

Matheus Eduardo B. Morais e Bruno Rubin

***Suporte a Codificação e Decodificação do WebP no
Mozilla Firefox***

Porto Alegre

2012/08/28

Matheus Eduardo B. Morais e Bruno Rubin

***Suporte a Codificação e Decodificação do WebP no
Mozilla Firefox***

Orientador:
Isabel H. Manssour

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL (PUCRS)

Porto Alegre

2012/08/28

Sumário

1	Introdução	p. 3
1.1	Contextualização	p. 3
1.2	Motivação	p. 4
1.3	Objetivo	p. 5
2	Fundamentação Teórica	p. 6
2.1	A World Wide Web	p. 6
2.2	Os Web Browsers	p. 7
2.3	HTML5	p. 8
3	WebP	p. 10
3.1	Contextualização	p. 10
3.2	Mozilla Firefox e o WebP	p. 10
4	Trabalhos Relacionados	p. 12
4.1	JPEG 2000	p. 12
4.2	JPEG XR	p. 13
5	Proposta	p. 14
5.1	Objetivos	p. 14
5.2	Ambiente de Desenvolvimento	p. 14
5.3	Modelagem e Arquitetura	p. 14
5.4	Projeto	p. 14
6	Comentários Finais	p. 15
	Referências Bibliográficas	p. 16

1 *Introdução*

1.1 Contextualização

A internet se resume nos dias de hoje ao chamado WWW, ou *World Wide Web* onde usuários acessam páginas da *Web* escritas em uma linguagem específica definida por uma organização internacional (W3C), que é renderizada através de um software chamado de navegador. O usuário então pode ler as informações descritas ali e acessar os demais conteúdos da página através de seus hiperlinks de uma maneira fácil e intuitiva.

Com a crescente evolução dos meios de comunicação, a necessidade de total interatividade do usuário com as páginas aumentou cada vez mais. Uma página da *Web* não é somente texto como era nos primórdios, ela é composta de uma série de diferentes atores como folhas de estilo, imagens e vídeos. Estes atores existem para aumentar a facilidade no uso e causar uma experiência mais agradável para o usuário final.

Apesar da mudança na necessidade dos usuários da *Web*, nenhuma alteração significativa foi feita nos protocolos e linguagens que são utilizadas hoje. Boa parte da tecnologia implementada atualmente foi criada no início dos anos 90 e apesar de sofrerem revisões periódicas, continuam não atendendo totalmente as demandas que surgem. Outro fator importante é que mesmo com o advento nas tecnologias de comunicação, nem todas as pessoas tem acesso a esta evolução. Seja por uma questão econômica ou mesmo pela falta de infraestrutura, nem toda população do planeta pode contar com aquilo que há de mais moderno.

Recentemente a empresa estadunidense *Google Inc.* promoveu uma série de iniciativas em conjunto com a comunidade internacional no esforço chamado de "*Let's make the Web Faster*" (GOOGLE, 2012a), que consiste em um processo de reengenharia dos protocolos, linguagens e demais itens que compõem a *Web*. Dentro deste processo novos padrões e formatos estão sendo sugeridos para melhorar a performance e a qualidade na experiência do usuário com as páginas. Uma das sugestões é a utilização de um novo método para compressão de imagens chamado de *WebP*. Este formato é capaz de comprimir aproximadamente 39% mais que a melhor solução utilizada hoje (JPEG) (GOOGLE, 2010). O suporte a renderização de imagens *WebP* está implementado hoje para os navegadores Chrome e Opera. A proposta deste trabalho é a inclusão do suporte de codificação e decodificação ao *WebP* para o navegador Mozilla Firefox.

1.2 Motivação

Os estudos mais recentes mostram que a capacidade de compressão do formato *WebP* tem cerca de 39% de ganho quando comparado com JPEG e JPEG200.

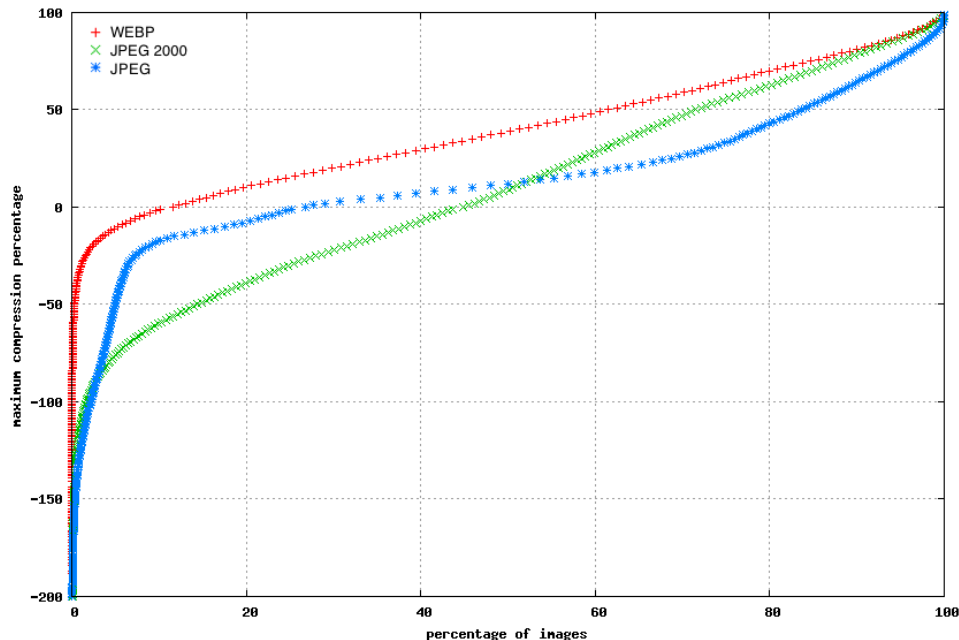


Figura 1.1: Comparação do tamanho das imagens e porcentagem de compressão (GOOGLE, 2010)

Embora a implementação do suporte ao *WebP* esteja somente disponível para dois navegadores (Chrome e Opera), estes constituem mais de 29% de todos os navegadores utilizados dentro da internet hoje. Se houvesse suporte ao *WebP* dentro do Mozilla Firefox este percentua aumentaria para 52%, já que cerca de 22% dos navegadores utilizados hoje são Mozilla Firefox (STATCOUNTER, 2012), como ilustra a Figura 2.

Embora não exista nenhuma diretiva da W3C para qual método de compressão de imagens utilizar por padrão e não sabemos se haverá tal tipo de registro neste sentido no futuro, é importante ressaltar que quanto mais navegadores suportarem a compressão usando o formato *WebP*, mais os desenvolvedores vão optar por utilizar este formato dada suas vantagens. Uma força de 52% de suporte dentro dos navegadores da internet também vai fazer com que aqueles que ainda não decidiram pela implementação do suporte ao novo formato, também o faça em virtude da pressão exercida pela maioria.

O aumento na capacidade de compressão do formato *WebP* trará de imediato a melhora no tempo de resposta para o *download* da imagem no navegador do usuário e também diminuirá o tráfego na comunicação entre cliente e servidor. É importante notar que a utilização em massa deste novo formato vai ajudar na diminuição do tráfego de rede dentro da internet de uma maneira global, e isso resulta diretamente em maior vazão para outros recursos que consomem mais banda, como é o caso de um *streaming* de vídeo por exemplo.

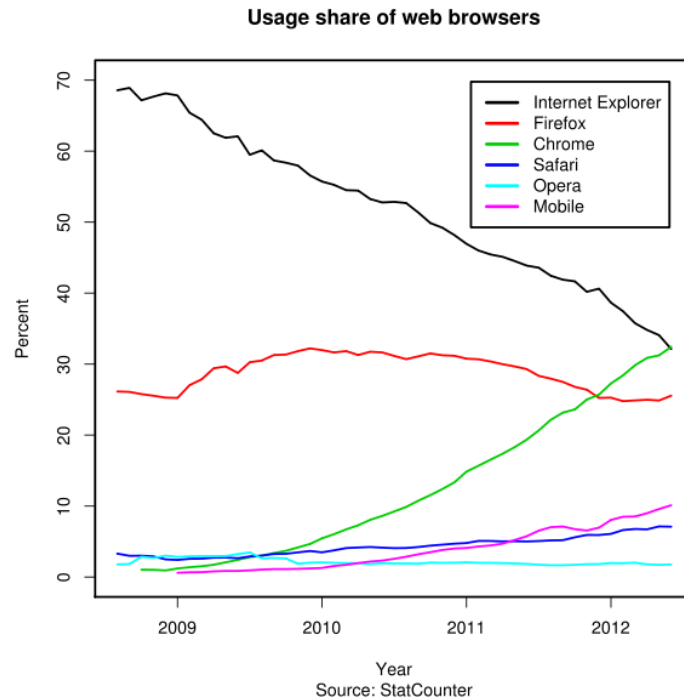


Figura 1.2: Percentual de utilização dos Navegadores na Web (STATCOUNTER, 2012)

1.3 Objetivo

Com o objetivo de aumentar a disseminação do novo formato dentro da *Web*, a proposta é de habilitar o suporte dentro do Mozilla Firefox. Embora a implementação do suporte ao *WebP* esteja somente disponível para dois navegadores (Chrome e Opera), estes constituem mais de 29% de todos os navegadores utilizados dentro da internet hoje. A implementação do suporte ao *WebP* dentro do Mozilla Firefox aumentará este percentual para 52%, já que cerca de 22% dos navegadores utilizados hoje são Mozilla Firefox (STATCOUNTER, 2012).

2 *Fundamentação Teórica*

2.1 A World Wide Web

A internet hoje em dia se fundamenta nos princípios da *World Wide Web* ou somente *Web* como é conhecida. Os usuários se conectam na rede mundial de computadores e utilizam as páginas da *Web* para realizar todo e qualquer tipo de ação dentro da rede, desde conversar com seus amigos e familiares até realizar compras em uma página de *e-commerce*.

A *World Wide Web* foi inventada no CERN (Centro Europeu de Pesquisa Nuclear), com principal objetivo de servir como suporte para a consulta e comunicação interna dos projetos de pesquisa (COMMUNICATIONS, 2008). A idéia inicial era utilizar hipertextos, na qual funcionariam também como hiperlinks e fariam ligações para demais páginas contendo outro tipo de informação. Toda plataforma desenvolvida internamente dentro do CERN para a *Web* foi posteriormente disponibilizada ao domínio público, sem cobrança de royalties sob qualquer parte. Mais tarde Tim Berners-Lee, o fundador da *Web* dentro do CERN, criou a *World Wide Web Consortium* com o intuito de definir padrões de utilização e interoperabilidade entre tecnologias dentro da rede. Conhecido também como W3C, é composto por funcionários de diversas empresas que trabalham em período integral para manter e evoluir os padrões especificados pela organização (W3C, 2012a).

Além de ser utilizada por pessoas, a *Web* também é utilizada para comunicação entre sistemas. Efetivamente são computadores acessando outros computadores para realizarem a troca de informações, podendo ser em tempo real ou não. Como os padrões definidos tem suas especificações abertas, a *Web* também se torna uma ótima ferramenta para integrar sistemas diferentes em plataformas diferentes. Hoje em dia os chamados *Web-Services* são utilizados juntamente com os conceitos de Orientação a Objetos para integração entre sistemas. A comunicação utilizando os *Web-Services* se baseiam nos princípios e padrões especificados pelo W3C para a *Web* (CURBERA; WEERAWARANA, 2001).

Uma parte importante da *Web* são os chamados *Web Browsers* ou Navegadores que servem para que as páginas da *Web* possam ser acessadas e operadas. Os navegadores são ferramentas que interpretam os padrões descritos pela W3C e fazem a interface para que os humanos consigam entender as informações descritas nas páginas e consigam navegar por elas de forma intuitiva, utilizando os hiperlinks.

Com o advento da qualidade na comunicação da internet, as páginas da *Web* se tornaram cada vez mais elaboradas e interativas. Atualmente elas não são mais compostas apenas de hipertextos com hiperlinks, esses componentes simples deram espaço para um conjunto de maior complexidade que processam imagens, vídeos e sons. Embora estas funcionalidades dinâmicas existam, não há um padrão claro a respeito delas. A HTML,

que é a linguagem de programação da Web, não oferece suporte nativo para todas estas implementações, e plugins adicionais não padronizados são utilizados para implementar estas necessidades específicas (o Flash Player e o Java FX são um exemplo).

A W3C trabalha em uma evolução da linguagem HTML mais preparada para este tipo de cenário, a chamada HTML5. Dentro da HTML5 existem vários detalhes em discussão e um dos mais importantes é a questão da forma como vídeo e imagem serão interpretados. O valor 5 da HTML vem por essa ser a quinta revisão completa da linguagem, que promete ser uma das maiores revisões feitas até hoje (W3C, 2012b).

2.2 Os Web Browsers

Com a explosão do uso da *World Wide Web* na década de 90 (BLOOMBERG, 2012), diversas grandes empresas da computação, como Microsoft, Google e Apple, investiram no desenvolvimento de novos softwares que possibilitassem aos usuários a busca de dados e informações que estivessem publicadas Internet. Na computação, um *Web Browser*, também chamado de Navegador, é um *software* com uma interface gráfica que possui como principal funcionalidade a apresentação de documentos virtuais da Internet, popularmente chamado de páginas da Web.

O navegador é, talvez, o software mais amplamente utilizado na história e teve uma evolução significativa nos últimos quinze anos. Hoje em dia, usuários dos mais variados níveis, utilizam navegadores em diversos tipos de *hardware*, desde celulares e *tablets* até computadores comuns (GROSSKURTH; GODFREY, 2005).

De acordo com as estatísticas de *market share* apresentadas na Tabela 1, os navegadores mais utilizados mundialmente são: Opera (Opera Software), Safari (Apple), Internet Explorer (Microsoft), Firefox (Mozilla Corporation & Mozilla Foundation) e Chrome (Google), em ordem crescente de popularidade (W3SCHOOLS, 2012).

Tabela 2.1: Estatísticas de utilização dos Navegadores por mês (W3SCHOOLS, 2012).

2012	Internet Explorer	Firefox	Chrome	Safari	Opera
September	16.4%	32.2%	44.1%	4.2%	2.1%
August	16.2%	32.8%	43.7%	4.0%	2.2%
July	16.3%	33.7%	42.9%	3.9%	2.1%
June	16.7%	34.4%	41.7%	4.1%	2.2%
May	18.1%	35.2%	39.3%	4.3%	2.2%
April	18.3%	35.8%	38.3%	4.5%	2.3%
March	18.9%	36.3%	37.3%	4.4%	2.3%
February	19.5%	36.6%	36.3%	4.5%	2.3%
January	20.1%	37.1%	35.3%	4.3%	2.4%

A principal funcionalidade de um navegador é apresentar ao usuário o recurso da Web que ele escolher. Este recurso geralmente é um documento em formato HTML, podendo ser também uma imagem, um arquivo PDF ou outro formato. A localização do recurso é especificada pelo usuário através de um URL (Uniform Resource Locator), na qual é

traduzido pelo navegador e utilizado para realizar a solicitação das informações para um servidor web e posteriormente, exibi-los em sua janela (GROSSKURTH; GODFREY, 2005).



Figura 2.1: Fluxo básico de requisição de uma página da Web para um servidor (STATCOUNTER, 2012)

A forma com que o navegador interpreta e exibe arquivos HTML (HiperText Markup Language) e folhas de estilo CSS (Cascading Style Sheet) são especificações mantidas pela W3C (*World Wide Web Consortium*).

A interface gráfica de um navegador possui diversos elementos que são comuns independentemente do software que esteja sendo utilizado. Entre estes elementos, pode-se citar:

- Barra de endereços para digitação de URL;
- Botão de Home na qual leva o usuário para a página inicial;
- Botões de Voltar e Avançar para as páginas que já foram visualizadas;
- Botão de Favoritos;
- Botão de Atualizar e Parar para atualizar e cancelar o carregamento de páginas.

A concorrência existente entre as empresas e os produtos oferecidos atualmente, se dá principalmente pela velocidade de navegação e a utilização dos recursos computacionais. Cada dia mais, surgem novos padrões e estudos de novas tecnologias relacionadas, que possibilitam que os navegadores tenham um melhor desempenho na execução das suas funções. Um exemplo é o HTML5, que tem como objetivo tornar o conteúdo das páginas mais dinâmico, deixando de lado o conceito do browser que apenas realiza a apresentação do documento, mas que interaja como uma aplicação única através dos recursos e ferramentas (TAIVALSAARI; MIKKONEN, 2011).

2.3 HTML5

Em 1998 o W3C decidiu que eles não iriam mais continuar o desenvolvimento da linguagem da Web até então, a HTML (*HyperText Markup Language*). Ao invés disto eles iriam trabalhar em um novo formato o qual acreditavam ser o futuro da Web, assim

nasceu a linguagem XHTML (*Extensible HyperText Markup Language*) que se fundamentava nos princípios da XML (*Extensible Markup Language*). Desta forma a revisão 4.01 da HTML foi congelada, e os esforços se direcionaram para a evolução da XHTML que em sua versão 2.0 trazia além de muitas mudanças revolucionárias, a quebra de toda compatibilidade das aplicações escritas nas versões anteriores da especificação.

Muitos não gostaram desta nova iniciativa, em particular um grupo que trabalhava no desenvolvimento do navegador Opera, que não ficou parado, e além de não adotar a XHTML, começou a trabalhar na especificação de uma linguagem HTML extensiva que não quebrasse a compatibilidade das versões anteriores. A especificação foi inicialmente chamada de *Web Forms 2.0* e mais tarde foi nomeada para HTML5 por ser a quinta revisão da HTML (SHARP, 2011). O W3C então começou a trabalhar na quinta revisão e apesar de não ter sido lançada nenhuma versão final da especificação, praticamente todos navegadores já implementam o suporte à nova definição da HTML.

Uma das necessidades que a HTML5 deve suprir é o suporte para processamento de vídeo e som que nos dias de hoje se fundamenta no *plugin Flash*. Para esta implementação foi escolhido o formato WebM que possibilita aos navegadores renderizar nativamente vídeo e áudio sem a necessidade de *plugins* adicionais. O formato WebM é composto pelo método de compressão de vídeo VP8 e o padrão de áudio Vorbis. O WebP é parte integrante do WebM, porém com foco voltado para compressão de imagens.

3 *WebP*

3.1 Contextualização

O WebP é um novo formato de imagem que implementa compressão *lossless* e *lossy* para imagens na Web. Utilizando uma técnica de compressão *lossless* o WebP consegue apresentar imagens 26% menores no tamanho quando comparado com o formato PNG. Utilizando imagens com *lossy* os resultados são ainda melhores reduzindo de 25-34% quando comparado com o formato JPEG. O WebP também fornece suporte a transparência com apenas 22% de *bytes* adicionais. O WebP utiliza uma metodologia semelhante aquela usada na compressão VP8 que faz parte do pacote WebM para o processamento de vídeo e áudio (GOOGLE, 2012b).

A tecnologia por trás do WebP é fundamentada no conceito de *block prediction*. Cada bloco tem seu valor previsto baseado nos três blocos acima dele e no primeiro bloco a esquerda dele. Existem quatro métodos para previsão dos blocos, a horizontal, a vertical, a DC e a *TrueMotion*. As informações que foram previstas incorretamente e os blocos que não são previsíveis são comprimidos em um sub-bloco de 4x4 *pixels*. No final o resultado é comprimido utilizando *Entropy encoding* que é um método *lossless* para compressão de dados.

O suporte à codificação e decodificação do WebP está disponível nos navegadores Google Chrome e Opera. Como o Mozilla Firefox já possui suporte ao WebM, alguma parte do código para a implementação do WebP já reside dentro do navegador uma vez que tanto WebP quanto VP8 utilizam a mesma técnica para a compressão de imagens.

3.2 Mozilla Firefox e o WebP

O formato WebP foi disponibilizado em 2010 mas nunca conseguiu ser integrado ao Mozilla Firefox. Inclusive na época um *bug* foi aberto dentro do *bugzilla* da Mozilla solicitando a implementação do formato WebP (IMPLEMENT..., 2010). Naquela tempo a equipe principal de desenvolvimento do Mozilla Firefox decidiu por não realizar a implementação em virtude de uma série de considerações contrárias ao formato WebP (MUIZELAAR, 2011). O time de desenvolvimento do WebP levou em conta as críticas que recebeu dos desenvolvedores do Mozilla Firefox e fez uma série de ajustes para suprir as necessidades que estavam sendo demandadas. Embora praticamente todos os apontamentos dados tenham sido ajustados ainda não há uma clara razão do por que ele ainda não foi implementado. Em 2010 um *patch* rudimentar foi escrito e submetido mas não foi

aceito. Existem também algumas extensões que fazem com que o Firefox consiga exibir imagens WebP, porém estas extensões não caracterizam um desenvolvimento adequado visto que elas dependem de plugins adicionais. A proposta é que o navegador seja capaz de realizar a codificação e decodificação nativamente.

Pelo que parece há por trás disso uma razão política na não adoção do formato WebP até o presente momento. Apesar do Google ter aumentado os investimentos no desenvolvimento do Mozilla Firefox em 2011, o Google Chrome vem tomando espaço do Firefox na internet e há um temor de que a própria existência do Firefox esteja ameaçada graças ao grande sucesso do navegador concorrente. Entretanto pelo que foi pesquisado dentro da comunidade há alguma chance de que caso uma implementação decente seja feita, ela poderá ser aceita dentro do código oficial.

4 *Trabalhos Relacionados*

Os seguintes trabalhos estão relacionados com o tema proposto:

- JPEG 2000 Atualização do padrão JPEG para compressão de imagens.
- JPEG XR Alternativa mais leve ao JPEG 2000 para compressão de imagens.

4.1 JPEG 2000

JPEG 2000 é um padrão de compressão de imagens, criado pela Joint Photographic Experts Group com o objetivo de ser amplamente utilizado em diversas áreas. Suas principais aplicações se deram em câmeras digitais, possibilitando imagens com resoluções maiores, de maior qualidade, utilizando uma compressão dessas informações em um arquivo fisicamente menor; na *Internet*; em impressões avançadas; em imagens médicas e outros setores chaves. O objetivo do JPEG 2000 não é apenas melhorar o desempenho de compressão em relação ao JPEG, mas adicionar (ou melhorar) características como escalabilidade e capacidade de edição.

O formato JPEG 2000 trouxe alguns benefícios em relação ao JPEG, sendo eles:

- Compressão da imagem sem perda de qualidade
- Preservação da transparência nas imagens
- Uso de máscaras (canais alpha) para especificar uma área da imagem que necessite ser salva em uma taxa de compressão mais baixa (perda de informação de imagem) do que outras áreas que possui um menor interesse para o usuário
- Preservação das informações EXIF nos arquivos de imagem
- Opções do usuário quanto ao tamanho, qualidade e número de imagem de visualização-miniaturas em um site.

A principal vantagem oferecida pelo formato JPEG 2000 é a flexibilidade no manuseio do codestream obtido após uma compressão de imagem utilizando este algoritmo. O codestream obtido, pode ser decodificado de diversas maneiras.

O JPEG 2000 foi publicado como um padrão ISO, ISO / IEC 15444. Atualmente o formato não é suportado em navegadores web e, portanto, não é geralmente utilizado na *Internet*.(GROUP,)

4.2 JPEG XR

O formato de imagem JPEG XR (abreviação para *JPEG extended range*) é um padrão de compressão de imagens desenvolvido e patentado pela Microsoft sob o nome de HD Photo. Com a a popularidade do formato JPEG 2000 em baixa, devido à pouco suporte de aplicativos e falta de melhorias no formato, a Microsoft desenvolveu o JPEG XR, na qual se diz comparável com o JPEG 2000, e mais eficiente que o JPEG. Ao contrário do JPEG 2000, este novo formato proposto pela Microsoft é proprietário, ou seja, necessita de drivers e *plug-ins* específicos para codificação e decodificação das imagens em plataformas que ainda não possui suporte nativo.

O formato JPEG XR suporta a compressão de imagens com e sem perda de qualidade. Em relação ao JPEG original, oferece várias melhorias-chave, como:

- Melhor compressão dos dados
- Compressão sem perda de qualidade
- Suporte de cores com maior precisão
- Suporte a mapeamento de transparência
- Suporte a metadados

Atualmente o JPEG XR é suportado por diversas aplicações Adobe Flash Player 11.0, Adobe AIR 3.0, Sumatra PDF 2.1, Windows Imaging Component, .NET Framework 3.0, Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Internet Explorer 9, Internet Explorer 10, porém não é comumente utilizado em sites da *Internet*.(??)

5 *Proposta*

5.1 Objetivos

Conforme apresentado na seção 1.3, o objetivo deste trabalho visa contribuir com o desenvolvimento de uma solução para codificação e decodificação do formato de imagem WebP para o browser Mozilla Firefox. Pretende-se, realizar em tempo de execução, a renderização de imagens do formato WebP através da utilização do Mozilla Firefox, possibilitando que o navegador realize a leitura e exibição deste formato de imagem para o usuário. Inicialmente será realizado um estudo da biblioteca do formato WebP, na qual é disponibilizada pelo Google. A motivação do desenvolvimento desta solução, conforme descrito na seção 1.2, se dá pelo fato de que o formato WebP já se encontrar em um estado avançado de desenvolvimento e maturidade, e já estar recebendo suporte nativo dos browsers Google Chrome e Opera.

O aumento na capacidade de compressão do formato *WebP* trará de imediato a melhora no tempo de resposta para o *download* da imagem no navegador do usuário e também diminuirá o tráfego na comunicação entre cliente e servidor. É importante ressaltar também que a popularização e utilização em massa deste novo formato irá beneficiar na diminuição do tráfego de rede dentro da internet de uma maneira global, e isso resulta diretamente em uma vazão maior para outros recursos que consomem mais banda, como é o caso de um *streaming* de vídeo por exemplo.

5.2 Ambiente de Desenvolvimento

Análise da biblioteca, análise do *patch*, pontos de melhoria, nova solução, ferramentas utilizadas no desenvolvimento.

5.3 Modelagem e Arquitetura

Descrever Modelagem e arquitetura

5.4 Projeto

Descrever Projeto

6 *Comentários Finais*

Descrever Comentários e dificuldades

Referências Bibliográficas

- BLOOMBERG. Bloomberg game changers: Marc andreesen. 2012. Acessado em: 2012-09-03. Disponível em: <<http://www.bloomberg.com/video/67758394>>.
- COMMUNICATIONS, C. W. How the web began. 2008. Disponível em: <<http://public.web-vern.ch/public/en/about/WebStory-en.html>>.
- CURBERA, W. A. N. F.; WEERAWARANA, S. Web services: Why and how. IBM T.J. Watson Research Center, 2001. Disponível em: <<https://researcher.ibm.com/files/us-bth/nagy.pdf>>.
- GOOGLE. Comparative study of webp, jpeg and jpeg 2000. 2010. Disponível em: <https://developers.google.com/speed/webp/docs/c_study>.
- GOOGLE. *Make the Web Faster*. 2012. Disponível em: <<https://developers.google.com/speed/>>.
- GOOGLE. Webp compression study. 2012. Disponível em: <https://developers.google.com/speed/webp/docs/webp_study>.
- GROSSKURTH, A.; GODFREY, M. W. A reference architecture for web browsers. IEEE Computer Society, 2005. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/ielx5/10097/32336-/01510168.pdf>>.
- GROUP, J. P. E. *Joint Photographic Experts Group, JPEG2000*.
- IMPLEMENT WebP image support. 2010. Disponível em: <https://bugzilla.mozilla.org/show_bug.cgi?id=600919>.
- MUIZELAAR, J. *Críticas ao WebP*. 2011. Disponível em: <<http://muizelaar.blogspot.com.br/2011/04/webp.html>>.
- SHARP, B. L. . R. *Introducing HTML 5*. Second edition. [S.l.]: New Riders, 2011. 11-15 p.
- STATCOUNTER. *StatCounter Browsers GlobalStat*. 2012. Disponível em: <<http://gs.statcounter.com/>>.
- TAIVALSAARI, A.; MIKKONEN, T. The web as an application platform: The saga continues. IEEE Computer Society, 2011. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/ielx5/6068192-/6068309/06068340.pdf>>.
- W3C. Facts about w3c. 2012. Disponível em: <<http://www.w3.org/Consortium/facts>>.
- W3C. Html5: A vocabulary and associated apis for html and xhtml. Editor's Draft 1 September 2012, 2012. Disponível em: <<http://dev.w3.org/html5/spec/single-page.html>>.
- W3SCHOOLS. *Browser Statistics*. October 2012. Acessado em: 2012-09-03. Disponível em: <http://www.w3schools.com/browsers/browsers_stats.asp>.