

# Color to Gray and Back: Color Embedding into Textured Gray Images with Matlab

Guilherme Braga Pinto  
Departamento de Ciência da Computação  
Brasília, Brasil  
guib545@aluno.unb.br

Gabriel Preihs Benvindo de Oliveira  
Departamento de Ciência da Computação  
Brasília, Brasil  
gpreihs@gmail.com

**Resumo**—Este trabalho tem como finalidade analisar criticamente a capacidade de se criar imagens em grayscale texturizadas que contém as informações relativas à sua composição de cores, por meio de transformadas Wavelet. Decidiu-se aplicar o algoritmo que é descrito no trabalho em Matlab.

## I. INTRODUÇÃO

Vimos em anos recentes um avanço tremendo de novas tecnologias relacionadas ao processamento de imagens, desde aplicações em tempo real para a indústria de jogos até novas formas de se facilitar a produtividade do trabalho de um estudante ou de um ambiente de trabalho como um todo. O consumo de meios de leitura digital se transformaram em algo quase obrigatório, por estar pautado justamente na facilidade de se armazenar e se distribuir um documento em PDF para leitura (seja um livro didático ou um relatório de uma empresa) ou do armazenamento e visualização de uma imagem (seja um consumidor caseiro com equipamento de baixo investimento ou um profissional que depende da tecnologia para exercer sua profissão). A tecnologia avançou rapidamente nos últimos anos, eventualmente o anúncio de monitores com capacidade de reproduzir todas as cores do espaço RGB (respectivamente vermelho, verde e azul) não é nem de longe algo que encha os olhos do consumidor, que já tem por garantido a preferência por altas resoluções de imagem e elevadas taxas de atualização (muitas vezes passando dos 144hz). A capacidade de se compartilhar tais imagens instantaneamente é dado como algo subentendido na realidade da internet.

Todavia, existiu um contexto onde a preocupação por manter tal informação ao se transmitir algo foi muito maior, especialmente no contexto do uso diário do Fax. Até mesmo a alguns anos atrás onde era muito comum impressoras digitais que imprimiam primariamente em preto e branco por falta de tecnologia acessível (até mesmo pelo preço elevado de muitos cartuchos de tinta, não era uma realidade imprimir muitos documentos coloridos, e mesmo que se imprimissem em um contexto doméstico, existiam chances de que a informação colorida não fosse fiel à original). Neste contexto foi necessário se imaginar outras formas de se não perder a informação de uma imagem, por isto mesmo foi elaborada a incorporação de cores em imagens em tons de cinza, resultando em uma imagem em “grayscale” com uma “textura” específica. Esta imagem não é agradável aos olhos de quem a vê, mas em

posse da imagem existe a possibilidade de recuperar informações necessárias para a reconstrução da informação inicial com um nível determinado de tolerância à perdas ocasionais. Então todo o trabalho executado ao se “texturizar” seguindo determinados passos (com o uso da transformada Wavelet e o mapeamento de valores de RGB para YCbCr) tem como prioridade o armazenamento de informações em uma imagem e em tons de cinza, ou seja, transmitir uma imagem com um canal de cor (uma matriz que determina tons de cinza dentro de um range específico, por exemplo, o padrão de 0 até 255) e partindo desta matriz, podemos recuperar os 3 canais correspondentes ao RGB que constituem a informação completa. O uso desta criação de imagens texturizadas seria benéfica diretamente à quem compartilha uma imagem com um Fax, ou à quem compartilharia uma imagem fisicamente, imprimindo o que se deseja em preto e branco e então distribuindo.

### A. O que é a Transformada Wavelet

A Transformada Wavelet, por resultar em um sinal de tamanho definido com média zero, se mostrou uma boa forma de se dividir informações (tanto que percebemos aplicações semelhantes relacionadas à compressão de imagens e vídeos, divide-se os coeficientes resultantes da Transformada e, os coeficientes menos significativos são descartados) podendo o resultado final de sua aplicação “lossless” (sem perdas) ou lossy (com perdas).

A Transformada Wavelet possui nesta aplicação, o objetivo de se coletar informações e se poder discernir qual informação será considerada mais relevante. Sendo assim possível reagir de forma que a informação menos importante possa ser descartada, se tendo uma imagem final que não possui todas as feições da original, mas que se aproxima tanto que possa ser considerada viável como original, ou algo próximo disso. A definição dessa perda pode ser considerada por termos descritos como “lossless” (sem perdas) ou “lossy” (com perdas).

Sendo assim, pode-se considerar necessárias 2 formas de análise para se ter certeza que uma função segue um padrão da wavelet. A primeira, é se ter uma área total embaixo da função resultando em zero (média igual a zero), já a segunda, é que sua energia seja limitada. Ou seja, ela é integrável, e sua energia está presente em uma determinada região.

Foi usado no decorrer da análise o Matlab, e foi usado com ele duas funções relacionadas à Transformada Wavelet. Essas duas foram a função “dwt2”, e a função “idwt2”. Saiba que “dwt2” representa a aplicação da wavelet, tendo quatro parâmetros de retorno, e que a função “idwt2” representa a sua inversa, recebendo esses parâmetros para assim se ter a recuperação do processo original. Com a utilização de ambas funções, é possível assim aplicar um processo que consiste em trabalhar no YCbCr da imagem, majoritariamente em seu “Y” (cinza da imagem), para depois se poder juntar tudo em YCbCr de novo, com capacidade de passar para RGB e repassar a informação (de forma igual ou aproximada) para quem está recebendo a imagem.

## II. CONTEXTO

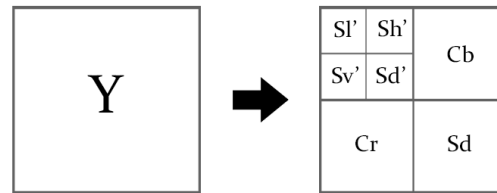
Préviamente ao amplo uso da internet, em um contexto em que o compartilhamento de imagens e documentos por Fax representava a normalidade de um simples escritório, compartilhar imagens de boa resolução em cores era algo desejado. Distribuição de documentos ocorria também pelo uso de máquinas de Xerox, o que podia modificar a informação original sem que isso fosse percebido. O artigo “Color to Gray and back: Color embedding into textured gray images” serve como pilar central para o que este trabalho quer elaborar e analisar em detalhes: “anexar indiretamente” informação de cores em uma imagem de 1 plano, uma matriz simples com valores em determinado range (reproduzindo tons de cinza). A Transformada Wavelet, por representar uma análise de um sinal que permite apenas mudanças no âmbito do tempo, mas não da forma, permite dividir informações em diferentes coeficientes, resultando em sua análise, escolha e manipulação arbitrária de fatores que melhor contribuem para o resultado final, que é manter informações relevantes da forma mais compacta possível.

## III. SOLUÇÃO PROPOSTA

### A. Funcionamento do Algoritmo

- 1) Passamos a Imagem de RGB para YCbCr
- 2) Executamos a Transformada Wavelet no Y, juntamos os quatro coeficientes retornados como apenas uma imagem
- 3) Executamos a Transformada Wavelet do quadrante superior esquerdo, representando o Y.
- 4) Após obtermos os quatro coeficientes da segunda Transformada, substituímos os resultados no quadrante superior esquerdo.
- 5) Substituímos os quadrantes superior direito por pelo Cb extraído e o inferior esquerdo pelo Cr extraído.
- 6) Aplicamos as Transformadas Inversas, resultando em uma imagem em grayscale texturizada.
- 7) O receptor, em posse da imagem, realiza a metodologia descrita até aqui de forma inversa, começando pela aplicação da Transformada Wavelet.
- 8) Agora se recupera o Cb e o Cr, sendo estes coeficientes específico retornados pela Transformada.
- 9) Se realiza a Transformada do quadrante superior esquerdo, afim de se recuperar Y.

10) Em posse de Y, Cb e Cr, podemos recuperar a imagem inicial, que estava em RGB.

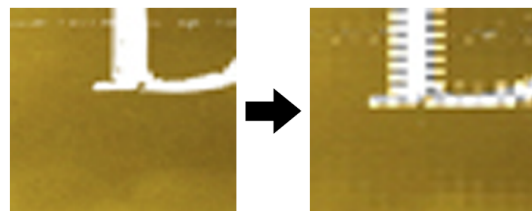


### B. Observações Relacionadas ao Desenvolvimento do Código em Matlab

No começo do desenvolvimento, antes de se corrigir bugs relacionados à lógica do programa, analisamos como retorno do programa imagens que tendiam ao rosa ou ao verde, pela má manipulação do Cb e do Cr. Essas cores são culpa de suas “representatividades” no espaço RGB. Em estágios iniciais também existia a preferência por imagens de dimensões pares. O algoritmo aplicado em Matlab inclui divisões de números inteiros por 2, já que se está tratando de pixels (meio pixel não é representativo de nada). O problema foi corrigido usando redimensionamento em estágios parciais do programa.

## IV. RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Percebemos que constantemente as cores desejadas são sim fiéis às suas versões originais, mas por conta da permanência de texturas de alta frequência pela Transformada Wavelet, “pontas” em imagens que necessitam de maior definição são constantemente perdidas, pixels aparecem em posições indesejadas ao redor destas determinadas regiões. Textos pequenos em imagens de resolução pequena, por exemplo, são constantemente alterados, eventualmente se tornando ilegíveis. Se a informação que se deseja manter se encaixa nesta descrição, logo a incorporação de cores em imagens em tons de cinza não será uma boa idéia.



Foi-se elaborado um teste para avaliarmos a satisfação em relação à imagem final do algoritmo. No final do teste, 50 pessoas haviam avaliado mais de 10 imagens cada, de dimensões diferentes (desde imagens em 800x600 até imagens originalmente processadas em 8k) e de primariamente duas naturezas: imagens geradas puramente por computador e imagens de paisagens naturais. Os usuários foram encorajados a analisar as imagens em um contexto cotidiano, e não apenas em determinado tipo de display. Os testes confirmaram que não é uma diferença relevante a natureza da imagem se comparado ao impacto que faz a resolução com a qual se trabalha, e ao impacto que faz a quantidade de transições abruptas de cor. Imagens processadas em 8k não apresentaram aparentes durante testes por, obviamente, a resolução 8k não ser acessível (houve casos em que as imagens não apresentaram a menor diferença no julgamento dos participantes). No final sempre havia a adaptação ao monitor, logo as falhas não eram facilmente visíveis. Percebemos que esta aceitação se torna melhor para imagens que estão logicamente com uma maior resolução. Porém, ao se imprimir e escanear esta imagem de alta definição, boa parte da informação é perdida, logo o envio e a decodificação sem perdas aparentes para um usuário comum (em um monitor HD) ocorreria ao se enviar o arquivo de computador da imagem texturizada em altas definições apenas. Observa-se também que o tempo para se processar a imagem também aumenta consideravelmente por culpa da quantidade de informação. O testes também apontam que esta perda não seria absurda para o usuário, dado que 96 por cento dos participantes declararam estar satisfeitos com imagens em 1920x1080 em um contexto diário, relatando que resoluções maiores ainda não são dadas como um padrão. A perda de informação na imagem em 4k ou 8k seria praticamente irrelevante e despercebida pelo usuário convencional que não irá precisar de tamanho detalhamento. O pior desempenho do teste foi de uma imagem pequena que apresentava gráficos poligonais gerados por computador no final da década de 90. Havia muitas mudanças abruptas de cores em pequenos espaços, tornando a informação quase que totalmente perdida em sua versão recuperada. Na versão final após a decodificação, a tendência da imagem era transformar linhas retas e paralelas em duas cores (preto e branco) em regiões de alternância de cores entre pixels vizinhos, se perdendo completamente o limite que demarcava previamente a região de ambas as cores. Na imagem, essa demarcação formava um texto, que ficou ilegível. Constatou-se que 82 por cento dos usuários relataram que a imagem estava inaceitável após a decodificação. Um resultado não esperado foi a da “perda de cor” de uma imagem em HD que estava predominantemente em preto e branco. Grandes regiões fortemente demarcadas com apenas preto acabaram por ganhar “manchas”, já o detalhamento em transições não se apresentou tanto como um problema crítico. Os resultados da avaliação desta imagem foram variados, mais de 25 por cento das respostas relataram que esta imagem não estava satisfatória.



## V. OBSERVAÇÕES

Ao se processar as imagens durante testes, um número de considerações e questionamentos foram elaborados relacionados principalmente à funcionalidade da solução proposta. Primeiramente tais questionamentos foram impulsionados pelas diferenças de como uma imagem é facilmente enviada por cores para outra pessoa, e como as impressoras evoluíram ao longo do tempo (além da considerável qualidade de câmeras acessíveis ao grande público, resultando em imagens com grande definição, mantendo muita informação com precisão em pouco espaço). Percebemos que a funcionalidade da idéia aumenta quando utilizamos imagens grandes e depois as adaptamos para menores resoluções aceitáveis ao público, e sem o passo de se imprimir a imagem para o compartilhamento. Para melhores resultados, o compartilhamento deve ser feito no meio digital, e este compartilhamento digital não se mostrou como um dos grandes focos no trabalho original do artigo “Color to Gray and back: Color embedding into textured gray images”. Se grande parte da funcionalidade do algoritmo se baseia em impressões de imagens com scanners e máquinas de Fax, deve-se pensar no aspecto físico do processo, ou seja, como a imagem é repassada fisicamente em um papel. O tamanho da folha papel pode ser relevante caso isso implique na alteração das dimensões da imagem para adaptação. A qualidade da tinta da impressora tem um grande impacto na lealdade das informações mantidas? Até que ponto tais aspectos que não estão ao alcance do programador importam? Primeiramente, partindo da ocasião em que imagens não serão distorcidas na impressão (seja pela tinta, pelo papel usado ou pela qualidade da máquina), todavia deve-se pensar como o receptor da mensagem irá analisá-la. Por isso pensamos que seria de grande utilidade um marcador no canto da página. Este marcador estaria composto por duas linhas perpendiculares que se estariam localizadas em um dos cantos da folha para garantir que a imagem não esteja rotacionada na leitura (devido ao posicionamento equívoco no scanner do receptor da informação). Se tal computador analisar a imagem rotacionada como se ela estivesse perfeitamente posicionada na folha, haverá porções da imagem com a cor da folha, e informação perdida. Esta é uma medida de se evitar um problema que ocorre em um espaço um pouco mais afastado do ambiente do

emissor original da imagem. Porém, partindo do princípio que a impressão e a recuperação desta imagem não resultará em perdas significativas da imagem, o princípio da recuperação de informações deve funcionar satisfatoriamente. Por outro lado, uma potencial solução para otimização do algoritmo seria o ato de descartar coeficientes de retorno da Transformada Wavelet de menor impacto (com menores representatividades na composição da imagem), assim o algoritmo funcionaria de forma mais simples e otimizada, porém, estaria-se tecnicamente executando uma transformação com perdas (mesmo que essa perda não seja relevante para quem irá utilizar a foto final). Se o receptor da imagem tem como objetivo analisar os coeficientes da Transformada Wavelet por completo em seu computador, logo essa medida acaba sendo ineficiente.

## VI. CONCLUSÃO

Em suma, após análise, percebemos que este método para texturizar imagens e se manter informações de cor é funcional, porém, com ressalvas relacionadas primariamente com o tamanho de uma imagem, a quantidade de mudanças grandes de cor entre poucos pixels e como a imagem texturizada será distribuída para recuperação.

## AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer ao professor da matéria de Introdução ao Processamento de Imagens Alexandre Zaghetto, aos monitores, aos nossos colegas do curso de Engenharia da Computação e ao professor Teófilo de Campos, também do CIC.

## REFERÊNCIAS

- [1] "Color to Gray and back: Color embedding into textured gray images", por Ricardo L. De Queiroz e Karen M. Braun.