

Roteiro do Trabalho Prático 2 – Análise de Fluxo Contínuo

Vias Expressas e Rodovias – Métodos Práticos de Análise

1º Semestre de 2020

1) Apresentação geral sobre o trabalho

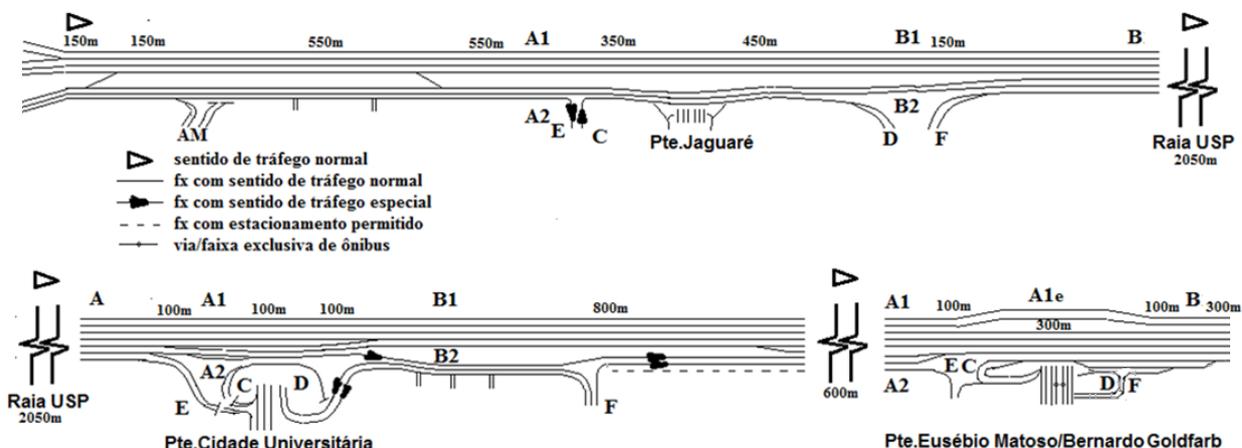
- 1.1) o trabalho consiste em avaliar tecnicamente a operação do trecho da Marginal Pinheiros, no contexto do tramo externo adjacente à Cidade Universitária, afetado de forma mais significativa pelo gargalo da Pte.Cidade Universitária, sem a implantação da nova Pte.Projetada (no prolongamento da Av.Valentim Gentil); complementarmente, deve ser analisada a operação das interseções não semaforizadas geradas pela alternativa de melhoria do acesso à Pte.Jaguareé com a implantação de uma interconexão em diamante divergente (DDI-Divergent Diamond Interchange; veja [vídeo](#)) com majoração dos fluxos de tráfego atraídos.
- 1.2) para desenvolvimento do trabalho deve-se analisar em detalhe os dados fornecidos neste enunciado, complementando as informações obtidas da sua observação em vistorias de campo (incluindo recursos de imagens existentes na internet, como o *Street View* do *Google Earth*), e avaliar a condição de operação prevista com base nos métodos do U.S.HCM/2010 para vias expressas e rodovias e nos métodos do DENATRAN/1984 para interseções sem semáforos, além de fontes complementares (incluindo os resumos ou manuais referidos no site da disciplina, entre outras fontes selecionadas) e das recomendações discutidas em classe.
- 1.3) o trabalho não precisa ser entregue (o conteúdo será avaliado através da Prova 2).

2) Estrutura do trabalho

QUESTÃO 1: Com referência à operação no trecho da Marginal Pinheiros em análise (particularmente segmentos básicos e entrelaçamentos), avaliar os seguintes aspectos:

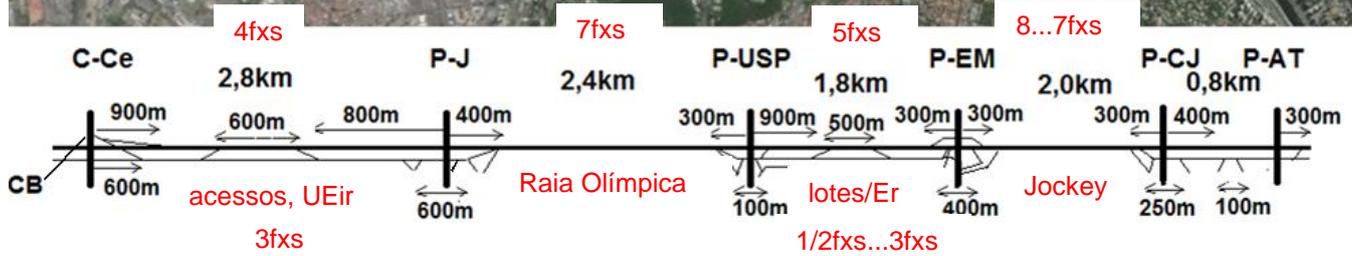
- com base diagrama unifilar detalhado abaixo, identifique os segmentos distintos que devem ser considerados na análise com os métodos e critérios do U.S.HCM/2010;

<Cebolão-Ce
a 0,6km, após
trecho isolado

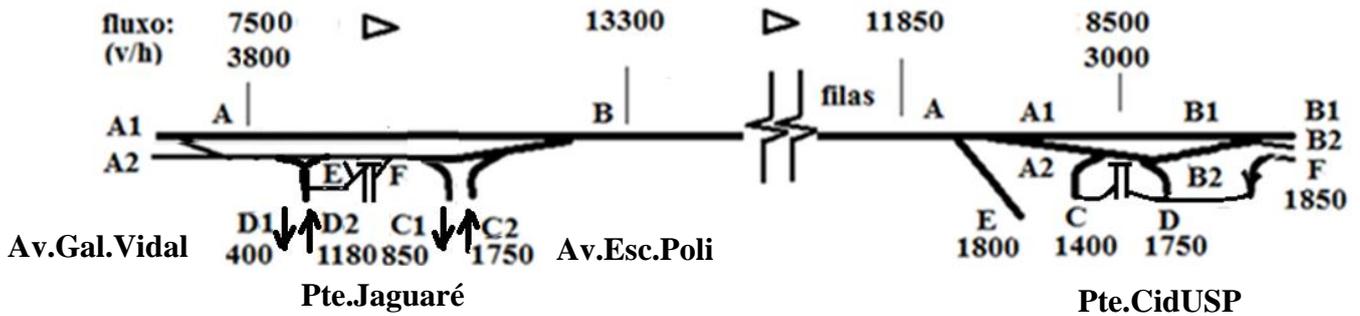


Pte.Cidade
Jardim-CJ>
a 1,4km

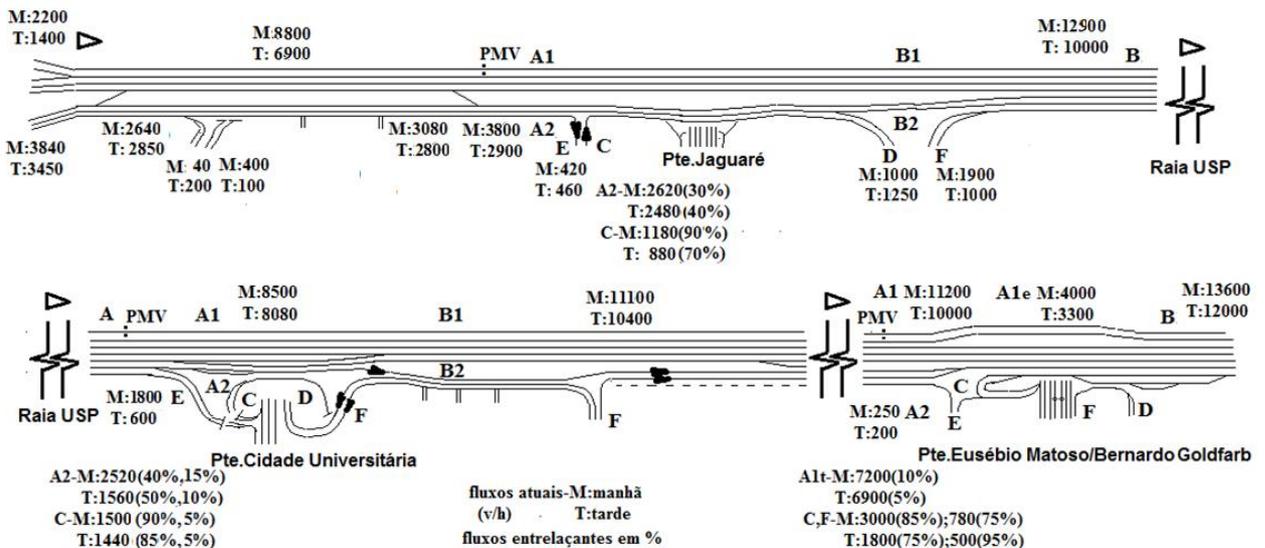
- com base no esquema reproduzido abaixo, obtenha as densidades de interconexões e ramais para o trecho adjacente à Raia Olímpica da USP; em relação aos trechos que operam sem controle de acesso, obtenha as densidades de acesso correspondentes;



Com referência ao trecho da Marginal Pinheiros em discussão, considere os dados abaixo (ver fotos seguintes), observados nos primeiros 15min do pico da manhã:



Além dos dados de fluxo e demanda fornecidos acima, existem dados obtidos para a situação observada em diferentes períodos anteriores, que podem ser utilizados para obter o padrão de composição dos fluxos por manobra (fornecidos ou convertidos em %).



(de forma genérica, admita uma porcentagem de veículos pesados de 5% nos picos).

- na estratégia de atrair parte da demanda do entrelaçamento sob a Pte.Cidade Universitária para o entrelaçamento sob a Pte.Jaguará, admitindo que o gargalo atual é a seção sob a Pte.Cidade Universitária, avalie qual a magnitude da demanda a atrair para evitar a saturação e ativação do gargalo na Pte.Cidade Universitária com frequência.

- obtenha as características físicas necessárias para aplicar o método do U.S.HCM/2010 (use medidas tomadas no *Google Earth*) de análise dos segmentos como básicos e independentes para o trecho anterior e sob a Pte.Jaguará e para o trecho adjacente à Raia Olímpica da USP e sob a Pte.Cidade Universitária; discuta como aplicar os métodos do U.S.HCM/2010 no trecho final onde existe a divisão em uma pista expressa e uma pista auxiliar (que acomoda o entrelaçamento), notando-se a curta extensão da pista auxiliar (apenas 100m, com uma divergência na saída adiante) e a redução de 5 para 4 faixas na pista expressa (para acomodar a entrada de 1 faixa da pista auxiliar);

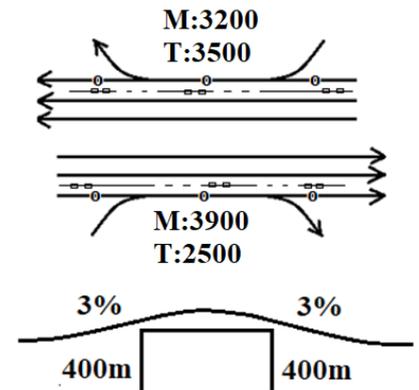
- de forma similar, obtenha as características físicas necessárias para aplicar o método do U.S.HCM/2010 (use medidas tomadas no *Google Earth*) de análise dos segmentos com entrelaçamento sob a Pte.Jaguará e sob a Pte.Cidade Universitária; elabore os diagramas unifilares detalhados com a disciplina de uso das faixas (note que ambos são entrelaçamentos compostos) e identifique os parâmetros básicos de análise do entrelaçamento principal ($L_B, L_S, N_T, LC_{FR}, LC_{RF}, N_{WL}, VR, q/N$); compare a situação atual na Pte.Jaguará com a existente na configuração original (com acessos e egressos em E e F); discuta a possibilidade de adotar uma estratégia similar à situação atual na Pte.Jaguará também no entrelaçamento sob a Pte.Cidade Universitária.

- obtenha a estimativa de capacidade dos segmentos básicos correspondentes aos trechos anteriores e sob a Pte.Jaguará (pista expressa e pista auxiliar, sem efeito do entrelaçamento), ao trecho adjacente à Raia Olímpica da USP e aos trechos sob a Pte.Cidade Universitária (pista expressa e pista auxiliar, sem efeito do entrelaçamento); qual a velocidade prevista no trecho adjacente à Raia Olímpica da USP no pico da manhã? como sua previsão seria alterada se há um gargalo adiante (com $q=12000v/h$)?

- obtenha a estimativa de capacidade e velocidade de operação no pico da manhã dos segmentos com entrelaçamento sob a Pte.Jaguará e sob a Pte.Cidade Universitária; os resultados são consistentes com as observações sobre os fluxos de tráfego mostrados anteriormente e com a informação de que o trecho sob a Pte.Cidade Universitária está operando de forma saturada (sendo um gargalo ativo no período relatado), principalmente em decorrência do entrelaçamento? qual sua estimativa para o fluxo se este for o gargalo?

- especificamente para o trecho sob a Pte.Cidade Universitária, proponha intervenções capazes de melhorar a capacidade e a operação no entrelaçamento; avalie qualitativamente o impacto de intervenções orientadas a melhorar as alternativas ao entrelaçamento com: (1) eliminação da redução de 5 para 4 faixas na pista expressa adjacente ao entrelaçamento da pista local; (2) implantação da nova Pte.Projetada no prolongamento da Av.Valentim Gentil (ver o T1) para deslocar parte preponderante do fluxo no sentido Centro e os fluxos correspondentes de saída no entrelaçamento atual (além de eliminar o trecho em sentido invertido, ou mão inglesa, na pista auxiliar que então passaria a operar da forma convencional, no mesmo sentido da pista expressa); (3) uma opção mais eficiente para a saída do fluxo no sentido Centro pela Pte.Jaguará, funcionalmente similar à nova Alça.Projetada anterior à Av.Escola Politécnica (ver o T1).

A Pte.Jaguará, na ligação entre a Av.Jaguará e a Av.Queiroz Filho, opera em condições próximas ao fluxo contínuo (exceto pelo efeito dos semáforos de pedestres analisados no T1, cujo efeito será inicialmente ignorado). Como forma de análise aproximada, o trecho de cerca de 800m pode ser dividido em 2 segmentos básicos de 400m, um de aclave na entrada e outro de declive na saída da Pte.Jaguará, admitindo-se uma rampa da ordem de 3% como condição crítica (superior ao existente). Para análise simplificada, o trecho de entrada ou de saída deve ser considerado comum e tem apenas os acessos de entrada e saída para a via expressa (considerados acessos locais), quando presentes, com os fluxos dados ao lado (ver o T1).

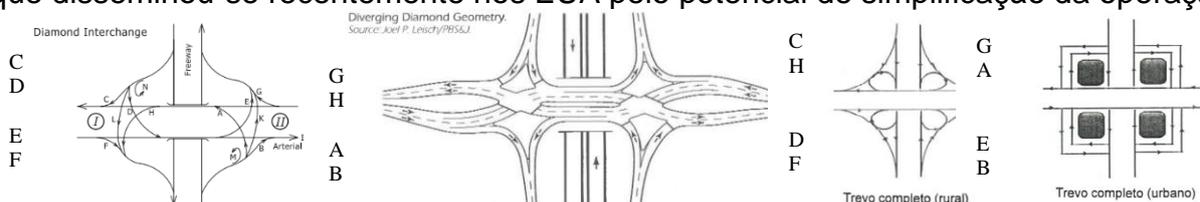


No entanto, a configuração atual tem também a presença da faixa exclusiva para ônibus à direita que pode ser considerada uma faixa de uso especial (que normalmente estão à esquerda). No aclave e declive (como nos trechos adjacentes) proíbe-se a utilização da faixa exclusiva para os demais veículos (utilizando tachões), exceto para os fluxos que utilizarão as alças de acesso e egresso à via expressa. Pode-se admitir inicialmente que cada trecho de 400m tem um sub-trecho principal com faixa divisória contínua e um sub-trecho de acesso com cerca de 100m (anterior às alças existentes, com linha seccionada). Pode-se admitir um fluxo de ônibus da ordem de 80on/h em ambos os sentidos de tráfego.

- obtenha as características físicas necessárias para aplicar o método do U.S.HCM/2010 (use medidas tomadas no *Google Earth*) de análise dos segmentos básicos sobre a Pte.Jaguará como trechos comuns; discuta como os métodos do U.S.HCM/2010 para análise de faixas de uso especial podem ser aplicados para examinar as condições de operação especificamente decorrentes da faixa exclusiva de ônibus sobre a Pte.Jaguará;

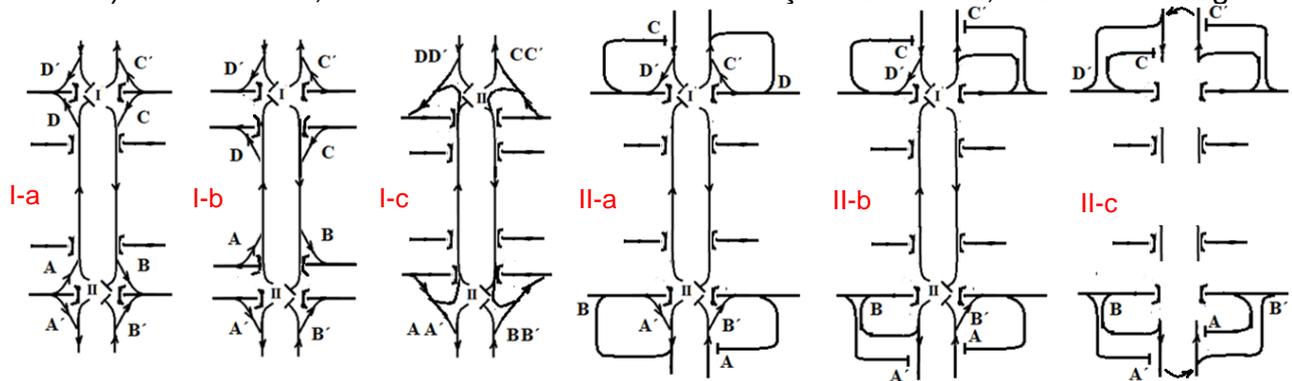
- obtenha a estimativa da velocidade e capacidade sobre a Pte.Jaguará do aclave, no caso mais crítico, considerado como segmento básico de via comum, ignorando a presença da faixa exclusiva de ônibus; qual o impacto de reservar a faixa direita para uso dos ônibus?

QUESTÃO 2: A estratégia para atrair uma parcela relevante do fluxo de saída da via expressa que hoje utiliza a Pte.Cidade Universitária para a Pte.Jaguará é a implantação de uma Interconexão em Diamante Divergente (*Diverging Diamond Interchange, DDI*), que disseminou-se recentemente nos EUA pelo potencial de simplificação da operação.



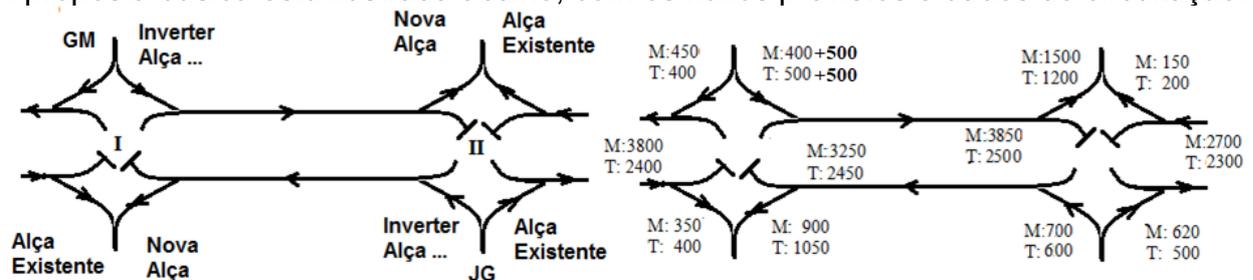
Nos EUA a forma mais usual de interconexão adota a configuração em diamante e suas variações principais, o que torna as DDIs uma opção simples de implementar fisicamente na maior parte dos casos (a questão da eficiência operacional é usada para selecionar a melhor configuração). O primeiro esquema acima mostra uma interconexão em diamante convencional (com a nomenclatura das manobras A a J usada adiante), que elimina os entrelaçamentos nas vias expressas mas torna muito mais complexa a operação das interseções geradas na via arterial da interconexão, aspecto que as DDIs (o segundo esquema acima) buscam eliminar. A situação no Brasil, particularmente em São Paulo, é

distinta e a forma mais usual adota o padrão rural dos trevos completos (o terceiro esquema acima), implantado com dimensões restritas de área urbanas. As dificuldades de operação nas vias arteriais são reduzidas (com trevos completos as interseções geradas são simples confluências de fluxos) mas os entrelaçamentos nas vias expressas geram problemas relevantes de operação. Em muitos casos, as configurações dos trevos originais têm de ser adaptadas com a utilização de vias urbanas adjacentes para aumentar as distâncias de entrelaçamento (gerando as configurações ilustrada no quarto esquema acima). Na verdade, as DDI's também admitem variações similares, ilustradas a seguir:



Na região em análise não há um problema notável na operação do entrelaçamento sob a Pte.Jaguaré porque as antigas alças de acesso e egresso foram funcionalmente substituídas por opções urbanas que utilizam as vias General Vidal/Gonçalo Madeira, GV/GM, Escola Politécnica/Torres de Oliveira, EP/TO, e Manuel Bandeira/ José César de Oliveira, MB/JC, onde um tráfego desviado significativo é a decorrência da estratégia atualmente elegida (apenas as alças da Av.Des.José Gonçalves Santana, JG, estão mantidas). No entanto, algumas manobras têm grandes circuitações que desencorajam sua utilização, como a saída para a Pte.Jaguaré pela Av.Escola Politécnica (400m adiante), que tem de seguir pela Av.Torres de Oliveira e enfrentar um semáforo demorado.

A proposta básica está ilustrada abaixo, com os fluxos previstos e dados de circuitação:

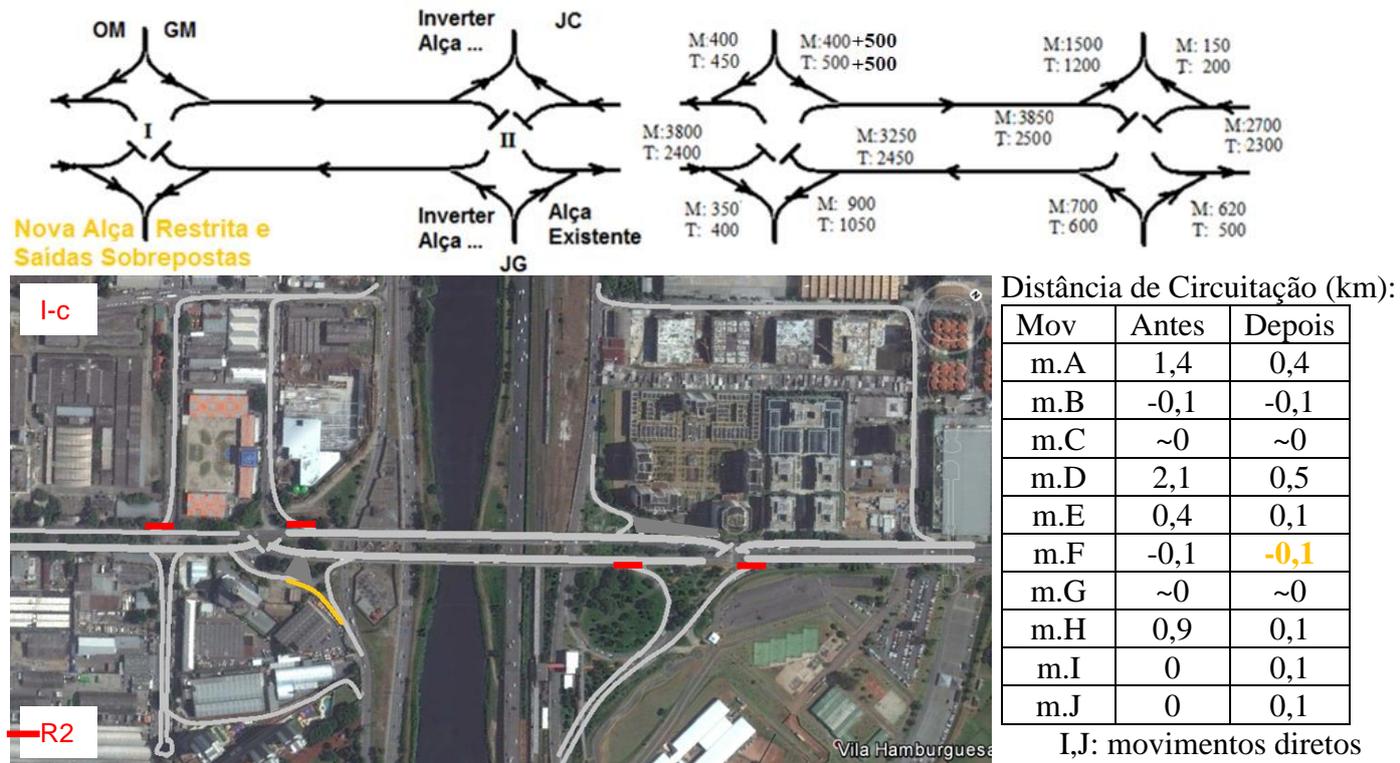


Distância de Circuitação (km):

Mov	Antes	Depois
m.A	1,4	0,4
m.B	-0,1	-0,1
m.C	~0	~0
m.D	2,1	0,2
m.E	0,4	-0,1
m.F	~0	~0
m.G	~0	~0
m.H	0,9	-0,1
m.I	0	0,1
m.J	0	0,1

I,J: movimentos diretos

Ao invés de ser implantada para eliminar os entrelaçamentos, a análise deve propor uma configuração que reduz a circuitação de fluxos de saída e atrai demanda do gargalo atual. A alternativa com investimento mínimo substitui a Alça Projetada por uma nova alça (Alça Restrita, com raios de curva reduzidos) e sobrepõe as saídas na alça existente:



Os dados acima supõem a atração de mais 500v/h do fluxo de saída para a Pte.Jaguará.

- na proposta básica, avalie genericamente o impacto da DDI proposta nas distâncias de circuitação da interconexão; verifique a mudança nas distâncias de circuitação em particular dos movimentos mA, mE e mH, e em especial para o movimento de saída que se quer atrair para a Pte.Jaguará (mD); como avaliar o potencial de atrair a manobra?

- na proposta básica, avalie o impacto na via expressa pela análise dos novos fluxos gerados pela nova configuração; para cada entrelaçamento potencial (entrecruzamento de fluxos em uma extensão limitada), proponha uma configuração mínima que provê as condições básicas para entrelaçamento e avalie a necessidade de adotá-la (em contraposição à utilizar ramais de ligação simples no acesso e egresso da via expressa);

- na proposta alternativa, avalie genericamente o impacto da DDI proposta nas distâncias de circuitação da interconexão; verifique a mudança nas distâncias de circuitação em particular dos movimentos mA, mE e mF, e em especial para o movimento de saída que se quer atrair para a Pte.Jaguará (mD); como avaliar o potencial de atrair a manobra?

- na proposta alternativa, avalie o impacto na via expressa pela análise dos novos fluxos gerados pela nova configuração; para cada entrelaçamento potencial (entrecruzamento de fluxos em uma extensão limitada), proponha uma configuração mínima que provê as condições básicas para entrelaçamento e avalie a necessidade de adotá-la (em contraposição à utilizar ramais de ligação simples no acesso e egresso da via expressa);

Note que a questão pode ser analisada de forma independente em cada quadrante (denotados por A, B, C e D nos esquemas alternativos para as DDIs). Algumas opções eliminam rampas ou ramos elevados (reduzindo o custo de implantação em alguns milhões em contraposição a um aumento da circuitação que representa um custo de operação adicional durante toda a vida da obra, a menos de ser essencial para dar eficiência global à intervenção e evitar o congestionamento da via expressa). Outras opções buscam eliminar entrelaçamentos secundários gerados entre os fluxos dos ramais de ligação e naturalmente justificam-se apenas quando o conflito decorrente é relevante.

A utilização de todas as circuitações (da opção II-c) é naturalmente incompatível com a utilização das DDIs porque então a inversão de sentidos não tem função. A utilização de estratégias já adotadas na configuração existente pode ser mais simples (se ainda possível) e vale examiná-las mas pode também reduzir os ganhos potenciais. Por exemplo, a pista externa já teve a eliminação de alças originais (embora algumas delas ainda estejam na interconexão com funções menores) que a pista interna ainda preserva (na função original). No quadrante B, a entrada B' é o acesso à via expressa pela Av. Escola Politécnica (boa opção) e a saída A é a saída em direção ao semáforo da Av. Torres de Oliveira (exatamente a manobra a melhorar e atrair para a Pte. Jaguaré).

Além da implantação dos semáforos para inversão dos sentidos de tráfego sobre a Pte. Jaguaré, há um aspecto essencial para a boa operação das DDIs que se refere à operação das diversas sub-interseções secundárias geradas para incorporação e separação dos fluxos de entrada e saída da via expressa (então realizados por ligações diretas e de curta extensão, potencialmente interferentes na via expressa se gerarem filas relevantes). Há aqui outra diferença entre o padrão usualmente adotado nos EUA (onde a conexão com as vias arteriais normalmente utiliza semáforos para viabilizar os conflitos entre os fluxos gerados pela configuração em diamante) e no Brasil (onde a utilização de trevos completos permite transformar todos os conflitos em manobras de convergência).

A questão a ser examinada a seguir é avaliar a possibilidade de operar as sub-interseções secundárias geradas sem semáforo (fora do semáforo principal utilizado em cada lado da DDI, dado que existe sempre a possibilidade de integrar as sub-interseções secundárias nos semáforos principais). Esta é uma característica que pode ser bastante importante para atrair os fluxos de saída da via expressa, face à expectativa dos usuários no Brasil.

- considerando especificamente os quadrantes A e B (externos), utilize o método proposto pelo DENATRAN/84 com os ajustes sugeridos para análise de intervisibilidade nas interseções pela AASHTO (1984 a 2018) para identificar as brechas críticas das manobras secundárias existentes nas sub-interseções secundárias AA' e BB' em uma faixa na operação com R2 (Dê Preferência, sem semáforo) e preferência para os fluxos da Pte. Jaguaré nas 3 faixas de tráfego de cada sentido, nas propostas básica e alternativa; alguma das manobras exigiria uma sinalização de preferência mais restritiva (R1, PARE)?

- com base nos dados para os fluxos previstos nas sub-interseções secundárias AA' e BB', inicialmente ignorando os semáforos I e II, analise a operação com R2 (Dê Preferência, sem semáforo) para a configuração básica e alternativa nos picos; proponha pelo menos duas intervenções para tornar a operação sem semáforo mais viável e discuta seu impacto nos fluxos preferenciais e secundários; como avaliar a influência dos semáforos I e II?