

Maquiagem virtual: simulação da aplicação de base, sombra e batom Virtual makeup: foundation, eye shadow and lipstick simulation

Filipe Morgado Simões de Campos, Carlos H. Morimoto
Departamento de Ciência da Computação - IME
Universidade de São Paulo
São Paulo, Brasil
Email: {fmsc,hitoshi}@ime.usp.br

Resumo—Este artigo apresenta um método para simulação de maquiagem. Tal simulação possibilita criar um ambiente virtual que permita ao usuário experimentar produtos de maquiagem e ver seus resultados de forma rápida, barata e flexível. Dentre os métodos existentes, alguns não permitem aplicar tipos diferentes de maquiagem no rosto de forma independente e se baseiam em modelos pré-existentes de maquiagem que dependem de uma pose e iluminação específica do rosto para sua correta aplicação. Os outros métodos que não possuem tais limitações, apresentam resultados não tão realistas ou necessitam de equipamentos especiais para seu funcionamento. Neste artigo, a partir de uma imagem da face de uma pessoa sem maquiagem, pode-se simular como seu rosto ficará após a aplicação de base, batom e sombra. O método proposto divide a imagem da face em faixas de frequências em que cada uma delas é tratada de forma diferenciada para a suavização de características faciais e a simulação de cor utilizando o espaço de cor La^*b^* . O método baseia-se em separar a imagem da face em camadas, sendo que cada camada, ou um grupo delas, é responsável por atuar em uma propriedade específica da simulação da maquiagem. Isso também facilita melhorias futuras bastando criar novas camadas que atuem em outras características. Os resultados obtidos demonstram que o método proposto é capaz de processar de forma realista uma imagem de alta resolução (1018x990) em aproximadamente 80ms e para uma imagem de baixa resolução (640x480) em aproximadamente 30ms.

Abstract—Realistic makeup simulation can be used to create interactive virtual environments where users can try makeup products in a fast, low-cost and flexible way. Most existing makeup simulators are not appropriate for interactive applications because they don't allow the realistic application of specific products interactively or are based on fixed makeup styles that depend on the same pose and lighting conditions of predefined makeup templates. This paper introduces a new method for makeup simulation that receives a picture with a clean (no makeup) face, and decomposes the facial region into several frequency bands. Each band is processed individually to conceal or enhance facial texture and color features that can be affected by makeup. A specific makeup product is defined by a set of properties that change the texture and color features. To allow the interaction among several makeup products, the method uses a layered representation that can mimic the application of a sequence of products. We present a real-time implementation of the method that simulates the application of foundation, eye shadow and lipstick. The software was developed in C++ and can process one high resolution (1018x990) facial image in about 80 ms and one low resolution (640x480) in about 30ms.

Palavras-chave—simulação de maquiagem; processamento de imagens.

Keywords—makeup simulation; image processing.

I. INTRODUÇÃO

A maquiagem faz parte do dia a dia das pessoas, mas pode ser um processo demorado e complexo. A simulação de maquiagem visa criar um ambiente virtual que permita ao usuário experimentar um produto de maquiagem e ver os seus resultados de forma mais rápida (não requer preparação ou limpeza), barata (não há gasto de material) e flexível (permite a visualização instantânea dos resultados com produtos diferentes). Neste artigo, temos como objetivo realizar a simulação da aplicação de maquiagem em uma imagem da face de uma pessoa de forma realista.

Existem diversos cenários em que esse ambiente virtual é útil. No ambiente doméstico, quando o usuário for se maquiar ele pode testar combinações de todas as maquiagens que possui antes de definir quais serão as maquiagens escolhidas para a ocasião. Além disso, ele também poderia testar outras maquiagens que ele ainda não possui, mas que combinam com as que ele já tem, realizando uma compra *online* para utilizar na próxima ocasião.

Em uma loja de produtos de maquiagem, a simulação pode ser útil para mostrar o resultado de diversos produtos, demonstrar como vários produtos podem ser combinados entre si e ensinar ao cliente o correto uso e combinações de produtos.

Já em um salão de beleza, pode-se mostrar para o cliente como ele ficará após a aplicação das maquiagens que o maquiador está considerando para que ele esteja satisfeito com o resultado antes de ser maquiado.

O ambiente virtual também pode ser usado na internet para que o usuário possa criar novos estilos de maquiagem com a colaboração de amigos em redes sociais.

No contexto deste trabalho, podemos definir maquiagem como a responsável pela mudança da aparência facial de quem a utiliza. Estas mudanças são alcançadas através de alterações de propriedades óticas e de textura da pele, normalmente com o objetivo de tornar a face visualmente mais saudável e atraente.

Dessa forma, ao utilizarmos maquiagem estamos alterando o comportamento da interação da luz com a pele em sua reflexão, refração ou espalhamento dos raios de luz. A combinação certa dos produtos, suas cores e locais de aplicação geram regiões de realce e sombra que podem mudar bastante a forma como percebemos a aparência da face de uma pessoa.

Para este artigo, são considerados três tipos de maquiagem: base, sombra e batom. Cada uma possui suas

características próprias e consequentemente alteram a pele de forma particular.

A base é utilizada para uniformizar o tom de pele do rosto, corrigir alterações de cores e melhorar o relevo da pele disfarçando pequenas imperfeições. Existem diversos tipos de base, como *spray*, líquida, cremosa e bastão, porém não vamos nos ater às especificidades de cada um desses tipos e sim ao comportamento geral da base. Este trabalho considera como base, um produto que possui como característica suavizar os detalhes faciais e homogeneizar os tons de pele de quem a utiliza, porém sem que ocorra uma cobertura total da pele.

A sombra é utilizada para colorir as pálpebras. Também existem tipos diferentes de sombra, como em pó, cremosa e líquida, cada uma com suas próprias características. Porém, da mesma forma que foi feito para a base, este trabalho considera a característica geral da sombra e assim sua simulação se restringirá a introduzir cor na região aplicada.

O batom, além de colorir os lábios, pode ter função hidratante e até protetora contra o sol. Também pode-se encontrar diversos tipos de batons, alguns mais cremosos, outros mais brilhantes, mais opacos, criando um aspecto plastificado ou com maior cobertura dos detalhes do lábio. Da mesma forma que as maquiagens anteriores, vamos nos ater ao comportamento mais comum do batom e assim este trabalho considera apenas a introdução de cor nos lábios.

O restante desse artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve os trabalhos correlatos; a seção 3 descreve o método proposto pelo artigo; a seção 4 expõe os resultados obtidos e a seção 5 contém a conclusão do trabalho.

II. TRABALHOS CORRELATOS

Alguns métodos já foram propostos com objetivos relacionados à simulação de maquiagem. Eles podem ser divididos em dois grupos, transferência de maquiagem e simulação de maquiagem. Em geral, trabalhos de transferência de maquiagem se baseiam em entender o que corresponde à maquiagem em uma imagem de uma face já maquiada para transferir tal maquiagem para uma outra face. Tipicamente, tais trabalhos têm como limitações iguais condições de iluminação e pose da face entre as imagens. Além disso, as possibilidades de maquiagem estão restritas às faces exemplos já maquiadas. Os trabalhos de simulação, apesar de terem objetivos semelhantes a este artigo, tratam a aplicação da maquiagem de forma simples, não obtendo um realismo adequado ou então necessitam de equipamentos especiais para seu funcionamento.

A. Transferência de maquiagem

Seja A^* a imagem contendo uma face F com maquiagem M e B uma outra imagem contendo uma face G , possivelmente de outra pessoa e sem maquiagem. A transferência de maquiagem é definida como o processo de compor uma imagem B^* com a face G maquiada da mesma forma que F .

Para que o procedimento seja bem sucedido, deve-se realizar apenas a transferência da maquiagem M presente

em A^* para a G em B , ou seja, sardas, pintas e manchas existentes em A^* não devem estar presentes na imagem resultante da transferência, B^* , porém essas mesmas características, se existirem em B , devem ser preservadas em B^* .

O método proposto por Tong et. al. [1] usa duas imagens modelo da mesma pessoa para aprender os efeitos da maquiagem na face, uma sem maquiagem, A , e outra com maquiagem, A^* . As duas imagens necessitam das mesmas condições de iluminação e pose do rosto.

Antes da transferência de maquiagem propriamente dita, ocorre um procedimento para remoção de sobrancelha e cílios, bem como sardas, pintas e manchas na pele. Assim, o procedimento de transferência pode ser realizado sem a intervenção dessas características faciais e ao final do procedimento as características presentes em B são devolvidas para a face em B^* .

A transferência da maquiagem é computada pixel a pixel a partir de A e A^* e representa a mudança de cor e refletância da pele criada pela maquiagem após ela ser aplicada.

O método de Tong et. al. [1] necessita de uma imagem modelo com e sem maquiagem sob condições controladas de iluminação e pose. Isso torna a aplicação do método de transferência de maquiagem restrita a situações onde é possível obter imagens desse tipo. Outro ponto a ser notado é que a solução proposta se baseia em aprender a diferença de uma imagem com e sem maquiagem comparando uma com a outra, ou seja, a mudança da pele decorrente da aplicação da maquiagem para uma determinada pessoa e não um modelo genérico da maquiagem usada que poderia ser utilizado para simular a aplicação de qualquer maquiagem.

Scherbaum et. al. [5] descrevem um sistema que consiga sugerir o estilo de maquiagem que um especialista em maquiagem escolheria para uma determinada face. Para isso, foi construído um banco de dados de imagens de pessoas sem e com maquiagem feita por um profissional para que fosse possível aprender como esse profissional trabalha cada face e também o efeito causado pela maquiagem em cada uma delas. O aprendizado do efeito da maquiagem é realizado de forma semelhante ao trabalho de Tong et. al. [1], porém a aplicação da maquiagem é simulada em um modelo 3D criado a partir de padrões de luz aplicados na face da pessoa. Para esse procedimento, a imagem da face é quebrada em várias camadas, entretanto, todas elas só podem ser obtidas com o método utilizado para a criação do modelo 3D, limitando a aplicação do método.

O método proposto por Guo e Sim [2] usa apenas uma imagem modelo, A^* , para aprender os efeitos da maquiagem na face. A dependência de condições semelhantes de iluminação e pose do rosto ainda existe, mas ocorre somente entre A^* e B .

Diferentemente do trabalho de Tong et. al, o método de Guo e Sim se baseia em analisar A^* para extrair o efeito causado pela maquiagem.

Tal processo é realizado decompondo A^* e B em

três camadas, para então transferir a informação de cada camada de uma face para a camada correspondente da outra face. As camadas utilizadas são:

- Estrutura da face: Contém a disposição das características faciais como olhos, boca e nariz.
- Detalhes da pele: Contém a textura da pele incluindo falhas, sinais e rugas.
- Cor: Contém a representação da cor de forma isolada com relação às outras camadas.

Para realizar a transferência de maquiagem, a camada de detalhe da pele resultante é calculada por meio de uma soma ponderada, a camada de cor é calculada utilizando uma média ponderada e , para transferir os efeitos de destaque e sombreado causados pela maquiagem presentes na camada de estrutura, foi adaptado um método de edição baseado em gradiente, com o objetivo de adicionar apenas as grandes mudanças presentes na camada de estrutura de A^* para B^* . Ao assumir isto, foi considerada iluminação uniforme em A^* , caso contrário esta também seria transportada para a imagem final.

Apesar do artigo de Guo e Sim [2] ir além do trabalho de Tong et. al. [1], pois tenta extrair da face modelo o que seria a maquiagem e não apenas aprender a diferença entre a face modelo sem e com maquiagem, os dois artigos tratam sobre transferência de maquiagem e assim dependem de um exemplo da maquiagem já aplicada para realizar sua simulação. Dessa forma, eles não introduziram um modelo genérico que permitisse simular os efeitos da maquiagem no rosto de uma pessoa. Ambos também necessitam que a pose da face alvo seja parecida com a da imagem modelo e ficam restritos a aplicar o estilo de maquiagem da imagem modelo, não sendo possível simular a aplicação de diferentes maquiagens de forma independente.

B. Simulação de maquiagem

Dhall et. al. [3] tratam sobre aplicação automática de maquiagem baseado no gênero e cor de pele da pessoa. Sobre o escopo da aplicação de maquiagem, a pele é preparada utilizando uma suavização Gaussiana seguida de uma dilatação, com o objetivo de remover pequenas marcas e sinais na pele, para então aplicar a maquiagem na face. A simulação ocorre através da modificação dos valores de matiz e saturação do espaço de cor HSV para que eles sejam os mesmos dos padrões adequados para cada gênero e cor de pele que se tem salvo em um banco de dados. Para a maquiagem nos lábios, utiliza-se para cada pixel no espaço de cor RGB uma média ponderada.

Kim e Choi [4] criaram um sistema interativo para aplicar maquiagem em um modelo 3D com feedback háptico e visão estéreo. No que diz respeito à aplicação da maquiagem, ela é feita através de uma média ponderada entre as cores da textura da pele capturada pelos *scanners* 3D utilizados no projeto e as cores da maquiagem desejada.

Huang et. al. [6] apresentam uma abordagem baseada em modelos físicos que simulam o comportamento da luz ao interagir com a pele. Para o funcionamento do método,

é necessário medir propriedades ópticas da pele e das maquiagens a serem simuladas para que seus respectivos modelos possam ser criados. Tais medidas necessitam de equipamentos especiais.

Os trabalhos de Dhall et. al. [3], Kim e Choi [4], se limitam a modelar a simulação dos efeitos da maquiagem na pele com uma média ponderada no espaço de cor HSV ou RGB. Essa abordagem, em geral, não trás resultados realistas. Já o trabalho de Huang et. al. [6], apesar de ser computacionalmente eficiente quando implementado em GPU, necessita conhecer propriedades ópticas da pele em que a simulação ocorrerá para seu funcionamento. Isso requer o uso de equipamentos especiais para cada usuário, o que limita a aplicação do método.

III. O MÉTODO

Neste trabalho, o termo maquiagem será utilizado para representar os produtos de maquiagem e o verbo maquiar representará a aplicação desses produtos. A representação computacional de cada produto de maquiagem será chamada de *maquilet* e conterá as propriedades responsáveis pelo efeito que esse produto causa na pele.

Para modelar o problema, seja I a imagem de entrada sem maquiagem contendo a face F , R a imagem resultante após a simulação de maquiagem, M o conjunto de maquiagens a serem aplicadas e m cada uma das maquiagens pertencentes a M . Cada m corresponde à representação computacional da maquiagem real utilizada para a simulação, um *maquilet*. Além disso, seja m_α a intensidade de cada *maquilet* a ser aplicado e m_{asc} a imagem correspondente à máscara que define o local de aplicação de m . Tanto I quanto R podem ser descritos adicionando $_{RGB}$ para designar que estão no espaço de cor RGB (I_{RGB}, R_{RGB}) ou $_{La*b^*}$ para designar que estão no espaço de cor L^a*b^* (I_{La*b^*}, R_{La*b^*}).

Assim, podemos definir a simulação de maquiagem como o processo que compõem a imagem R com a face F maquiada com M a partir de I , $I \xrightarrow{M} R$.

O método proposto é capaz de simular o resultado da aplicação de maquiagem na pele da face em uma imagem do rosto do usuário, simulando a alteração das propriedades óticas e de textura da pele causadas pela maquiagem, o que modifica a forma com que a face é percebida.

Como ideia geral, o processo de simulação funciona decompondo a imagem da face em diversas camadas que são tratadas independentemente para simular o efeito desejado da maquiagem real, um procedimento semelhante ao que foi realizado por [2].

Então, o algoritmo visa separar cada característica a ser simulada da maquiagem em uma ou um grupo de camadas responsáveis por realizar essa parte da simulação. Assim, isolamos cada questão em uma ou algumas camadas e podemos tratá-las independentemente. Com essa abordagem, para melhorar a simulação em trabalhos futuros basta utilizar novas camadas que isolem outros problemas que ainda não foram tratados, como por exemplo, especificidade, pelos faciais e iluminação não uniforme.

A figura 1 ilustra os dois módulos do método proposto responsável pela simulação da aplicação da maquiagem na face.

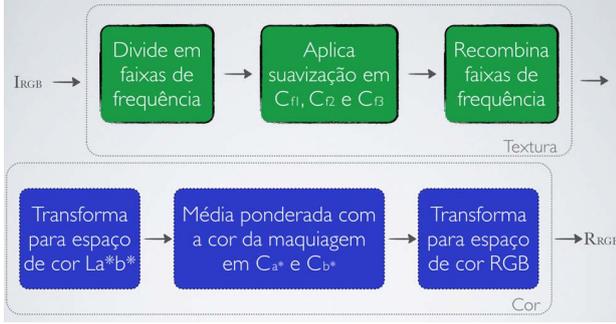


Figura 1. Diagrama de blocos do sistema para simulação de maquiagem.

O primeiro módulo do processo de simulação, chamado de Textura, é responsável pela suavização dos detalhes faciais e a homogeneização do tom de pele, características da aplicação de base. Também é possível realçar os detalhes faciais ao invés de suavizá-los, mas dado o comportamento das maquiagens a serem utilizadas nesse trabalho, isso não será apresentado. A partir de I_{RGB} tal imagem é dividida em cinco camadas diferentes cada uma representando uma faixa diferente de frequência. A imagem com os detalhes faciais mais sutis, maior frequência, C_{fA} , não deve ser alterada já que esses detalhes caracterizam a face do indivíduo e também são preservados pela maquiagem real. O mesmo acontece para a imagem que representa a faixa de baixa frequência, C_{fB} , ou seja, ela também não é alterada. Assim, restam três outras faixas de frequências em que a simulação atua. A maior suavização ocorre para a camada de frequência intermediária 3, C_{f3} , principal responsável pela homogeneização do tom de pele. A camada de frequência intermediária 2, C_{f2} , recebe uma suavização um pouco menor e a camada de frequência intermediária 1, C_{f1} , uma suavização menor do que a anterior. Com isso, conseguimos mimetizar o efeito da maquiagem suavizando os detalhes e tons de pele sem que isso resulte em uma aparência artificial.

Para dividir I_{RGB} em cinco faixas de frequência, é utilizado o filtro gaussiano que atua como um filtro passa baixa. Ao aplicar o filtro gaussiano em I_{RGB} , tem-se uma nova imagem $G1$. Ao subtrair $G1$ de I_{RGB} , teremos a imagem com a primeira faixa de frequência, C_{fA} , que conterá a faixa das altas frequências do espectro dessa imagem. Continuando o processo, aplicamos novamente o filtro gaussiano na imagem $G1$ criando $G2$. Ao subtrair $G2$ de $G1$, temos uma imagem correspondente a uma outra faixa de frequências intermediárias dessa imagem, C_{f1} . Repetindo o procedimento, obtém-se C_{f2} , C_{f3} e C_{fB} .

Já o segundo módulo, chamado de Cor, é responsável pela simulação da cor da maquiagem. Para isso, I é transformada para o espaço de cor La^*b^* , $I_{La^*b^*}$. Neste espaço, cada um dos canais torna-se uma camada e é tratada de forma independente. O canal L, C_L , permanece

como o original, já que o objetivo é alterar apenas as cores da imagem preservando sua iluminação. Para o canal a^* , C_{a^*} , é realizado uma média ponderada para cada pixel com o mesmo canal de uma imagem com a cor do *maquilet* correspondente. De forma análoga, o mesmo procedimento é realizado para o canal b^* , C_{b^*} . Por fim, pode-se converter a imagem novamente para o espaço de cor RGB, I_{RGB} , caso seja esse o espaço utilizado na interface.

A média ponderada em questão é calculada de acordo com a equação 1 onde r_p é o valor resultante para cada pixel da imagem que representa a aplicação de m , I_p o valor de cor inicial para cada pixel da imagem de entrada I e m_c o valor de cor do *maquilet* que está sendo aplicado.

$$r_p = (1 - \alpha_p) * I_p + \alpha_p * m_c \quad (1)$$

O valor de α_p não é constante para todos os pixels, pois deve acomodar o efeito de suavização nas bordas da região em que a maquiagem foi aplicada. O valor de α_p é calculado seguindo a equação 2

$$\alpha_p = m_\alpha * (m_{asc_p}/255) \quad (2)$$

sendo m_{asc_p} o valor da intensidade do pixel da máscara utilizada para limitar a região onde o *maquilet* deve ser aplicado. Como os valores possíveis para cada pixel de m_{asc} são representados por um *byte* e o valor de m_α está compreendido entre 0 e 1, o valor do pixel da máscara foi dividido por 255 para que o valor de α_p também esteja entre 0 e 1.

A máscara, m_{asc} , pode ser criada manualmente através da interface do protótipo desenvolvido permitindo que o usuário aplique a maquiagem nas regiões da face que ele desejar. Além desta forma, a máscara também pode ser criada em um programa de edição de imagens e depois carregada no *software* desenvolvido. Isto seria útil para criar modelos padrões de maquiagem para que o usuário não tenha o trabalho de definir a região de aplicação de m , caso ele queira uma interação mais imediatista, realizando apenas retoques dessa máscara dentro do protótipo.

Com relação à cor de m , ela pode ser escolhida livremente pelo usuário para que ele crie a maquiagem que deseje ou então ele pode escolher valores pré-determinados que simulam maquiagens reais.

A intensidade da maquiagem, m_α , é controlada nesse processo de simulação aumentando ou diminuindo a intensidade das suavizações realizada nas imagens correspondentes às faixas de frequência e do coeficiente usado para a média ponderada.

Para treinar um *maquilet* para que ele mimetize os efeitos de um produto de maquiagem existente no mercado, deve-se comparar a textura e a cor resultante de uma imagem de uma face maquiada com o resultado obtido pelo método nessa mesma face, até que os dois resultados sejam iguais. Esse procedimento deve ser realizado sob as mesmas condições de iluminação e pode ser feito tanto de forma manual, caso das imagens desse artigo, quanto

de forma automatizada que será considerada em trabalhos futuros.

Com esses dois módulos, o algoritmo criado é capaz de simular a aplicação de base, sombra e batom. A simulação para o *maquilet* de base utiliza todo o algoritmo, Textura e Cor, já os *maquilets* de sombra e batom necessitam apenas da etapa Cor, pois seu comportamento na pele afeta predominantemente as cores como definido anteriormente.

IV. RESULTADOS

Para a implementação do método foi utilizada a linguagem de programação C++, bem como a biblioteca OpenCV [7] que contém diversas funções básicas de processamento de imagens e visão computacional. Além disso, para a paralelização do processamento do algoritmo em CPU, foi utilizado o OpenMP [8]. Testes de desempenho foram conduzidos em um *notebook* com processador Core i7 2,6GHz com 4 núcleos e 16GB de RAM. O tempo de execução médio de todo o algoritmo para a simulação de maquiagem para uma imagem de 1018x990 pixels foi de 83ms (12 quadros por segundo) enquanto que para uma imagem de 640x480 pixels foi de 29ms (34 quadros por segundo).

A. Simulação de maquiagem - Textura

Para as suavizações necessárias, tanto as responsáveis por dividir a imagem da face em faixas de frequências quanto as responsáveis pelo efeito da maquiagem, foi utilizado, no lugar do filtro gaussiano, o *box filter*. Essa substituição se deu, pois o resultado dos dois filtros são semelhantes [9], porém o tempo de computação da suavização com o filtro utilizado é menor. Isso contribuiu para que fosse possível realizar a simulação mais rapidamente sem compromisso da qualidade do resultado da simulação.

Neste módulo da simulação de maquiagem, separamos a imagem inicial em 5 camadas. Cada camada é representada por uma imagem de uma faixa diferente de frequência da imagem inicial. Devido a essa diferença de faixas de frequência, temos as camadas C_{fA} , C_{f1} , C_{f2} e C_{f3} contendo detalhes faciais dos mais sutis aos menos sutis e uma camada final, C_{fB} , que também pode ser chamada de residual, já que ela contém todo o restante da informação. Dessa forma, estamos separando detalhes faciais do resto da imagem da face para que seja possível trabalhar neles sem alterar outras características da imagem. Para voltar a formar a imagem completa, deve-se somar cada uma das camadas.

A figura 2 apresenta o resultado do procedimento da divisão da imagem em faixas de frequência. Em (h) e (g) tem-se as duas camadas que não são alteradas, C_{fB} , baixa frequência, e C_{fA} , alta frequência, respectivamente. As outras três camadas, (a), (c) e (e) são suavizadas na simulação para atingir os objetivos citados acima para essa etapa.

A camada residual, C_{fB} , representa o que resta após serem removidas quatro camadas de detalhes faciais da imagem. Assim, essa camada possui características globais

da face da pessoa como a maior parte de sua cor e os traços básicos da face. Essa camada é deixada intacta já que os detalhes faciais a serem modificados não estão presentes e também não se obtém ganhos significativos de homogeneização da pele se ela fosse alterada.

A camada C_{f3} contém os detalhes faciais menos sutis. Nessa camada, detalhes como os poros faciais normalmente não são claramente visíveis, porém pode-se observar melhor as diferenças de tons de pele que são importantes para a percepção de uma pele mais homogênea. Assim, o tratamento dessa camada é o principal responsável pela homogeneização do tom de pele, para isso ela recebe a maior suavização das três camadas tratadas, já que estamos trabalhando com os detalhes mais grosseiros da face.

A camada C_{f2} contém os detalhes faciais de intensidade intermediária. Nela ainda é possível observar algumas diferenças mais sutis de tons de pele e começam a aparecer detalhes faciais menores. Nesta camada suavizamos com intensidade menor do que na camada anterior, já que as diferenças de tom de pele são mais sutis e alguns detalhes da textura da pele já estão presentes.

A camada C_{f1} contém detalhes faciais mais finos do que a anterior. A suavização a ser utilizada aqui deve ser sutil para não descaracterizarmos a face.

A camada C_{fA} apresenta os detalhes faciais mais sutis. Nela pode-se observar claramente pelos faciais, fios de cabelo, alguns contornos de regiões da face entre outras pequenas perturbações da pele. Esta camada é mantida intacta pois ela apresenta os detalhes faciais mais importantes para a caracterização da pele e consequentemente do indivíduo. Assim, se os detalhes forem modificados a pele perde seu aspecto natural e começa a ser percebida como manipulada artificialmente.

Os detalhes faciais que aparecem em cada uma dessas camadas dependem de cada indivíduo. Algumas pessoas possuem poros faciais que estarão mais visíveis na camada C_{f2} outras na C_{f1} , o que também vale para rugas e outros detalhes faciais. Para a simulação de maquiagem, o objetivo não é remover toda e qualquer ruga ou poro da face como é comum em fotografias de revistas. No contexto desse trabalho, estamos interessados em mimetizar o efeito da maquiagem, portanto, se aplicarmos uma base em uma face com, por exemplo, rugas muito intensas não se deve esperar que elas desapareçam, mas sim que sejam suavizadas. Dependendo de quão severa são as características faciais, elas estarão presentes em uma ou mais camadas e o efeito da maquiagem será aplicado se restringindo ao que a maquiagem real faria. O fato de decompor em camadas com detalhes de intensidades diferentes e suavizá-las com intensidades diferentes é o que contribui para se aproximar do comportamento real da maquiagem.

A figura 2 também exhibe os resultados parciais da simulação de maquiagem levando em conta apenas o primeiro módulo da simulação, ou seja, ainda sem a adição de cores. Em (i) tem-se o resultado do módulo Textura à esquerda, e à direita a imagem original, I . Em (b), (d) e

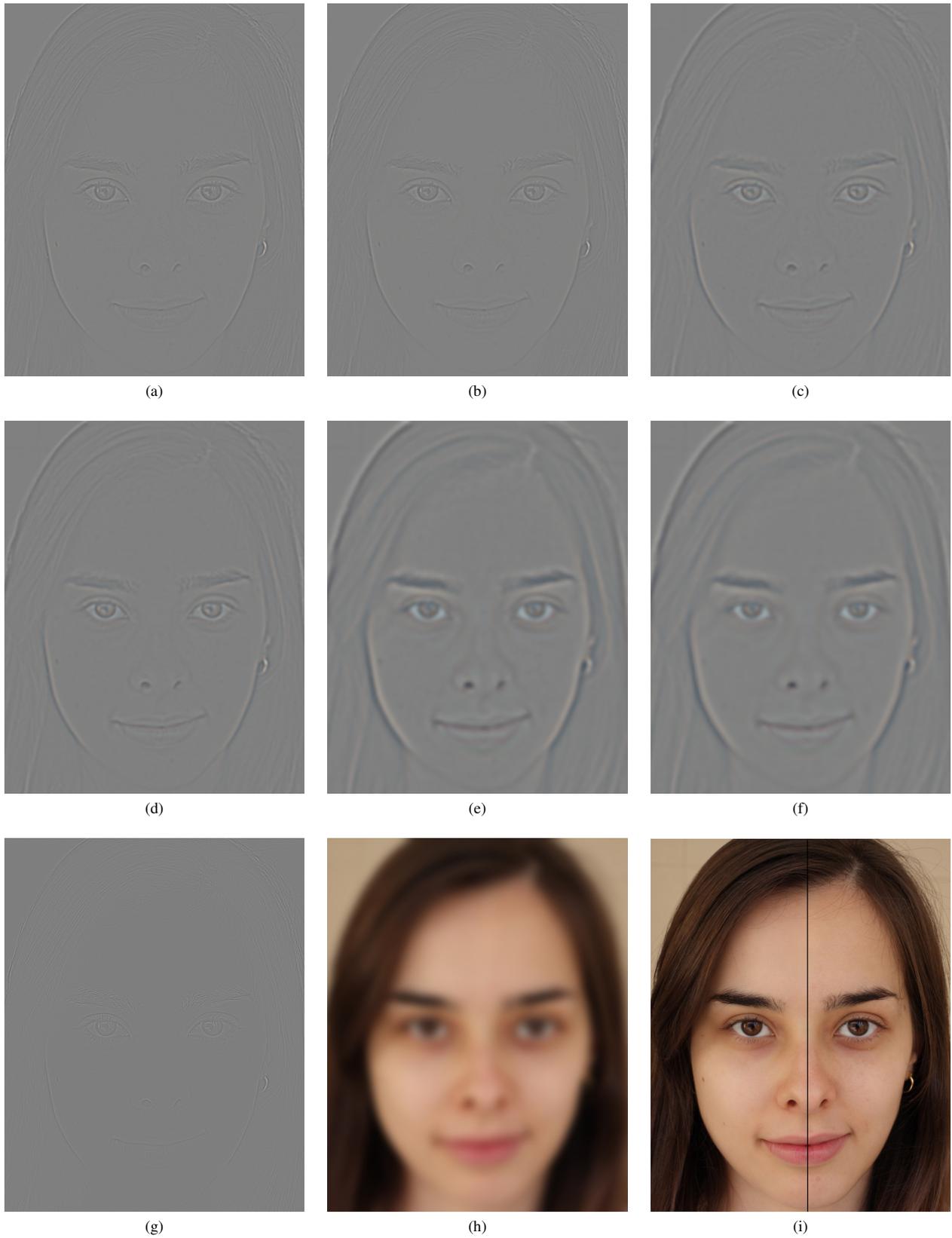


Figura 2. (a) camada de frequência intermediária 1, C_{f1} ; (b) camada de frequência intermediária 1, C_{f1} , após suavização; (c) camada de frequência intermediária 2, C_{f2} ; (d) camada de frequência intermediária 2, C_{f2} , após suavização; (e) camada de frequência intermediária 3, C_{f3} ; (f) camada de frequência intermediária 3, C_{f3} , após suavização; (g) camada de alta frequência, C_{fA} ; (h) camada residual, C_{fB} ; (i) esquerda: resultado da simulação levando em conta apenas o módulo Textura, direita: imagem original.

(f) as camadas C_{f1} , C_{f2} e C_{f3} após suavização.

Como pode ser observado, as imagens das faixas de frequência sofrem suavizações que abrandam detalhes faciais e ajudam a tornar mais uniforme as diferenças de tons de pele. Observando a comparação entre a imagem inicial e a final da face, nota-se que a pele está mais uniforme. Observando regiões específicas, pode-se perceber que o tom de pele está mais homogêneo principalmente na região da testa, queixo e a na região do nariz e abaixo dos olhos. Apesar dessas suavizações, ainda é possível observar pequenos detalhes faciais que caracterizam a pele e conseqüentemente a face da pessoa.

B. Simulação de maquiagem - Cor

O módulo Cor da simulação de maquiagem trabalha a mudança de cor que ocorre na pele. Para simularmos essa alteração, foram testados diferentes espaços de cor. A ideia para mimetizarmos o efeito de cor era alterar os canais responsáveis pela cor em cada um dos espaços de cor testados com a média ponderada definida na equação 1.

A figura 3 apresenta o resultado desse procedimento para RGB, HSL e La^*b^* , os espaços de cor testados. Nela é possível perceber que os espaços de cor RGB e HSL tiveram resultados muito semelhantes enquanto que o La^*b^* mostrou melhores resultados. Para o La^*b^* , pode-se notar que ele foi capaz de separar melhor a informação de cor da iluminação, o que resultou em um melhor tratamento para as regiões sombreadas, como próximo ao cabelo e olhos em detalhe na figura. Em RGB ou HSL, essas regiões se tornaram mais claras, inclusive sendo possível perceber o fim da região em que o algoritmo foi aplicado na transição da pele para o cabelo. Com isso, a face obteve um aspecto mais caricaturado, já que a iluminação natural não foi respeitada, perdendo então o realismo da simulação. Assim, o espaço de cor La^*b^* foi utilizado para esse segundo módulo da simulação.

C. Exemplos de simulações

A figura 4 exibe um comparativo entre simulações onde apenas os parâmetros do módulo Textura foram modificados, ou seja, tem-se alterações na suavização de cada uma das faixas de frequência. A primeira imagem suavizada (a), a mesma utilizada nas outras figuras deste trabalho, possui a menor suavização das três. A imagem seguinte (b), possui uma suavização um pouco mais forte e a terceira (c) apresenta suavização ainda mais intensa, perdendo o aspecto natural da face. Pode-se notar que regiões sutis como os cílios também foram suavizados, o que não é o ideal. Ao considerar regiões de pelos faciais na simulação, além destas acabarem sendo suavizadas, sua presença também atrapalhará a suavização da pele, pois a operação matemática envolvida na suavização levará em conta áreas com intensidade diferente da intensidade da pele. O desejado seria segmentar os pelos faciais criando uma nova camada para a simulação. Assim, poderíamos tratar a pele de forma independente dos pelos faciais e também, por exemplo, simular maquiagens específicas como o rímel.

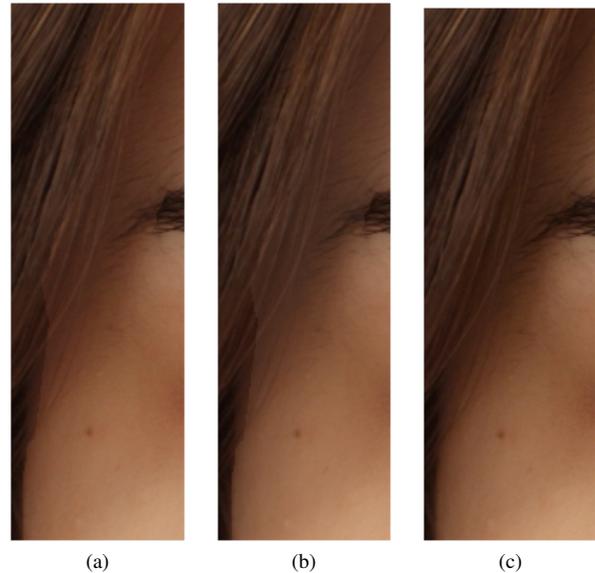


Figura 3. Resultado da simulação utilizando os espaços de cor HSL, RGB e La^*b^* . Para facilitar a visualização das diferenças entre os resultados dos três espaços de cor, foram recortados da imagem do resultado de cada uma delas a região entre o olho direito e o cabelo. (a) resultado para a simulação utilizando o espaço de cor HSL; (b) resultado para a simulação utilizando o espaço de cor RGB e (c) resultado para a simulação utilizando o espaço de cor La^*b^* .

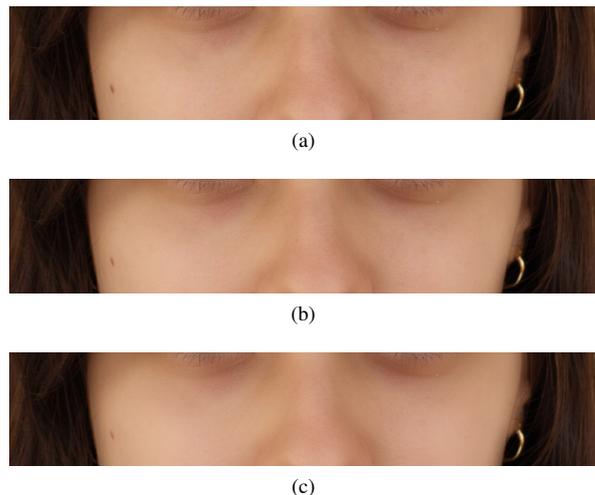


Figura 4. Resultado da simulação para intensidades diferentes de suavização. Parâmetros se referem ao tamanho do kernel utilizado na suavização. (a) Suavização utilizada nas outras imagens deste trabalho. Parâmetros: 5-9-17 para a suavização em C_{f1} , C_{f2} e C_{f3} respectivamente; (b) Suavização um pouco mais intensa. Parâmetros: 5-13-25 para a suavização em C_{f1} , C_{f2} e C_{f3} respectivamente; (c) Suavização ainda mais intensa, perdendo seu aspecto natural. Parâmetros: 7-17-37 para a suavização em C_{f1} , C_{f2} e C_{f3} respectivamente.

Na figura 5 temos o resultado da simulação para batom, sombra e base. Além dos efeitos já citados sobre a base, é possível observar na metade da direita de (b) a adição de cor referente à sombra na região da pálpebra e do batom nos lábios.

Apesar de não definidas desta forma para esse trabalho,

sombras ou batons que também possam uma componente que altere a textura da pele, como suavizar ou realçar os detalhes faciais, também podem ser criadas utilizando a mesma arquitetura do método proposto.

Na figura 6, podemos comparar os resultados para a base obtidos com a aplicação real da maquiagem e sua simulação. Nela é possível observar que o resultado da simulação utilizando o método proposto se aproxima da maquiagem real.

Podemos observar também o resultado para o método sendo executado além de suas limitações, neste caso, iluminação não uniforme. Na região próxima ao nariz e logo abaixo dos lábios, em que a iluminação não estava uniforme, pode-se perceber que a região de sombra foi suavizada o que não ocorre na maquiagem real. Demais testes com diferentes tipos de pele, por exemplo devido à idade e tom de pele, serão conduzidos em trabalhos futuros.

V. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta um método para simular a aplicação de base, batom e sombra em uma imagem da face de uma pessoa sem maquiagem. Para realizar a simulação utiliza-se a ideia de decompor cada propriedade a ser simulada em uma ou mais camadas que podem ser tratadas independentemente. Para a simulação de base, além da simulação de cor, realizada no espaço de cor L^a*b^* , foi feita uma homogeneização do tom de pele e uma suavização dos detalhes faciais através de suavizações em algumas camadas de faixas de frequência da imagem da face. Para batom e sombra, a simulação restringiu-se à introdução de cor nas regiões maquiadas.

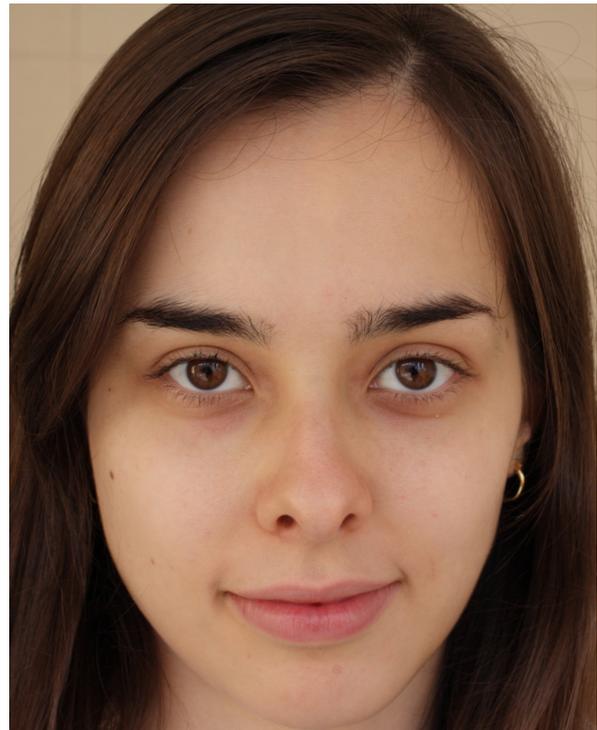
Diferentemente dos trabalhos de transferência de maquiagem, nossa simulação permite a livre aplicação de tipos diferentes de maquiagem em qualquer área do rosto de forma independente, sem a necessidade de um modelo pré-existente e sem uma pose específica para o rosto. Com relação aos trabalhos de simulação, nosso método vai além do que foi proposto por esses trabalhos, tornando o resultado mais realista e sem a necessidade de equipamentos especiais.

A simulação de maquiagem permite a criação de um ambiente virtual que torna possível experimentar diversas maquiagens sem a necessidade de aplicar fisicamente o produto na pele. Isso torna o processo mais prático e barato, podendo ser usado no ambiente doméstico, em lojas, salões de beleza ou na internet.

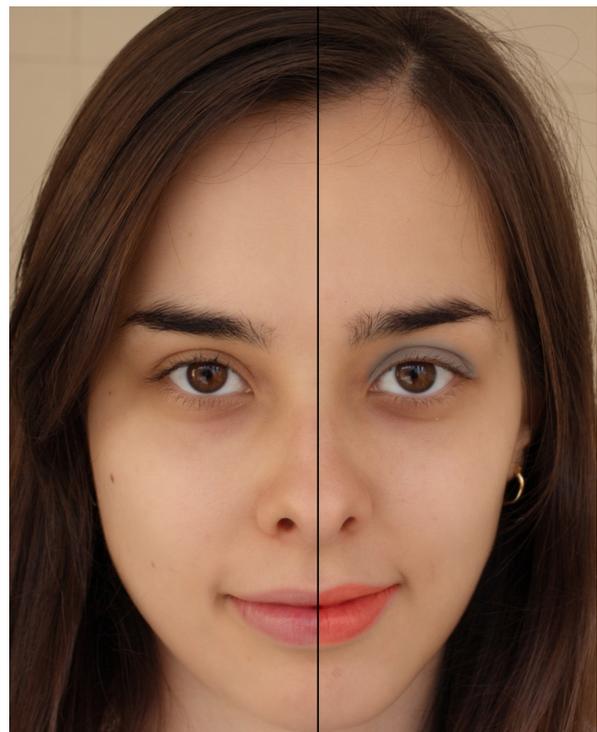
Apesar dos bons resultados, melhorias ainda são possíveis. Ao utilizar a abordagem de camadas, novas camadas podem ser incorporadas no método proposto para tratar tais aspectos ainda não trabalhados, como o tratamento das regiões especulares, a remoção dos pelos faciais antes da simulação da maquiagem na pele, iluminação não uniforme e outros tipos de maquiagens.

REFERÊNCIAS

- [1] W.-S. Tong, C.-K. Tang, M. Brown, and Y.-Q. Xu, "Example-based cosmetic transfer," in *Computer Graphics*

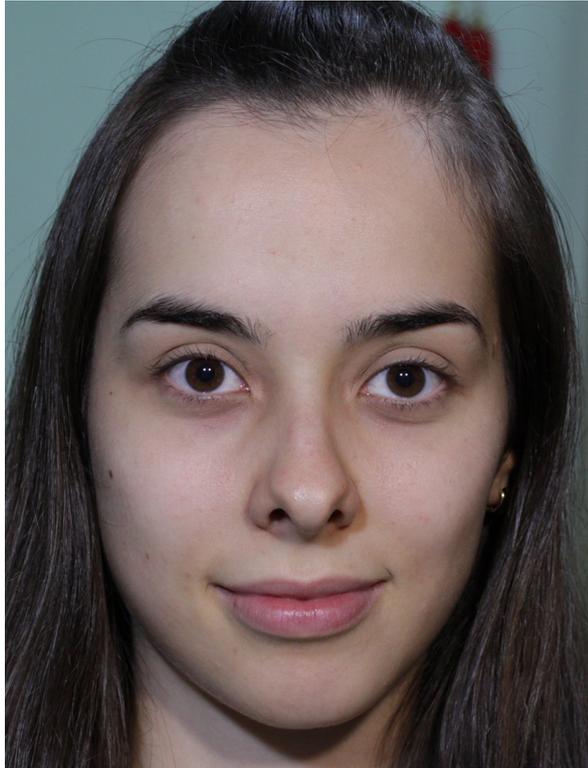


(a)

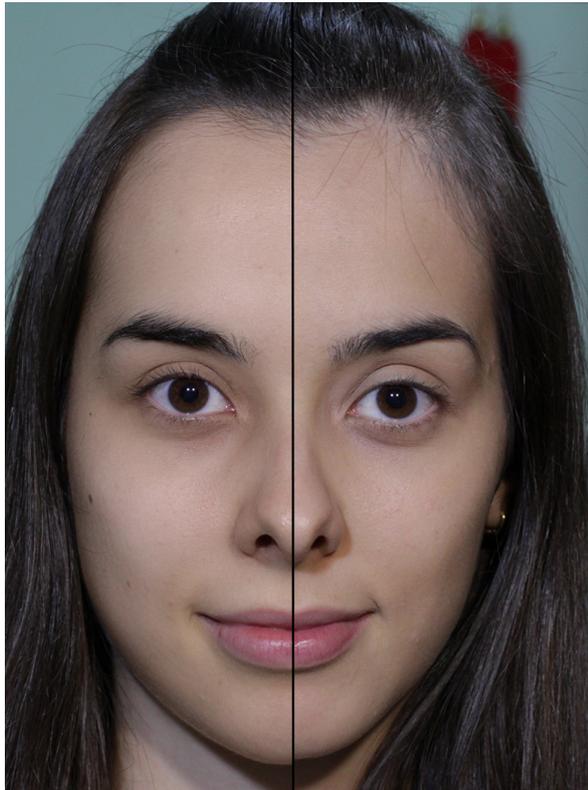


(b)

Figura 5. Resultado da simulação para batom, sombra e base. (a) Imagem sem maquiagem, I ; (b) Esquerda: resultado da simulação para base, Direita: resultado da aplicação de sombra, batom e base.



(a)



(b)

Figura 6. Comparativo entre o resultado da simulação e a maquiagem real. (a) Imagem sem maquiagem, I ; (b) Esquerda: resultado da simulação de maquiagem para (a), Direita: resultado da aplicação de maquiagem real.

and Applications, 2007. PG '07. 15th Pacific Conference on, 29 2007-nov. 2 2007, pp. 211 –218.

- [2] D. Guo and T. Sim, “Digital face makeup by example,” in *Computer Vision and Pattern Recognition, 2009. CVPR 2009. IEEE Conference on*, june 2009, pp. 73 –79.
- [3] A. Dhall, G. Sharma, R. Bhatt, and G. Khan, “Adaptive digital makeup,” in *Advances in Visual Computing*, ser. Lecture Notes in Computer Science, G. Bebis, R. Boyle, B. Parvin, D. Koracin, Y. Kuno, J. Wang, R. Pajarola, P. Lindstrom, A. Hinkenjann, M. Encarnação, C. Silva, and D. Coming, Eds. Springer Berlin / Heidelberg, 2009, vol. 5876, pp. 728–736.
- [4] J.-S. Kim and S.-M. Choi, “Interactive cosmetic makeup of a 3d point-based face model,” in *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. E91.D, no. 6, pp. 1673–1680, 2008.
- [5] K. Scherbaum, T. Ritschel, M. Hullin, T. Thormahlen, V. Blanz, and H.-P. Seidel, “Computer-suggested facial makeup,” in *Computer Graphics Forum*, vol. 30, no. 2, pp. 485–492, 2011.
- [6] C.-G. Huang, T.-S. Huang, W.-C. Lin, and J.-H. Chuang, “Physically-based Cosmetic Rendering,” in *International Conference on Computer Animation and Social Agents, 2013*.
- [7] G. Bradski, “Opencv,” *Dr. Dobb’s Journal of Software Tools*, 2000.
- [8] O. A. R. Board, “Openmp application program interface,” May 2008. [Online]. Available: <http://openmp.org/wp/>
- [9] “Box blur,” dec 2013, page Version ID: 517348792. [Online]. Available: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Box_blur&oldid=517348792
- [10] G. Khronos, “Opencl - open computing language - the open standard for parallel programming of heterogeneous systems.” [Online]. Available: <https://www.khronos.org/opencl/>