quantidade quanto as tipologias das propriedades que serão atingidas.

Em muitos casos os projetos básicos de engenharia não contemplam as informações necessárias para essas estimativas das desapropriações, e, por conseguinte o dimensionamento dos serviços necessários para a liberação da faixa de domínio. Este fato potencializa a aplicação do método abordado neste artigo, pois de forma rápida pode-se esboçar as características das propriedades atingidas pelo traçado, bem como sua quantificação.

Uma carteira com número considerável de projetos, ou então para vias com grandes extensões, a contagem de áreas construídas por meio da aplicação de fatores pode se tornar mais eficiente devido sua rapidez de aplicação, dentro da precisão requerida para os estudos preliminares.

Assim a metodologia torna-se bastante versátil e útil para os estudos de ferrovias e rodovias, contribuindo para a redução dos gargalos referentes à liberação das frentes de obras bem como no dimensionamento dos serviços de desapropriação que precisarão ser contratados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução de obras e serviços de engenharia pode implicar no deslocamento involuntário de famílias das suas moradias ou do local de exercício de atividades econômicas, afetando não somente a vida cotidiana das famílias, como também as relações sociais e comunitárias existentes nas áreas de influência direta e indireta da intervenção. Este fato gera a necessidade de planejar adequadamente as diferentes soluções aplicáveis à situação, visando a garantia e o respeito ao direito de moradia, que inclui não somente a situação da casa em si, mas também a restauração das condições sociais, de vida e de renda das famílias afetadas. Soma-se a necessidade de mitigar impactos negativos decorrentes da execução das obras.

Para romper a barreira do desenvolvimento é necessário investimentos em infraestrutura, e no setor de transportes, torna-se fundamental o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias para todas as fases do empreendimento, planejamento, projeto e obra.

A simulação de traçado é uma potente ferramenta para os estudos das vias e permite analisar vários cenários diferentes, estudar as sensibilidades de cada alternativa de traçado e ainda ponderar informações, de todos os níveis, por

meio da atribuição de informações a polígonos georreferenciados, tais como, drenagem, informações geotécnicas, restrições ambientais, sítios arqueológicos, relevo e desapropriação.

É fato que a desapropriação é caminho crítico para os empreendimentos, principalmente em obras lineares, cujos atrasos nos cronogramas ou incrementos nos orçamentos acabam por impactar a execução da obra. A melhor forma de mitigar este impacto é o tratamento prévio das interferências relacionadas à desapropriação, aliado ao planejamento de todas as ações que envolvem os procedimentos de liberação da faixa de domínio.

Desta forma, a metodologia que foi aplicada aos estudos de traçado da ferrovia contribui sobremaneira para redução dos impactos sociais, refletindo também em benefícios durante a execução da obra. Com as informações inferidas, todas as ações necessárias para o programa de desapropriação e reassentamento podem ser planejadas. Vários problemas verificados em grandes empreendimentos de transportes no país poderiam ser evitados com o devido tratamento das remoções.

A análise prévia das remoções permite alterar os traçados ou então utilizar a construção de túneis, que é uma alternativa para os centros urbanos, pois além da redução dos impactos socioambientais tem os benefícios originários de encurtamento de distâncias.

Entretanto, túneis são obras caras e para auxiliar na decisão entre traçado em superfície e subterrâneo é necessário desenvolver modelos que não considerem somente custos de indenizações de desapropriação ou reassentamento, pois os túneis na grande maioria dos casos serão mais caros. Desta forma, critérios de decisão que considerem a monetarização das externalidades são fundamentais para aprimorar a metodologia apresentada.

O mapeamento dos polígonos de desapropriação se mostrou bastante útil

na análise de sensibilidade, como exemplo pode-se citar a análise do impacto no número de desapropriações proveniente de eventual alteração da largura da faixa de domínio, ou então, na alteração da solução de engenharia, túnel ou superfície. Esta funcionalidade auxilia muito na tomada de decisões sobre eventuais ajustes no traçado.

Percebe-se que a metodologia atende aos requisitos técnicos e de precisão para os estudos de viabilidade e possuem versatilidade que permite estudar várias situações ao longo de todo desenvolvimento do projeto.

AGRADECIMENTOS

Para o presente caso, este trabalho contou com o fundamental apoio da competente equipe e dos destacados professores do Laboratório de Sistemas e Informações Espaciais – LSIE da UnB e da Equipe Técnica da Empresa de Planejamento Logístico/EPL, cujas atividades foram formalizadas por meio de termo de cooperação técnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministério das Cidades (2013). Portaria nº 317, de 18 de julho de 2013, do Gabinete do Ministro, publicado no Diário Oficial da União de 19 de julho de 2013, nº 138, Seção 1, página 42.
- DNIT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2014). Planilha de Custos Médios Gerenciais, referente ao mês de maio. Disponível no site <http://www.dnit.gov.br/servicos/custo-medio-gerencial/custos-medios-ger-maio-14.pdf>.
- GIPPS, P.G. (1992). ALIGN_3D: a package to optimise route alignment. Roads and Transport Research, 1, 50-59.
- GIPPS, P.G.; GU, K. (1998). Align3D transport route optimisation: the state of the art. In: Sikdar, P.K., Dhingra, S.L., Krishna Rao, K.V. (Eds.). Computers in Urban Planning

- and Urban Management. New Delhi: Narosa Publishing House, v. 2, p. 656-666.
- GIPPS, P.G.; GU, K.Q.; HELD, A.; BARNETT, G. (2001). New technologies for transport route selection. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 9(2), 135-154.
- HOWIE, S.; MAJERUS, K.; SCHAFTLEIN, S. (2007). Using Tools to Support Decision-Making for Multiple Benefits in Transportation and Conservation. Road Ecology Center. Disponível em: <http://escholarship.org/uc/item/5n24s944>.
- JANNUZZI, P.M.; MIRANDA, W.L.; SILVA, D.S.G. (2009). Análise Multicritério e Tomada de Decisão em Políticas Públicas: Aspectos Metodológicos, Aplicativo Operacional e Aplicações. *Informática Pública*, 11(1), 69 – 87.
- OLSSON, M. (2013) Usability of computer optimizing program for road alignment in the planning process. 52 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2013.
- PEREIRA, A.M.B. (2009). Simulações Computacionais em Engenharia. *Revista Memo*, 6, 56-61.
- PRIME, Engenharia (2009). Relatórios dos Estudos Ambientais, Otimização de Traçado, Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID (relatório interno).
- SILVA, L.L. (2011). Manual de Diretrizes Básicas para Desapropriação, Publicação 746 do Instituto de Pesquisa Rodoviária – IPR, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.
- WARDROP, A. W. (2009). Use of railway analysis tools from an Australian perspective. *Networks and Spatial Economics*, 9 (1), 123-143.