

PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO PADRÃO NTCIP NO CONTEXTO BRASILEIRO

Werner Kraus Junior

Departamento de Automação e Sistemas
Universidade Federal de Santa Catarina

Luiz Fernando Bier Melgarejo

Giovani Pieri

Pablo Polônia

Ricardo Ghisi Tobaldini

Departamento de Informática e Estatística
Universidade Federal de Santa Catarina

Carlos Barros Montez

Departamento de Automação e Sistemas
Universidade Federal de Santa Catarina

RESUMO

Argumenta-se que as resoluções sobre padronização dos protocolos de comunicação equipamentos de controle do tráfego rodoviário publicadas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT) são insuficientes para permitir a correta implantação da padronização no Brasil. Com base nesta constatação, apresenta-se proposta de metodologia para implantação dos protocolos usados para troca de documentos e informações entre sistemas dos Centros de Controle Operacional das concessionárias e de Agências e Órgãos Reguladores, em conformidade com as resoluções em vigência da ANTT.

ABSTRACT

It is argued that the resolutions about protocol standards issued by the National Agency for Ground Transportation of Brazil (ANTT) for communication of roadway traffic control are insufficient for the correct deployment of standards in Brazil. Based on this observation, a methodology proposal is presented for the deployment of protocols used for document and information exchange among Operational Control Centers of highway concessionaries and those of governmental agencies and regulatory bodies in conformity with resolutions issued by ANTT.

1. INTRODUÇÃO

Com a edição das resoluções 3323/09 e 3323/09-a (ANTT, 2009), a Agência Nacional de Transportes (ANTT) iniciou em novembro de 2009 um esforço de padronização da comunicação com equipamentos de campo e entre centrais de operação usadas nas rodovias federais do Brasil. Complementarmente, a ANTT editou a Resolução 3576/10 (ANTT, 2010), ampliando o escopo de aplicação da padronização.

As resoluções marcam um importante momento para a Engenharia de Tráfego nacional, na medida em que instituem pela primeira vez no país o uso de protocolos padronizados para troca de informações entre centrais de monitoração e controle de tráfego, bem como entre centrais e equipamentos de campo. Escolheu-se a padronização definida pelo conjunto de protocolos abrigados sob a sigla NTCIP (*National Transportation Communications for ITS Protocol*, em inglês). A sigla ITS vem do inglês *Intelligent Transportation Systems*, ou Sistemas Inteligentes de Transporte.

São várias as vantagens que decorrem da definição de protocolos padronizados. A primeira delas é permitir à ANTT trocar informações com centros operacionais de todo o país, possibilitando a montagem de núcleos de monitoração das condições das rodovias pela própria agência. Também, o fornecimento de equipamentos às concessionárias dar-se-á de

maneira mais competitiva, inclusive quando se tratar da ampliação do número de pontos de monitoração e controle de uma rede de equipamentos já instalada. Sem padronização, a expansão da rede tem de ser feita com o fornecedor original, diminuindo a competição em termos de qualidade e preço.

Entretanto, a padronização baseada em NTCIP deve envolver um processo criterioso de engenharia de sistemas para que a agência interessada na implantação dos protocolos padronizados tenha sucesso em seu intento. Nesse sentido, o documento-base do NTCIP (NTCIP, 2009) preconiza, em sua Seção 4, que: “as especificações de uma agência não devem incluir afirmativas simplistas tais como ‘Todos os componentes devem obedecer ao NTCIP’ ou ‘O sistema deverá usar o NTCIP como o protocolo de comunicação’. Tais afirmativas, bem como aquelas que simplesmente listam os números das publicações do NTCIP, não proveem informação suficiente para fabricantes ou integradores de sistemas acerca do tipo, escopo e funcionalidade do tipo de sistema ou hardware que a agência deseja implementar.”

Portanto, reveste-se de suma importância que a ANTT e as concessionárias empreendam um esforço conjunto de engenharia de sistemas para uma boa definição do que se quer ver implantado, conforme determina o documento-base do NTCIP citado acima. Este trabalho visa formular uma proposta de implementação dos protocolos padronizados previstos nas resoluções da ANTT. A importância desse objetivo reside em três questões em aberto na proposta de padronização apresentada pela Agência:

- i. Considerando as recomendações explícitas dos proponentes do NTCIP destacadas acima, quais as funcionalidades dos sistemas e hardwares que se deseja ver implantadas?
- ii. Considerando que é muito difícil realizar a adaptação de equipamentos legados já em operação nas rodovias (NTCIP, 2009) de que forma é possível integrá-los à rede de comunicação padronizada?
- iii. Considerando que a comunicação entre centrais é ponto chave na implantação de serviços de consulta da ANTT aos sistemas das concessionárias e de que não há padronização, pelo NTCIP, do nível de informação dos protocolos entre centrais, como estabelecer um padrão nacional de dados para o protocolo?

Ao responder a essas questões de maneira embasada no estado da arte em comunicação de dados, busca-se contribuir para o sucesso da iniciativa de padronização de protocolos de comunicação em ITS no Brasil iniciada pela ANTT.

Conforme será visto mais adiante, a proposta define que a comunicação entre centrais deve ser a forma por excelência para troca de dados entre ANTT e concessionárias. Tal recomendação está de acordo com o documento de apresentação do conjunto de protocolos NTCIP (2009), podendo resolver de uma só vez as questões relativas a sistemas legados e de comunicação entre centrais remotas e equipamentos ligados a uma central local. Em linha com a filosofia NTCIP, recomenda-se ainda a formação de um grupo técnico de trabalho com engenheiros e analistas de sistemas das concessionárias e da ANTT para realizara a especificação detalhada das funcionalidades a serem implementadas e dos dicionários de dados padronizados para montagem do NTCIP no Brasil.

2. COMUNICAÇÃO NO PADRÃO NTCIP

As duas formas de comunicação previstas pelo NTCIP (NTCIP, 2009) são a comunicação centro-a-campo (*center-to-field*, ou *C2F*), realizada entre uma central de gerência de uma operadora com seus equipamentos de campo; e comunicação centro-a-centro (*center-to-center*, ou *C2C*), que consiste na troca de mensagens entre centrais de diferentes operadoras e agências.

A comunicação C2F é, tipicamente, um-para-muitos, isto é, uma central comunicando-se com muitos equipamentos de campo. Exemplos nesta categoria são a operação de uma rede de semáforos com uma central de controle, e o monitoramento de linhas de ônibus por uma central de supervisão operacional.

No caso da comunicação C2C, em geral tem-se muitos centros operacionais trocando informações entre si tal como ocorre entre servidores na internet. Ou seja, a operação é tipicamente muitos-para-muitos, como por exemplo consultas sobre estado do tráfego feitas por sistemas de roteamento em tempo real, e requisições de prioridade feitas por central de transporte público a centrais de gerência de tráfego.

A Figura 1 mostra um resumo do arcabouço (*framework*) do NTCIP, com todos os protocolos permitidos pelo padrão. Observa-se a preservação do conceito de modelo em camadas do padrão ISO/OSI, apesar do uso de nomenclatura diferente, com o termo “nível” (*level*) substituindo o termo “camada” (*layer*) e do número reduzido de níveis (cinco) no lugar das sete camadas do modelo ISO/OSI.

A maioria dos protocolos incluídos pelos proponentes do NTCIP são padrões em redes de computadores e na internet. São exclusivos do contexto do NTCIP os dicionários de dados de áreas funcionais que definem o nível de *informação*, o qual não encontra similar nas camadas do modelo ISO/OSI. Tal fato deriva do caráter abstrato do modelo OSI, ao passo que o NTCIP tem domínio específico de aplicação em Sistemas Inteligentes de Transportes (ou ITS, do inglês *Intelligent Transportation Systems*), daí acarretando a necessidade de se definir dados padronizados através de dicionários.

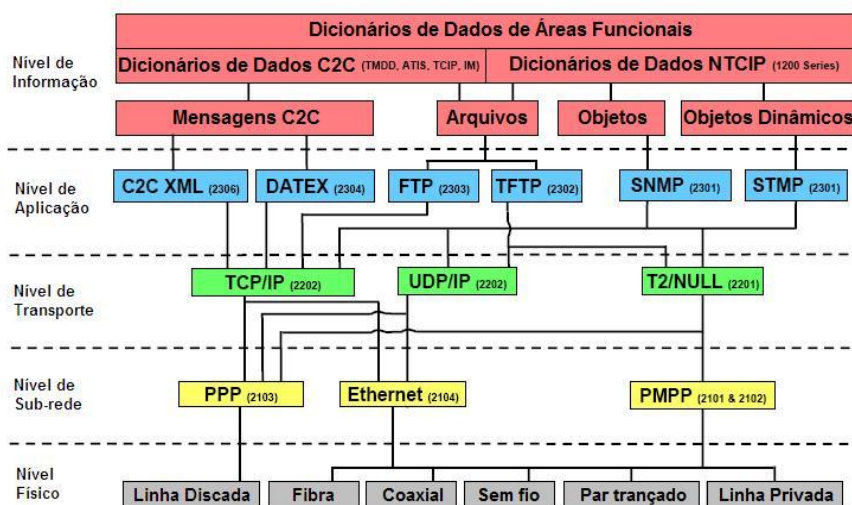


Figura 1: Pilha de protocolos do conjunto NTCIP; números entre parênteses são os documentos que definem cada protocolo em particular (NTCIP, 2009).

2.1. Protocolos para comunicação centro-a-centro (C2C)

Os protocolos de comunicação centro-a-centro podem usar *http* (sigla para o inglês *hypertext transfer protocol*), ou seja, o protocolo da rede mundial de servidores e clientes da *World Wide Web* (ou simplesmente “*web*”). A *web* foi construída sobre protocolos internet, notadamente TCP/IP, tornando-se o mais bem sucedido sistema distribuído de troca de informações em uso no mundo. No nível de aplicação, o NTCIP propõe que seja permitida a troca em tempo real de informações de gerência de qualquer ponto da internet, reproduzindo em alto nível a informação disponibilizada pelos equipamentos de campo à sua central local.

2.2. Razões para priorizar C2C no contexto brasileiro

Com base no exposto e nos documentos oficiais do NTCIP, considera-se ser muito oportuno iniciar o processo de implantação do NTCIP no contexto brasileiro pela padronização da comunicação C2C, pelas seguintes razões:

- i. O acesso direto a equipamentos de campo é feito pela central local. Portanto, não é crítico à ANTT se os protocolos desses equipamentos forem proprietários. O que se deve garantir é que o acesso aos dados dos equipamentos seja garantido através de protocolos de comunicação padronizados para trocas C2C;
- ii. Do ponto de vista dos equipamentos legados ora em uso, não é factível realizar a atualização dos softwares de controle e monitoração, conforme reconhecem os proponentes do NTCIP. Entretanto, a comunicação C2C passa a ser o único meio de obter-se, desde já, acesso aos dados desses equipamentos;
- iii. Em relação aos protocolos C2F, a implantação da comunicação C2C é mais simples. Com isso, os custos de implantação são reduzidos, trazendo economias de escala para a operação das rodovias e, conseqüentemente, para o usuário final;
- iv. Não se elimina do catálogo de compras das concessionárias aqueles fornecedores tradicionais de equipamentos que ainda não são compatíveis com NTCIP. Com o tempo, grupos de trabalho coordenados pela ANTT realizariam as especificações necessárias para os fabricantes poderem dotar seus equipamentos de interfaces padronizadas. Evita-se, assim, prejuízos decorrentes da falta de fornecedores de equipamentos NTCIP;
- v. As especificações existentes para comunicação C2C, embora ainda não oficialmente reconhecidas pelo NTCIP, cobrem um amplo espectro de necessidades de uma agência reguladora como a ANTT;
- vi. Por fim, deve-se reconhecer que a comunicação C2C terá de ser implementada sempre, independentemente da forma em que é feita a comunicação C2F. Sendo assim, recomenda-se iniciar por aí a implantação de protocolo padronizado no Brasil.

Uma vez que se defronta com a necessidade de implementação de comunicação C2C no contexto brasileiro, é preciso conhecer melhor as tecnologias disponíveis para realização da tarefa. Nas seções seguintes, se realiza o detalhamento da proposta de implementação fortemente baseada no conceito geral de operação da Web em si, isto é, documentos XML bem formados enviados sobre protocolo HTTP.

3. COMUNICAÇÃO CENTRO-A-CENTRO NO NTCIP

A família de pilhas de protocolos centro-a-centro apresentada no documento de referência NTCIP 9001 é composta por cinco níveis: informação, aplicação, transporte/rede, enlace e física, conforme ilustrado na Figura 2.

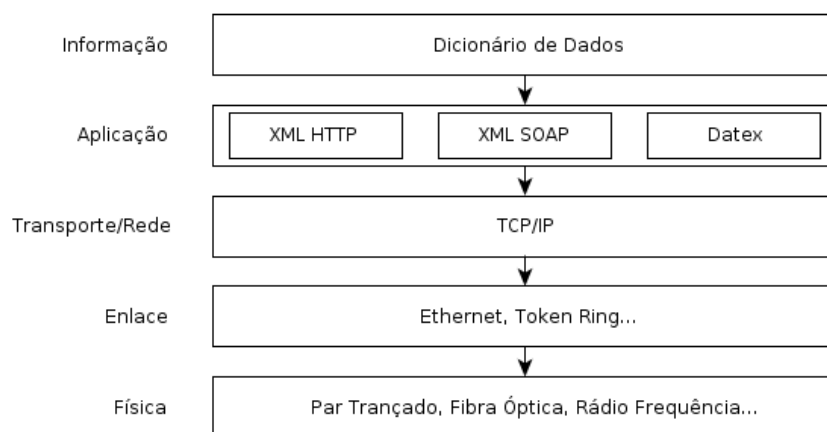


Figura 2: Pilha de protocolos NTCIP centro-a-centro (NTCIP 9001).

Os níveis físico e de enlace não são de interesse para a especificação centro-a-centro do NTCIP, sendo que qualquer tecnologia pode ser adotada desde que viabilize os protocolos dos níveis superiores. O nível de transporte/rede é responsável por viabilizar a comunicação fim-a-fim entre dois centros, sendo equivalente às camadas 3 e 4 do modelo OSI/ISO. A especificação centro-a-centro NTCIP exige que esta camada suporte os protocolos TCP/IP.

O nível de aplicação do NTCIP assume as responsabilidades das camadas de sessão, apresentação e aplicação do modelo OSI/ISO e define: forma de codificação e especificação das mensagens; forma de especificação dos diálogos, ou seja, especificação de uma sequência de mensagens trocadas por dois centros; protocolo para a transmissão e recepção das mensagens. Neste contexto o NTCIP define dois padrões de comunicação (diálogos):

Request-response: O diálogo é iniciado pelo envio de uma mensagem de um centro-origem para um centro-destino. Ao receber a mensagem, o centro-destino responde com o envio de uma mensagem de resposta.

Publish-subscribe: Implica na existência de um mecanismo de registro e notificação. Um centro realiza um diálogo Request-response para configurar futuras mensagens de notificação assíncronas.

Para implantar o nível de aplicação, o NTCIP fornece três opções de protocolos distintos: XML sobre HTTP, SOAP sobre HTTP, e Datex. Datex especifica um protocolo binário baseado em ASN.1, enquanto os outros dois especificam protocolos textuais baseados em linguagens de marcação XML.

As opções de implantação XML sobre HTTP e SOAP sobre HTTP são definidos pelo documento NTCIP 2306. Ambas as opções exigem que as mensagens tratadas pelo nível de aplicação devam ser codificadas em uma linguagem de marcação XML. Os diálogos devem

ser definidos através de uma linguagem de descrição de serviços Web chamada WSDL, enquanto os formatos das mensagens XML devem estar definidos através de documentos XML Schema. O envio e recepção de mensagens devem ser feitos utilizando-se o protocolo HTTP.

O nível de informação do NTCIP é composto por um dicionário de dados que define a o formato das mensagens, descrevendo os seguintes elementos de um dado sistema:

- Tipos de dados: o conjunto de valores que um dado pode vir a assumir.
- Quadro de dados: um conjunto de dados e/ou outros quadros de dados semanticamente relacionados.
- Mensagem: conjunto de quadros de dados e/ou dados a serem transferidos entre sistemas computacionais.
- Diálogo: sequência de mensagens trocadas entre dois sistemas computacionais.

Até o presente momento, a especificação centro-a-centro NTCIP não criou nem incorporou um dicionário de dados à sua especificação. Na seção 2.7.2 da especificação NTCIP 9001 (2009) é sugerida a adoção de dicionários de dados padronizados por agências como por exemplo a *American Public Transit Association* (APTA) no caso de dados de transportes públicos.

4. WORLD WIDE WEB

O sistema de comunicação entre agências reguladoras e diversas concessionárias em um país continental, com extensa malha rodoviária como o Brasil pode ser considerado um sistema distribuído de larga escala. Existe no mundo outro sistema distribuído de larga escala que vem provando sua resiliência ao longo do tempo: a *World Wide Web*.

A *World Wide Web*, ou simplesmente *web*, é um sistema distribuído de alcance mundial que permite que sistemas heterogêneos situados em diferentes partes do globo interoperem sem a necessidade de estarem submetidos a qualquer tipo de controle centralizado, fornecendo o baixo acoplamento necessário para que evoluam de forma independente e com o cumprimento de requisitos de segurança, confiabilidade e performance.

No cerne dos princípios que fundamentam a *web* está o conceito de recurso. Um recurso é qualquer informação que se deseje expor na *web*, seja ela um documento, o resultado de uma pesquisa em uma ferramenta de busca ou a foto de uma cidade. Esta definição abstrata de recurso é poderosa pois permite que praticamente qualquer coisa seja modelada desta maneira. Todo recurso possui um identificador universal denominado URI (*Universal Resource Identifier*) que permite que aplicações, tais como os navegadores, o referenciem e interajam com ele. Recursos são relacionados entre si através de *hiperlinks*, introduzindo o conceito de navegabilidade entre recursos e criando uma grande teia de informações.

Um princípio fundamental é que a interface de manipulação de um recurso é limitada a um conjunto restrito de operações que são definidas pelo protocolo HTTP. Esta abordagem, conhecida como o princípio da interface uniforme, contrasta com outras formas mais

tradicionais de se desenvolver sistemas distribuídos, onde cada aplicação define interfaces próprias para os seus componentes (Fielding, 2002).

A interface uniforme provê uma forma homogênea de se lidar com os recursos, simplificando a arquitetura e permitindo que agentes intermediários processem as mensagens, viabilizando o uso de caches compartilhadas, *proxies* e *gateways* que favorecem aspectos de escalabilidade, performance e segurança. O fato de possuírem uma interface comum não limita a forma que estes recursos podem ser implementados, desde que esta implementação esteja de acordo com as definições do HTTP, possibilitando um desacoplamento entre clientes e servidores, que podem evoluir de forma independente.

A ausência de estado na comunicação entre os componentes é outro princípio que deve ser destacado. Este estabelece que cada requisição deve conter toda a informação necessária para o seu processamento, favorecendo a atuação de agentes intermediários e facilitando a liberação de recursos por parte dos servidores, o que resulta em uma maior escalabilidade.

5. PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DA COMUNICAÇÃO ENTRE CENTRAIS

No que segue, propõe-se uma metodologia para implantação do padrão NTCIP para Comunicação entre Concessionárias e Agências Reguladoras baseada em XML/HTTP, visando diminuir o número de decisões que um centro terá que tomar para implantá-lo e propiciar menores custos de implantação e manutenção em relação à alternativa XML/SOAP, também prevista no NTCIP. A metodologia consiste em especificar em cada nível quais dentre as opções, quando existirem, devem ser escolhidas durante a implantação do sistema de comunicação entre Concessionárias e Agências Reguladoras.

Com relação aos níveis apresentados na Figura 2, destacam-se os seguintes aspectos relativos a definições preliminares desta proposta:

- **Nível de Rede/Transporte:** adoção do protocolo TCP/IP, conforme exigido pelo NTCIP;
- **Nível de Aplicação:** escolha de apenas um dentre os três protocolos previstos pelo NTCIP. Caso isso não seja realizado, as agências reguladoras deverão implementar todos os protocolos definidos para o nível de aplicação, pois as concessionárias que implementam qualquer um dos três protocolos estão em conformidade com o NTCIP. Recomenda-se a escolha de XML/HTTP, pois as duas outras opções apresentam as seguintes dificuldades:
 - o protocolo Datex apresenta uma implementação mais difícil, entretanto é o mais econômico em termos de largura de banda. Entendemos que a economia de banda obtida na adoção do perfil Datex não é suficiente para justificar a sua escolha, frente a sua maior dificuldade de implantação e a crescente disponibilidade de internet de banda larga no Brasil (principalmente entre centrais de controle e monitoração de tráfego);
 - a terceira alternativa, SOAP sobre HTTP, introduz um elemento extra de complexidade ao introduzir envelopes SOAP em torno das mensagens XML. Entendemos que a complexidade trazida pela introdução destes envelopes é desnecessária. A utilização do sub-perfil XML sobre HTTP traz maior transparência e simplicidade de implementação e de manutenção, preservando os princípios básicos que norteiam a *web*.

- Nível de informação: deve ser criado um dicionário de dados que atenda as necessidades específicas do Brasil e da ANTT. Recomendamos que este dicionário seja elaborado pela ANTT, agências reguladoras, concessionárias, público e outras partes interessadas de forma conjunta. É importante observar a adoção das práticas e princípios da *web* para definição do dicionário de dados. Isto inclui o projeto e definição dos recursos, além dos elementos comumente encontrados no dicionário de dados

A partir das escolhas justificadas acima, a pilha de protocolos proposta pode ser representada esquematicamente conforme mostrado na Figura 3.

6. CASO DE USO: CONTADOR DE FLUXO

Nesta seção, ilustra-se através de um exemplo como os protocolos e padrões podem ser usados para troca de dados. O exemplo foi elaborado em conjunto com a concessionária responsável pela Rodovia BR-290, que liga Porto Alegre a Osório no Rio Grande do Sul, e considera a contagem de veículos nas praças de pedágio. Baseou-se em análise de dados e informações disponibilizadas pela concessionária e pela Resolução N° 3.576 da ANTT, de 2 de setembro de 2010.

Uma das praças de pedágio possui os sentidos Litoral (pista Sul) e Porto Alegre (pista Norte). Neste exemplo, mostra-se as definições e as trocas de mensagem para se obter a contagem do fluxo de veículos por minuto em uma abordagem top-down, isto é, partindo do nível de informação até o nível de rede/transporte.

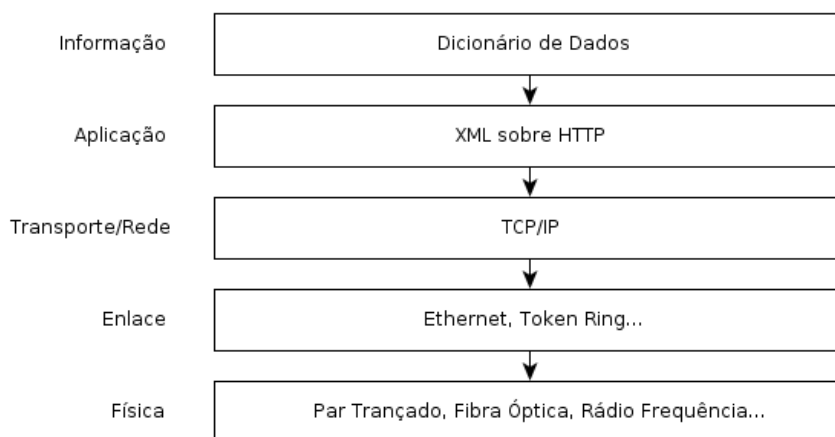


Figura 3: Pilha de protocolo da proposta de padrão de comunicação centro-a-centro.

O nível de informação possui as definições de todas as informações de interesse. No caso específico da contagem do fluxo de veículos por minuto, considera-se as seguintes informações:

- URI: URI para o próprio recurso contendo a contagem do fluxo de veículos por minuto
- Praça de pedágio: URI do recurso que descreve a “praça de pedágio” a qual a contagem se refere.
- Sentido: URI para o recurso que descreve o “sentido” no qual a contagem foi realizada.
- Fluxo de veículos por categoria: contagem do número de veículos agrupados por minuto e por categoria.

Um exemplo da codificação destas informações em um fragmento XML pode ser visto na Figura 4.

```
<fluxoPorMinuto>
  <uri>http://concepa.edugraf.ufsc.br/central/pracaDePedagio/gravatai/sentido/litoral/fluxoPorMinuto</uri>
  <praçaDePedágio>http://concepa.edugraf.ufsc.br/central/pracaDePedágio/gravatai</praçaDePedágio>
  <sentido>http://concepa.edugraf.ufsc.br/central/pracaDePedagio/gravatai/sentido/litoral</sentido>
  <data>03/03/2011</data>
  <fluxos hora="14:4">
    <fluxo classificação="Veículos">8</fluxo>
    <fluxo classificação="Comercial">4</fluxo>
    <fluxo classificação="Comercial Grande">6</fluxo>
    <fluxo classificação="Moto">8</fluxo>
  </fluxos>
</fluxoPorMinuto>
```

Figura 4: Fragmento de XML descrevendo o fluxo de veículos por minuto.

O nível de informação possui a descrição das mensagens de fluxo por minuto validadas através de um documento XML Schema, como mostrado na Figura 5.

```
<xs:complexType name="FluxoPorMinuto">
  <xs:sequence>
    <xs:element name="uri" type="xs:anyURI"/>
    <xs:element name="praçaDePedágio" type="xs:anyURI"/>
    <xs:element name="sentido" type="xs:anyURI"/>
    <xs:element name="data" type="xs:date"/>
    <xs:element name="fluxos" type="Fluxos"/>
  </xs:sequence>
</xs:complexType>
<xs:complexType name="Fluxos">
  <xs:sequence maxOccurs="unbounded">
    <xs:element name="fluxo" type="Fluxo" />
  </xs:sequence>
  <xs:attribute name="hora" type="xs:time" />
</xs:complexType>
<xs:complexType name="Fluxo">
  <xs:simpleContent>
    <xs:extension base="xs:integer">
      <xs:attribute name="classificação" type="ClassificaçãoDeVeículos" />
    </xs:extension>
  </xs:simpleContent>
</xs:complexType>
```

Figura 5: Definição do quadro de dados representando o fluxo por minuto.

Os tipos de dados já pré-definidos na especificação do XML Schema, prefixados com “xs”, foram re-aproveitados e o tipo de dado `ClassificaçãoDeVeículos` foi definido pelo fragmento do documento XML Schema mostrado na Figura 6.

```
<xs:simpleType name="ClassificaçãoDeVeículos">
  <xs:union>
    <xs:simpleType>
      <xs:restriction base="xs:integer">
        <xs:minInclusive value="1" />
        <xs:maxInclusive value="10" />
      </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
    <xs:simpleType>
      <xs:restriction base="xs:string">
        <xs:enumeration value="Veiculo" />
        <xs:enumeration value="Comercial" />
        <xs:enumeration value="Comercial Grande" />
        <xs:enumeration value="Moto" />
      </xs:restriction>
    </xs:simpleType>
  </xs:union>
</xs:simpleType>
```

Figura 6: Definição do tipo de dado `ClassificaçãoDeVeículos`.

Mensagens são compostas por um conjunto de quadros e informações. Abaixo define-se duas mensagens: uma requisição e uma resposta. A requisição é definida de acordo com a Figura 7.

```
<xs:element name="reqSentidoDePracaDePedágio">
  <xs:complexType>
    <xs:sequence>
      <xs:element name="pedagio" type="xs:string" minOccurs="1" maxOccurs="1" />
      <xs:element name="sentido" type="xs:string" minOccurs="1" maxOccurs="1" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
</xs:element>
```

Figura 7: Definição da mensagem para requisição do fluxo de veículos.

A resposta, por sua vez, é definida conforme o quadro com o seguinte formato:

```
<xs:element name="fluxoPorMinuto" type="FluxoPorMinuto" />
```

Os diálogos são definidos através do objeto “operação” (*operation*) do documento WSDL, conforme exemplo mostrado na Figura 8.

```
<wsdl:operation name="obterFluxoPorMinuto" pattern="http://www.w3.org/ns/wsdl/in-out"
style="http://www.w3.org/ns/wsdl/style/iri" wsdlx:safe="true">
  <wsdl:input element="msg:reqSentidoDePracaDePedágio" />
  <wsdl:output element="msg:pracasDePedágio" />
</wsdl:operation>
```

Figura 8: Definição da operação no WSDL.

As mensagens definidas dentro do WSDL no objeto “operação”, devem ser associadas a recursos e métodos HTTP. Para isto, é criado um objeto “binding” do WSDL, como ilustrado na Figura 9.

```
<wsdl:binding name="BindingHTTPListaDePracasDePedagio" type="http://www.w3.org/ns/wsdl/http"
interface="tns:InterfaceListaDePracasDePedagio">
  <wsdl:operation ref="tns:obterFluxoPorMinuto" whttp:method="GET"
whhttp:location="central/pracaDePedagio/{pedagio}/sentido/{sentido}/fluxoPorMinuto" />
</wsdl:binding>
```

Figura 9: Definição do “binding” no WSDL.

Com isto, todos os elementos necessários do nível de informação estão definidos. Os documentos WSDL e XML Schema restringem os documentos XML que trafegam pelo nível de aplicação, por meio do protocolo HTTP. Por exemplo, para acessar as informações de fluxo sentido “litoral” do pedágio de “Gravatá”, se envia uma mensagem GET para o recurso conforme mostra a Figura 10.

```
http://concepa.edugraf.ufsc.br:8099/central/pracaDePedagio/gravatai/sentido/litoral/fluxoPorMinuto
```

Figura 10: URI para obtenção da contagem do fluxo de veículos.

O formato da mensagem GET, enviada através do nível de transporte/rede, é apresentado na Figura 11.

```
GET /central/pracaDePedagio/gravatai/sentido/litoral/fluxoPorMinuto HTTP/1.1
Content-Type: application/x-www-form-urlencoded
Host: concepa.edugraf.ufsc.br
```

Figura 11: Mensagem HTTP usada para requisitar a contagem do fluxo de veículos.

```

HTTP/1.1 200 OK
Transfer-Encoding: chunked
Date: Thu, 03 Mar 2011 17:51:14 GMT
Accept-Ranges: bytes
Vary: Accept-Charset, Accept-Encoding, Accept-Language, Accept
Content-Type: application/xml; charset=UTF-8

<fluxoPorMinuto xmlns="http://www.antt.gov.br/xsd">
  <uri>http://concepa.edugraf.ufsc.br/central/pracaDePedagio/gravatai/sentido/litoral/fluxoPorMinuto</uri>
  <praçaDePedágio>http://concepa.edugraf.ufsc.br/central/pracaDePedágio/gravatai</praçaDePedágio>
  <sentido>http://concepa.edugraf.ufsc.br/central/pracaDePedagio/gravatai/sentido/litoral</sentido>
  <data>03/03/2011</data>
  <fluxos hora="14:51">
    <fluxo classificação="Veículos">8</fluxo>
    <fluxo classificação="Comercial">4</fluxo>
    <fluxo classificação="Comercial Grande">6</fluxo>
    <fluxo classificação="Moto">8</fluxo>
  </fluxos>
</fluxoPorMinuto>

```

Figura 12: Resposta HTTP com a contagem do fluxo de veículos.

Ao receber a requisição, o servidor responde com um documento XML compatível com o XML Schema definido no nível de informação (Figura 7). A resposta HTTP recebida pelo cliente através do nível de transporte/rede é mostrada na Figura 12.

Como resultado de uma implantação de um protótipo, podem ser acessados desde já informações sobre o fluxo de veículos em segmentos da malha viária concessionada à CONCEPA. A Figura 13 mostra um exemplo de resposta em XML à solicitação de fluxo de veículos implementada no protótipo. O exemplo completo do protótipo implementado está disponível no endereço <http://concepa.edugraf.ufsc.br>. O WSDL e o XML schema do nível de informação exemplo estão disponíveis, respectivamente, em:

- <http://concepa.edugraf.ufsc.br/wsdl>
- <http://concepa.edugraf.ufsc.br/xmlschema>

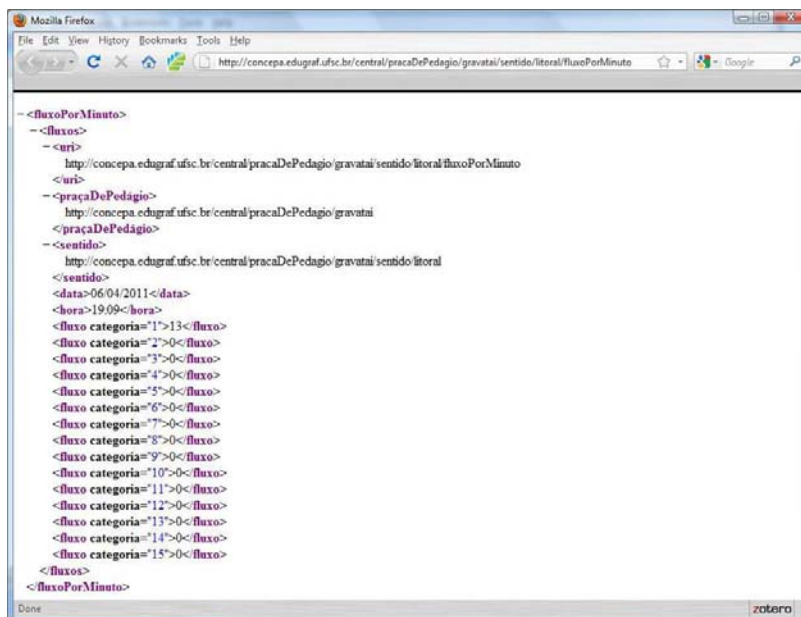


Figura 13: Resposta em XML a uma solicitação de fluxo de veículos no sistema protótipo em operação (<http://concepa.edugraf.ufsc.br/central/pracaDePedagio/gravatai/sentido/litoral/fluxoPorMinuto>).

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Este documento apresentou argumentos técnicos que embasam uma proposta para implementação da comunicação Centro a Centro no contexto da implantação do NTCIP no contexto brasileiro. A evolução histórica do NTCIP indica que as tecnologias mais longevas serão aquelas com menor acoplamento entre provedores de serviços, levando à escolha de XML sobre HTTP, de acordo com os princípios de arquitetura da Web, como a plataforma ideal para evitar a obsolescência dos padrões de comunicação.

As recomendações finais a serem feitas são as seguintes:

- Em consonância com o que preconizam os documentos do NTCIP, deve ser empreendido um esforço de engenharia de sistemas, coordenado pela ANTT, no sentido de se especificar e implementar um conjunto de funcionalidades que atendam aos requisitos;
- Para realização desse esforço, propõe-se a formação de grupo de trabalho constituído por técnicos de engenharia e informática das concessionárias de rodovias federais, fornecedores de equipamentos, consultores, universidades e outros órgãos de governo interessados (CONTRAN, por exemplo) com a finalidade de definir precisamente os requisitos da ANTT em vista de estabelecimento de interoperabilidade e intercambiabilidade de centrais e equipamentos de campo;
- O primeiro resultado deve ser a produção de um arcabouço dos recursos disponibilizados por Serviços Web, na forma de regras de formatação das mensagens XML e dos dicionários de dados das funcionalidades exigidas, os quais inclusive não estão definidos formalmente pelo NTCIP.

Com tais medidas, será maximizada a chance de sucesso da iniciativa de padronização no sentido de melhorar o serviço prestado aos usuários das rodovias federais sob concessão.

BIBLIOGRAFIA

- NTCIP (1999) *NTCIP 9001 – The NTCIP Guide*. National Electrical Manufacturers Association, Ed. 1. Virginia, EUA.
- NTCIP (2009) *NTCIP 9001 – The NTCIP Guide*. National Electrical Manufacturers Association, Ed. 4. Virginia, EUA.
- NTCIP (2010) *NTCIP 2310 – Transportation Management Framework*. National Electrical Manufacturers Association, Virginia, EUA.
- E. Christensen, F. Curbera, G. Meredith, S. Weerawarana, (2001) *Web Services Definition Language (WSDL) 1.1*. W3C Note 15. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/wsdl.html>. Acessado em 15/03/2011.
- UDDI (2004) *Universal Description Discovery and Integration (UDDI)*, UDDI community specification. Disponível em <http://www.oasis-open.org/committees/uddi-spec/doc/spec/v3/uddi-v3.0.2-20041019.htm>, Acessado em 15/03/2011.
- W3C (2010) *Extensible Markup Language (XML)*. Disponível em <http://www.w3.org/XML/>. Acessado em 07/2010.
- W3C (2000), *XML Schema 1.0*, W3C Recommendation, maio 2000. Disponível em <http://www.w3.org/TR/xmlschema-0/>
- Fielding, R. (2002) *Architectural styles and the design of network based software architectures*. Tese de Doutorado. Universidade da Califórnia, Irvine.
- Berners-Lee, T. (1996) WWW: Past, present, and future; *IEEE Computer*, 29(10), pp. 69-77.