



MATHEUS COSTA COLDIBELI

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA IDENTIFICAÇÃO
AUTOMÁTICA DA COR DO SOLO CONFORME A CARTA DE
MUNSELL**

**INCONFIDENTES-MG
2016**

MATHEUS COSTA COLDIBELI

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA IDENTIFICAÇÃO
AUTOMÁTICA DA COR DO SOLO CONFORME A CARTA DE
MUNSELL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito de conclusão do curso de Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais - *Campus* Inconfidentes, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Tavares Júnior
Coorientadora: Prof^a. Dra. Lúcia Ferreira

**INCONFIDENTES-MG
2016**

MATHEUS COSTA COLDIBELI

**DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO PARA IDENTIFICAÇÃO
AUTOMÁTICA DA COR DO SOLO CONFORME A CARTA DE
MUNSELL**

Data de Aprovação: _____ de _____ 2016.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Tavares Júnior
IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*

Coorientadora: Prof. Dra. Lucia Ferreira
IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*

Prof. M.e Luciano Aparecido Barbosa
IFSULDEMINAS – *Campus Inconfidentes*

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho inteiramente a Deus e a minha família, especialmente para meus pais, aos meus amigos de infância e aos amigos que ganhei ao longo desta jornada acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Pai Celestial pela benção e sabedoria para a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Inácia e Nelson, pelo eterno apoio e carinho ao longo de minha vida, e aos meus amigos e colegas, pelos desafios superados em equipe.

Agradecimento especial ao professor João Batista Tavares Júnior e Lúcia Ferreira, pela inesgotável paciência e orientação, a todos os professores, fonte de conhecimento e companheirismo, e a todos os funcionários do IFSULDEMINAS – *Campus* Inconfidentes, que de alguma forma contribuíram para minha formação.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

(José de Alencar)

RESUMO

A cor de um solo é um elemento que auxilia a definir o tipo de material que lhe deu origem, assim como as características das condições de formação e processos que o mesmo foi submetido. Este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo capaz de medir quantitativamente a cor de uma amostra de solo de forma automática, além do desenvolvimento de um programa para a definição da cor do solo conforme a carta de cores Munsell. Para a montagem do protótipo foi utilizado uma placa Arduino Uno R3 e um sensor de cor GY-31 TCS3200 e para a interface gráfica do programa foi utilizado o software Microsoft Visual Basic 2008 Express Demo. Foi utilizado uma carta padrão de cores com seus respectivos valores em RGB e impressas em diferentes impressoras para avaliação da precisão do protótipo. Para as faixas espectrais do verde e laranja os resultados apresentaram grande discrepância, prejudicando o desempenho do protótipo para as respectivas cores, entretanto, para as demais cores os valores mostraram-se bastante satisfatórios, possibilitando na aplicação do protótipo para a classificação automática da cor do solo.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto; REM; Reflectância; Matiz; HSV.

ABSTRACT

The color of a soil is an element that helps to define the type of material that gave rise to it, as well as the characteristics of the training conditions and processes that it has undergone. This work aims to develop a prototype capable of quantitatively measuring the color of a soil sample automatically, in addition to the development of a program for the definition of soil color according to the Munsell color chart. For the assembly of the prototype an Arduino Uno R3 board and a color sensor GY-31 TCS3200 were used and for the graphical interface of the program the Microsoft Visual Basic 2008 Express Demo software was used. A standard color chart with its respective values in RGB and printed on different printers was used to evaluate the accuracy of the prototype. For the spectral bands of green and orange the results presented a great discrepancy, impairing the performance of the prototype for the respective colors, however, for the other colors the values were quite satisfactory, allowing in the application of the prototype to the automatic classification of the color of the ground.

Keywords: Remote Sensing; REM ; Reflectance ; Hue ; HSV .

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Curva espectral de solos com teores de óxido de ferro e minerais opacos	7
Figura 2 – Curva espectral para diferentes estágios de decomposição da matéria orgânica ...	8
Figura 3 – Curvas espectrais de solos com diferentes níveis de umidade	9
Figura 4 – Representação tridimensional do sistema de cores Munsell	10
Figura 5 – Combinação das cores primárias	11
Figura 6 – Representação do cubo de cor do espaço RGB.....	11
Figura 7 – Funcionalidade do sistema.....	12
Figura 8 – Placa Arduino Uno R3 e seus componentes	13
Figura 9 – Sensor de cor GY-31 TCS3200	14
Figura 10 – Esquema de montagem do protótipo	15
Figura 11 – Câmara para o protótipo	16
Figura 12 – Fluxograma da funcionalidade do software	17
Figura 13 – Círculo de Tonalidades de Munsell e ordenação dos matizes	18
Figura 14 – Folha da carta de cores Munsell	19
Figura 15 – Carta de Cores	20
Figura 16 – Impressora HP Officejet Pro X476.....	20
Figura 17 – Impressora Epson T50 CX.....	21
Figura 18 – Montagem do protótipo	22
Figura 19 – Construção final do protótipo	23
Figura 20 – Interface do programa	23
Figura 21 – Carta de Cores impressas	24
Figura 22 – Comportamento dos Componentes RGB	27
Figura 23 – Nomenclatura da cor de um solo na Carta de Munsell	28

LISTA DE SIGLAS

HSV	<i>Hue Saturation Value</i>
MAX	Máximo
MIN	Mínimo
REM	Radiação Eletromagnética
RGB	<i>Red Green Blue</i>
SBCS	Sociedade Brasileira de Ciências do Solo
TCS	<i>Tata Consultancy Services</i>
V	<i>Volts</i>
nm	Nanômetro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVO.....	3
2.1. OBJETIVO GERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3.1. ORIGEM DO SOLO.....	4
3.2. A COR COMO CARACTERÍSTICA MORFOLÓGICA DO SOLO.....	5
3.3. COMPONENTES DO SOLO E VARIAÇÕES NO COMPORTAMENTO ESPECTRAL.....	6
3.3.1 Textura.....	6
3.3.2 Óxidos de Ferro.....	7
3.3.3 Matéria Orgânica.....	7
3.3.4 Água.....	8
3.4. SISTEMA DE CORES MUNSELL.....	9
3.5. ESPAÇO DE CORES RGB.....	10
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
4.1. TRANSFORMAÇÃO RGB – HSV.....	16
4.2. DEFINIÇÃO DA COR CONFORME CARTA DE CORES MUNSELL.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1. DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.....	23
5.2. ANÁLISES DOS TESTES DE PRECISÃO.....	24
6. CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
APÊNDICE A – SCRIPT PARA FUNCIONAMENTO DO SENSOR.....	34
APÊNDICE B – CARTA DE CORES (HP OFFICEJET PRO X476.....	36
APÊNDICE C – CARTA DE CORES (EPSON T50 CX).....	38

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da evolução da raça humana fica evidente um dos maiores desafios do homem, a relação com o meio em que vive, isto é, a forma como a humanidade trata o meio ambiente e a maneira como extrai os recursos do solo para a sua sobrevivência. O solo é um fator envolvido diretamente no desenvolvimento da agricultura e social, sendo buscados atualmente os estudos de técnicas que possam aumentar sua produtividade, tornando-se de suma importância devido ao papel fundamental para as atividades antrópicas, desde sua ocupação territorial ao seu sustento familiar.

Uma das maneiras de identificação dos tipos de solo é através de sua coloração, visto que a cor está diretamente relacionada com as suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas. Portanto, é de grande importância definir corretamente a cor de um solo, pois de acordo com Campos (2001), ela é um indicativo do tipo de mineral que o constitui e das condições físicas e climáticas que foi submetido durante sua formação, além de que atualmente muitos sistemas utilizam deste atributo para a classificação dos solos. A carta de cores Munsell é o método de determinação da cor, mais adotado mundialmente. Nela utiliza-se visualmente de um processo comparativo para a definição da cor de um solo, entretanto, pode haver divergências na interpretação da cor de uma mesma amostra, quando realizada pelo olho humano, devido às características particulares de cada observador, como as condições psicofísicas e capacidade de observação.

A definição de cor está relacionada diretamente com a forma que ocorre a interação da radiação eletromagnética (REM), por meio da quantidade de energia eletromagnética que é absorvida, transmitida e refletida pelo objeto. Em função das

características destacadas por Liu (2006), de que todo objeto possui uma única curva espectral. Esta curva espectral pode ser registrada por sensores desenvolvidos para identificar e distinguir objetos na superfície terrestre, sendo que também pode ser utilizado para a identificação das curvas espectrais correspondentes a cada tipo de solo. Uma maneira mais simples para classificar a cor pode ser vista em Minolta (1998), no qual foram criados métodos que possibilitam quantificar numericamente as cores, tornando a classificação mais precisa.

Estes métodos aliados aos sistemas computacionais que possibilitam distinguir um número de variações de tonalidade de cores muito maior que o olho humano consegue perceber. Assim, desenvolver um protótipo que associe os sistemas digitais aos conceitos de sensoriamento remoto, pode proporcionar um produto capaz de efetuar a identificação automática da cor do solo com mais confiabilidade do que a realizada pelo homem, que depende do processo de comparação entre as amostras de solo com a carta de cores de Munsell e da capacidade de interpretação do avaliador. Com base neste contexto, este trabalho tem como objetivo desenvolver um protótipo que efetue a identificação automática da cor do solo seguindo os padrões da carta de cores de Munsell.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho é elaborar um protótipo, com base em tecnologias utilizadas em sensoriamento remoto, capaz de realizar a identificação automática da cor do solo conforme a carta de cores de Munsell.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Montar um sistema de leitura para registro da intensidade de energia refletida pelo solo;
- b) Desenvolver um programa com base nos dados obtidos no sistema de leitura, para transformar de RGB em HSV.
- c) Efetuar a identificação da cor do solo segundo a carta de cores de Munsell no sistema HSV por meio do programa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 ORIGEM DO SOLO

O solo é uma superfície inconsolidada que recobre as rochas e mantém a vida animal e vegetal da Terra, sendo nada mais do que a resultante da ação conjunta dos agentes intempéricos sobre os restos minerais depositados e enriquecidos de detritos orgânicos (VIEIRA, 1988).

Os solos possuem significados diferentes para as mais diversas aplicações, como para um geólogo o solo pode ser compreendido apenas como sedimentos de rochas. O hidrólogo pode entender o solo como uma fonte de armazenamento de água de uma bacia hidrográfica, enquanto que para um ecologista o interessante seria conhecer as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo que possam vir a influenciar no desenvolvimento das plantas e dos animais (WHITE, 2009).

A origem dos vários tipos de solos que apresentam características distintas pela cor, textura, estrutura, mineralogia, entre outras, são resultados de um conjunto de processos sobre o material de origem (OLIVEIRA, 2011). A Sociedade Brasileira de Ciências do Solo (SBCS) (2012) reforça a ideia de que o conhecimento das uniformidades (descontinuidades) no material de origem é importante para a interpretação da gênese do solo, permitindo um melhor estudo do comportamento do solo para uso agrícola e outros fins.

O material de origem, conforme Vieira (1998), é a rocha matriz responsável por fornecer a matéria-prima através da decomposição e desintegração de seus elementos para a formação do solo, sendo que as suas características e propriedades sofrem diferentes

influências dos agentes formadores do solo, a exemplo do tempo, citado por White (2009), em que a extensão de uma reação pedogênica depende do tempo em que ela operou, existindo solos que se formam em período de tempo iguais e diferentes sob um conjunto de fatores. Já o relevo, segundo Oliveira (2011) tem efeitos diretos na forma e na quantidade de água que infiltra no solo ou a que escorre pela superfície, possuindo um papel importante sobre a drenagem e a vegetação de uma paisagem, afetando de forma direta ou indiretamente na formação do solo. O clima pode ser considerado um dos agentes formadores do solo mais importantes, como destacado em SBCS (2012), pois envolve as condições de umidade e temperatura, além de grande influência nas características, como a textura, e teor de matéria orgânica. Portanto, os solos formados em condições ambientais diferentes podem formar solos com cores diferentes, visto que a cor está intimamente relacionada com as características de cada solo.

3.2 A COR COMO CARACTERÍSTICA MORFOLÓGICA DO SOLO

Para compreender o comportamento e o estudo sobre o solo é de grande importância conhecer as características morfológicas dos solos. As características morfológicas constituem a base inicial para a definição de qualquer corpo natural (SBCS, 2012).

A cor, segundo Oliveira (2011), é um atributo utilizado pelo homem desde a antiguidade para diferenciar classes e perfis de solos, por possuir uma fácil visualização, na qual possui relação com alguns componentes do solo e com seus atributos físicos, químicos e biológicos. O autor ainda destaca os fatores que determinam as cores características de determinados solos, como por exemplo, solos vermelhos apresentam uma alta quantidade de óxidos de ferro e juntamente uma textura argilosa, e que um solo bem drenado está associado também a uma coloração vermelha ou vermelha-escura. Os solos com cores acinzentadas são desenvolvidos em ambientes mal drenados, com o nível do lençol freático bastante elevado, e também em solos que apresentam forte queda na condutividade hidráulica causada pela baixa quantidade de macroporos no horizonte B ou em outros horizontes que impedem o fluxo interno da água. Já os solos de cores amareladas estão relacionados fortemente com óxidos de ferro em condições de valência, como por exemplo, a goetita, que são componentes presentes na fração argila. Schaetzl e Anderson (2005) também descrevem alguns casos de coloração dos solos, como solos marrons que também são ricos em goetita, os solos mais brancos que podem ser ricos em sais ou em carbonatos e solos com coloração mais escura, devido ao alto teor de matéria orgânica.

Os autores também enfatizam as diferentes interpretações visuais que variam de pessoa para pessoa, como que para certa pessoa um solo pode ter uma coloração vermelha-castanha, e para outra o mesmo solo pode ainda ser interpretado com uma coloração vermelha-escura. Por esta razão, as amostras de solo são comparadas com cartelas de cores de solo padronizados por Munsell, para que qualquer pessoa possa identificar a cor de um solo com maior precisão.

3.3 COMPONENTES DO SOLO E VARIAÇÕES NO COMPORTAMENTO ESPECTRAL

Para Moreira (2011) o solo possui como componentes principais, a matéria mineral, que corresponde a aproximadamente 46% do solo; a matéria orgânica que ocupa cerca de 4%; a água em 25%, e o ar que corresponde a 25%. A formação e as características dos solos dependem de vários fatores, os quais podem influenciar na formação de diferentes tipos de solos. O autor também destaca que os parâmetros do solo influenciam na radiação emitida ou refletida pelos objetos da superfície terrestre e que entre os vários parâmetros, destacam-se os óxidos de ferro, a umidade, a matéria orgânica, textura, entre outros. Neste trabalho serão destacados alguns dos parâmetros citados acima.

3.3.1 Textura

A textura para SBCS (2012) consiste na proporção das frações granulométricas que formam o solo, de maneira especial com as proporções de argila, areia e silte. Ainda segundo a SBCS, a importância da textura para a utilização agrícola dos solos é bastante relevante, por ser uma característica permanente e por influenciar várias propriedades do solo, como a movimentação interna da água, e a compactação.

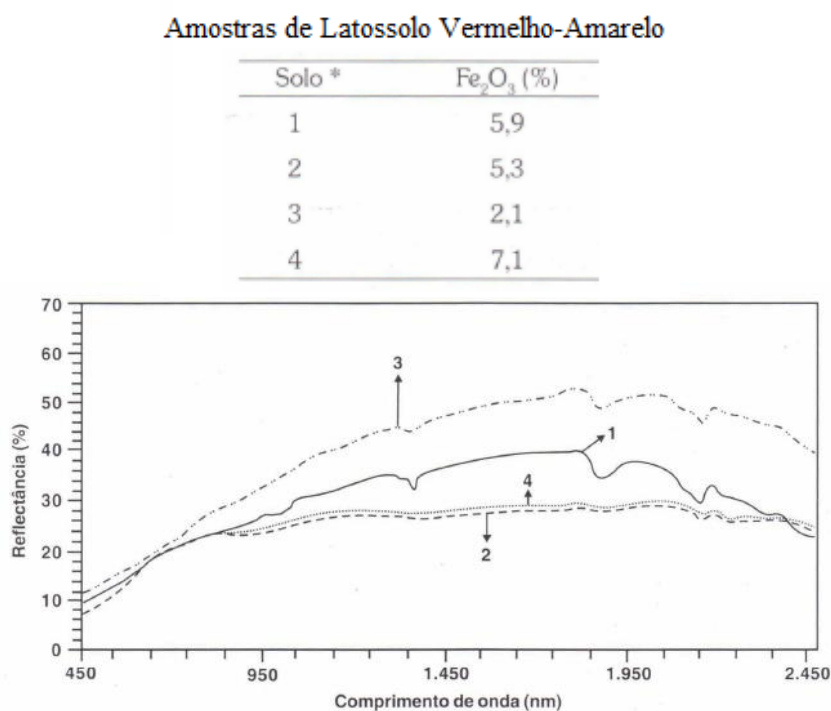
A contribuição do tamanho das partículas do solo em suas respostas espectrais é explicada na pesquisa de Liu (2006), na qual a partir de estudos desenvolvidos em laboratórios pode-se concluir que em um solo arenoso ocorre a diminuição da reflectância espectral, ocasionado pelo tamanho das partículas. Para uma superfície uniforme formada por areias finas, a reflectância tende a aumentar, devido à possibilidade de se formar uma superfície mais suave e com menos espaços vazios, que ajudam a energia eletromagnética a refletir. Porém, para os solos com presença de argila e com textura mais fina, a absorção da radiação é maior, principalmente se há o aumento da umidade no solo e da matéria orgânica, fatores que contribuem na absorção.

3.3.2 Óxidos de Ferro

A presença de óxido de ferro é um fator importante na resposta espectral do solo, como afirma Moreira (2007), que além de influenciar na cor do solo, os óxidos também absorvem grande quantidade de energia eletromagnética, principalmente no infravermelho próximo, com absorção quase total na faixa de 0,9 μm . Assim, este fator influencia bastante no comportamento espectral de latossolos, que possuem maiores teores de óxido de ferro, no qual ocorre uma suavização do comportamento espectral na faixa do infravermelho próximo. Este fator, em razão da sua forte influência, impõe-se sobre os demais parâmetros do solo.

A figura 1 demonstra a resposta espectral de 4 amostras de Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes teores de óxidos de ferro.

Figura 1 – Curva espectral de solos com teores de óxido de ferro e minerais opacos.



Fonte: Adaptado de Moreira (2007).

3.3.3 Matéria Orgânica

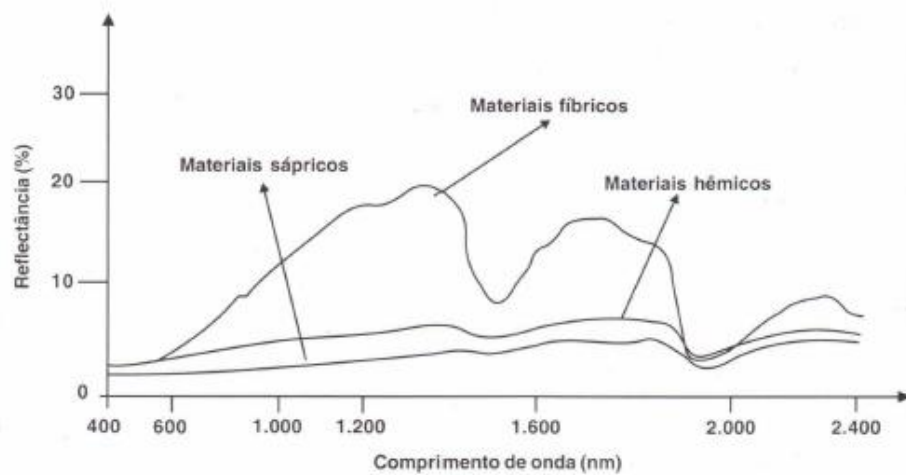
A origem da matéria orgânica do solo se dá através do armazenamento de restos de plantas, resíduos de animais e micro-organismos na superfície, que se misturam até uma determinada extensão com os componentes minerais (WHITE, 2009). A importância da matéria orgânica no solo é relatada também por Moreira (2011), que apesar de ser um baixo teor em relação aos componentes minerais, possui uma forte influência positiva nas

propriedades do solo como na redução da densidade do solo, além de contribuir na diminuição de macroporos em solos arenosos e aumentar a dos solos argilosos.

Quanto maior o teor de material orgânico, menor é a reflectância do solo nos comprimentos de onda entre 0,4 a 2,5 μm , influenciando numa coloração mais escura (Hoffer & Johannsen, 1969 apud Moreira, 2011).

Moreira (2011) comenta que os diferentes estágios de decomposição da matéria orgânica, materiais sápricos (altamente decompostos), hêmicos (moderadamente decompostos) e fíbricos (fracamente decompostos), também apresentam comportamentos espectrais diferentes (figura 2).

Figura 2 – Curva espectral para diferentes estágios de decomposição da matéria orgânica.



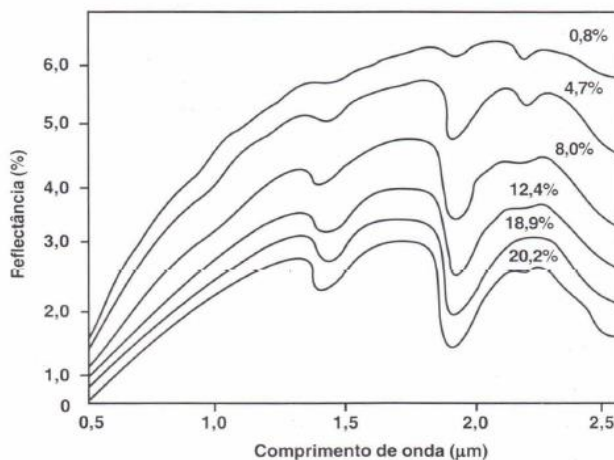
Fonte: Moreira (2007).

Pode-se notar com a figura 5 que os materiais em estágio avançado de decomposição possuem uma menor reflectância da energia eletromagnética em relação aos outros.

3.3.4 Água

Segundo Moreira (2011), a água contribui para a absorção da radiação eletromagnética na medida em que sua quantidade aumenta, causando uma alta absorção na região do visível e do infravermelho próximo (Figura 3).

Figura 3 – Curvas espectrais de solos com diferentes níveis de umidade.



Fonte: Moreira (2007).

A figura 3 demonstra que a energia eletromagnética teve grande absorção nas faixas de 1,4 μm , 1,9 μm e a partir de 2,2 μm , e que a reflectância da REM aumenta à medida que a quantidade de água no solo diminui.

3.4 SISTEMA DE CORES MUNSELL

O sistema de Munsell é explicado em SBCS (2012), na qual a cor é definida por um Matiz, um Valor e Saturação (Croma).

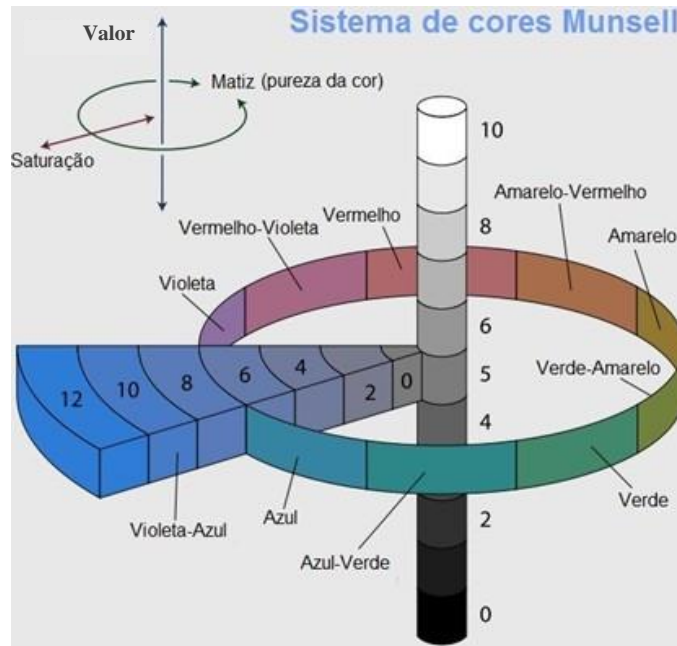
O Matiz consiste no comprimento de onda da luz refletida por um objeto, sendo que no sistema de Munsell é representado por um valor que varia de 0 a 10.

O Valor é que determina a tonalidade mais escura ou mais clara de uma cor, sendo o resultante da influência de proporções entre o branco e preto combinados com determinado Matiz, com seu valor mínimo (zero) correspondente ao preto absoluto e o seu valor máximo (dez) ao branco.

A Saturação fornece a pureza de determinada cor, de maneira que no sistema Munsell varia de 0 a 20, na qual a Saturação zero representa nenhum Matiz e vinte partes de cinzento, enquanto que com valor máximo significa vinte partes de Matiz e nenhum de cinzento, isto é, apresenta uma cor espectral pura.

A representação tridimensional do sistema de cores Munsell, segundo Hirschler (2009), consiste em um círculo no qual o eixo central vertical corresponde aos níveis de cinza, apresentando o branco na parte superior e o preto na inferior. À proporção que se afasta do eixo central o valor do cinza é alterado, até tornar uma cor totalmente saturada, além de que ao redor do círculo encontram-se diversas cores. A figura 4 ilustra o círculo tridimensional.

Figura 4 – Representação tridimensional do sistema de cores Munsell.



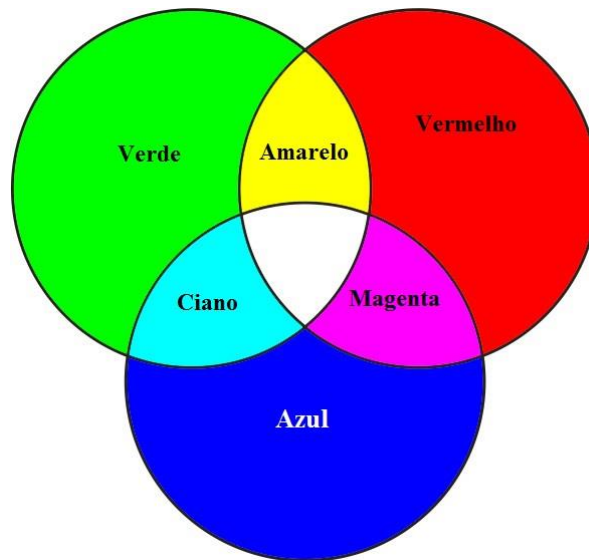
Fonte: <<http://slideplayer.com.br/slide/10314387/>>

A classificação da cor do solo, conforme a SBCS (2012), utiliza a notação de Munsell a partir de uma carta que representa as diversas cores de diferentes tipos de solos. Entretanto, no atributo Valor não são encontrados o preto e o branco absolutos nos solos, por isso na carta de cores são informados apenas valores entre 2 e 8. Já a Saturação para os casos de solo o valor máximo que pode atingir é 8.

3.5 ESPAÇO DE CORES RGB

O sistema de cores RGB, segundo Meneses *et al* (2012), é baseado nas três cores primárias: azul, verde e vermelho, no qual é possível obter milhões de cores a partir das diversas combinações das intensidades de luz das cores primárias, onde a soma das três cores primárias resulta na luz branca e a soma em pares entre as três resultam em novas cores, como o magenta, ciano e amarelo, conhecidas como cores secundárias. A figura 5 representa a combinação entre as cores pelo processo aditivo.

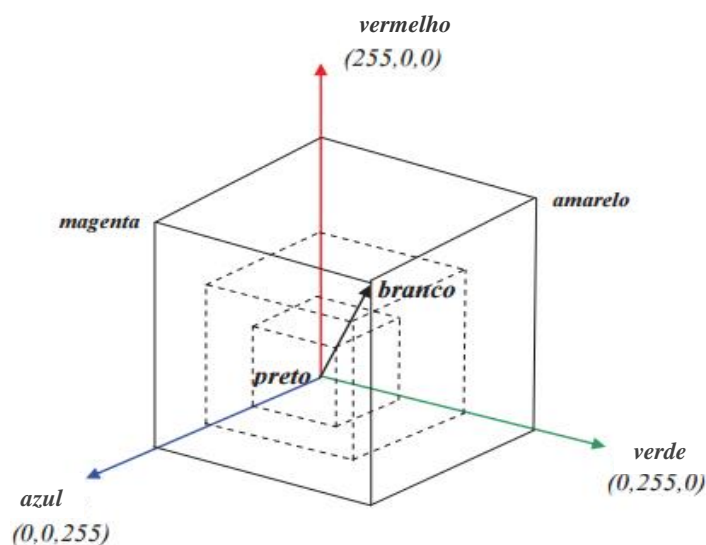
Figura 5 – Combinação das cores primárias pelo processo aditivo.



Fonte: Adaptado de Norton (2011).

De acordo com Miranda e Marabita (2007), o sistema RGB utiliza um sistema de coordenadas cartesiano representado por um cubo de cor, podendo ser unitário, ou de acordo com Meneses *et al* (2012), pode ser representado por dados de 8 bits em que apresenta 256 níveis de cinza, variando de 0 a 255. Logo, os vértices do cubo simbolizam as cores primárias e secundárias e o eixo diagonal do centro do cubo indica os tons de cinza. A figura 6 representa o sistema cartesiano RGB.

Figura 6 – Representação do cubo de cor do espaço RGB.



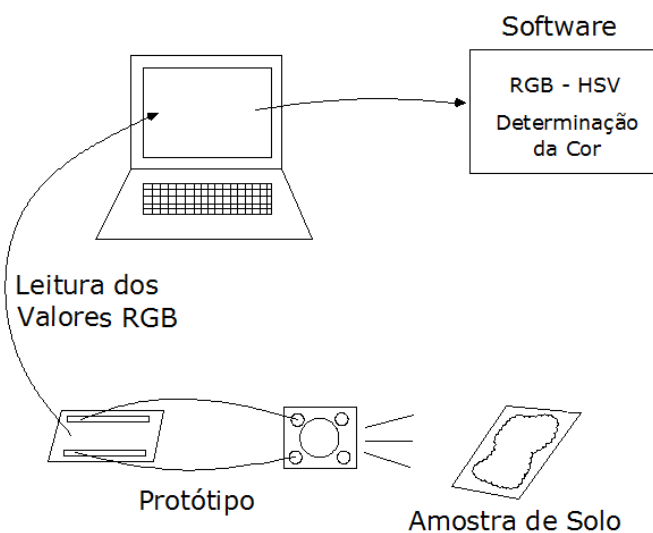
Fonte: Adaptado de Meneses *et al* (2012).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram desenvolvidas as etapas de Desenvolvimento do Protótipo, de Transformação RGB-HSV e da Identificação da cor conforme a carta de cores de Munsell.

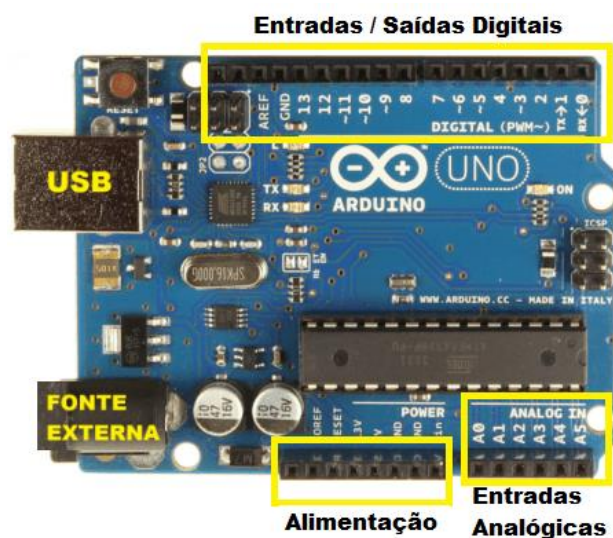
O protótipo tem como função indicar a cor de determinada amostra de solo a partir da intensidade da radiação eletromagnética captada, informando os comprimentos de onda relativos à cor do solo em valores baseados no sistema RGB. Os valores RGB fornecidos pelo protótipo são convertidos para o sistema HSV, sistema padrão da carta de cores de Munsell, através do desenvolvimento de um software, que permite a visualização da cor do solo que foi identificada pelo protótipo. A figura 7 ilustra a funcionalidade do sistema.

Figura 7 – Funcionalidade do sistema.



Na montagem do protótipo foi utilizado um Arduino Uno R3 e um sensor de cor GY-31 TCS3200. A placa Arduino Uno R3 possui pinos de entrada e saída digitais e analógicas que fazem a ligação entre a placa com circuitos externos e equipamentos, além de possuir pinos para alimentação do sistema. A alimentação da placa pode ser feita por uma conexão USB ou por uma fonte de alimentação externa, cuja tensão ideal de funcionamento é de 5V, podendo ser alimentada por uma tensão de até 7V. A figura 8 ilustra uma placa Arduino Uno R3 e seus principais componentes.

Figura 8 – Placa Arduino Uno R3 e seus componentes.



Fonte: Adaptado de Souza (2013).

O sensor TCS3200 é capaz de registrar a intensidade com que os comprimentos de onda da REM são refletidos pelo objeto, apresentando valores numéricos baseado no sistema de cor RGB. O sensor possui 64 fotodiodos capazes de captar a intensidade da luz detectada, distribuídos em 16 filtros para cada cor: vermelho, verde e azul e 16 fotodiodos sem filtro. Possui pinos para alimentação do sensor (VCC e GND), para controle (S0, S1, S2 e S3) e um pino de saída (OUT) que é responsável por transmitir as informações ao microcontrolador do Arduino. A figura 9 demonstra um sensor GY-31 TCS3200.

Figura 9 – Sensor de cor GY-31 TCS3200.



Fonte: Thomsen (2016).

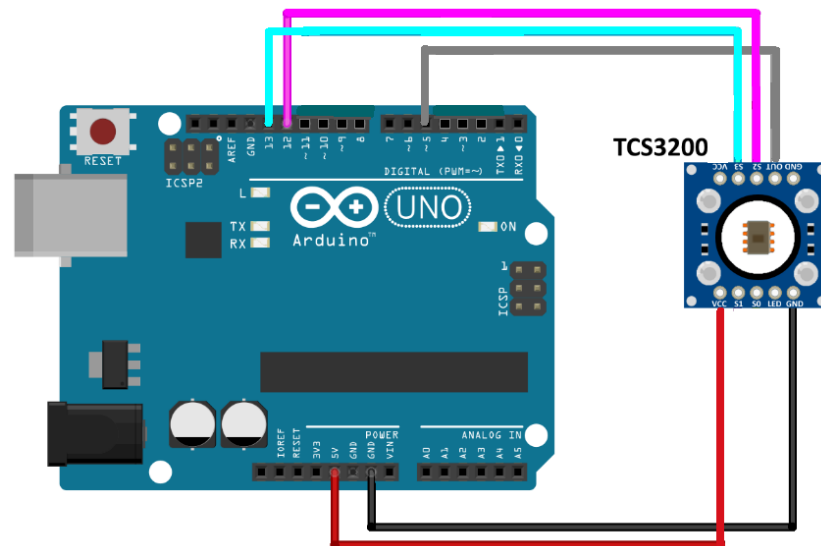
A montagem do sensor foi realizada utilizando-se fios que ligam os pinos do sensor a placa. Os pinos S2 e S3 do sensor são conectados aos pinos 12 e 13 da placa respectivamente. Já o pino VCC é ligado ao pino de 5V da placa e os pinos GND correspondentes de cada equipamento são ligados entre si para alimentar o funcionamento do sensor. E por fim, o pino OUT, que é responsável por transmitir as informações para o microcontrolador do Arduino, é ligado ao pino 5 da placa. A conexão de cada pino do sensor e do Arduino UNO R3 é representada pela Tabela 1.

Tabela 1 – Conexão dos Pinos

Pinos	
Sensor de Cor GY-31 TCS 3200	Arduino UNO R3
S2	12
S3	13
VCC	5V
GND	GND
OUT	5

A figura 10 ilustra a montagem do protótipo com a conexão dos pinos do sensor com o Arduino.

Figura 10 – Esquema da montagem do protótipo.

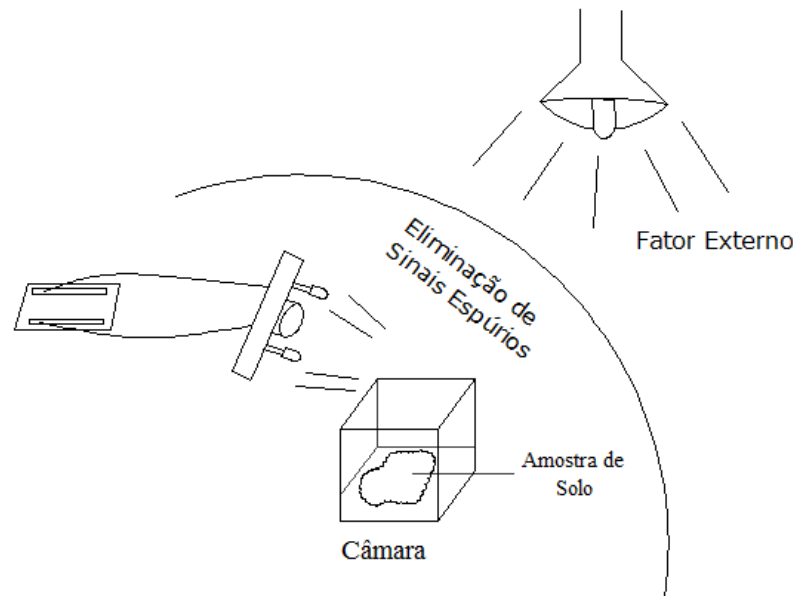


Fonte: Adaptado de Thomsen (2016).

A programação utilizada pelo Arduino de acordo com Di Renna (2013), é similar as linguagens de C e C++ sobre a qual foram desenvolvidas diversas bibliotecas e funções que são bastante utilizadas pelo sistema Arduino, simplificando sua utilização. Para o funcionamento do sensor foi utilizado uma biblioteca específica MD_TCS230 utilizada para sensores capazes de captar diferentes cores. A programação foi desenvolvida no software fornecido pelo sistema, o **Arduino IDE versão 1.6.9**, no qual é carregado o script para o microcontrolador da placa pela porta USB. A programação utilizada encontra-se no Apêndice A.

A presença de fatores externos pode prejudicar nas leituras realizadas pelo protótipo, por exemplo, a iluminação ambiente em determinados casos pode influenciar nos valores RGB, visto que a REM detectada pelo sensor poderá conter informações provindas da amostra de solo, quanto de uma fonte externa de iluminação que emita o mesmo comprimento de onda em estudo. Portanto, foi desenvolvida uma pequena câmara, cuja superfície interna foi revestida por uma cor predominante, a fim de eliminar possíveis sinais espúrios nas leituras das amostras de solo (figura 11).

Figura 11 – Câmara para o protótipo.

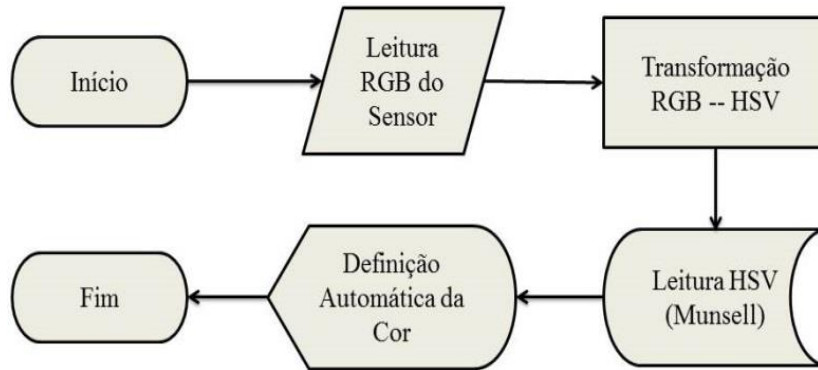


4.1 TRANSFORMAÇÃO RGB – HSV

Os níveis RGB de determinada amostra de solo e que são informados pelo sensor devem ser transformados do sistema RGB para o sistema HSV, representando o Matiz (H), a Saturação (S) e o Valor (V). Este sistema é adotado por Munsell e o mais utilizado internacionalmente para classificar a cor de um solo, existindo uma carta com inúmeras cores específicas para o solo. Por esse motivo, foi desenvolvido um software capaz de transformar os valores RGB para o sistema HSV.

A funcionalidade do software consiste em informar os valores RGB identificados pelo sensor, no qual são obtidos o Matiz, a Saturação e o Valor correspondentes, além de fornecer visualmente a cor de determinado solo a partir dos valores obtidos. A figura 12 demonstra o fluxograma do software.

Figura 12 – Fluxograma da funcionalidade do software.



O modelo matemático utilizado pelo software para a conversão do sistema RGB para o sistema HSV é apresentado em Souto (2000): Nele o Matiz representa o comprimento de onda predominante e varia de 0 a 360 graus, no qual o Matiz de 0, 120 e 240 graus corresponde às cores vermelho, verde e azul respectivamente, representando as três cores primárias do espaço RGB. O cálculo do Matiz é apresentado pelas equações 1, 2, 3 e 4:

Se (MAX = R) e (G ≥ B):

$$H = \left\{ 60 * \frac{G - B}{MAX - MIN} + 0 \right\} \quad (1)$$

Se (MAX = R) e (G < B):

$$H = \left\{ 60 * \frac{G - B}{MAX - MIN} + 360 \right\} \quad (2)$$

Se (MAX = G):

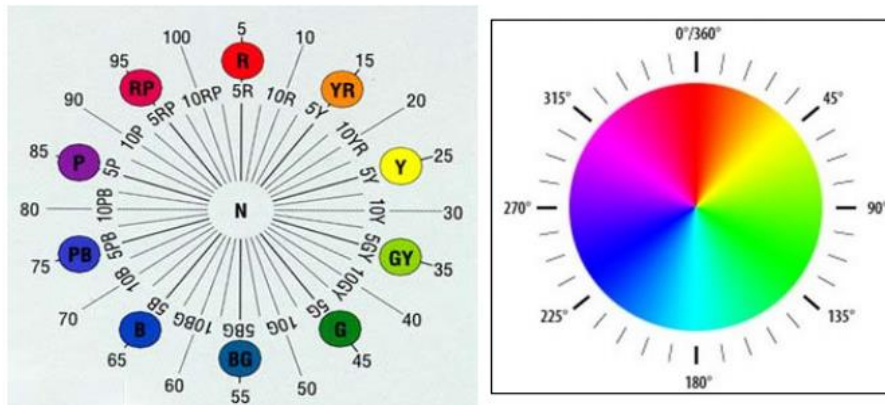
$$H = \left\{ 60 * \frac{B - R}{MAX - MIN} + 120 \right\} \quad (3)$$

Se (MAX = B):

$$H = \left\{ 60 * \frac{R - G}{MAX - MIN} + 240 \right\} \quad (4)$$

Na carta de Munsell o Matiz varia de 0 a 100 e é representado pelas siglas em cores correspondentes das cores que formam o círculo cromático, diferindo do modelo matemático adotado (figura 13).

Figura 13 – Círculo de tonalidades de Munsell e ordenação dos matizes.



Fonte: Adaptado de Hirschler (2009) e Amaral, Breno AS et al (2014).

Portanto é necessário associar os valores de Matiz calculados pelo modelo matemático com os valores adotados na carta de cores. A equação 5 calcula essa associação.

$$\text{Matiz} = \frac{(H * 100)}{360} + 5 \quad (5)$$

Já os parâmetros Saturação e Valor podem variar de 0 a 1 ou de 0 a 10 (carta de Munsell), no qual estes valores correspondem ao menor e maior valor possível. A Saturação e Valor são determinados a partir das equações 6 e 7, respectivamente:

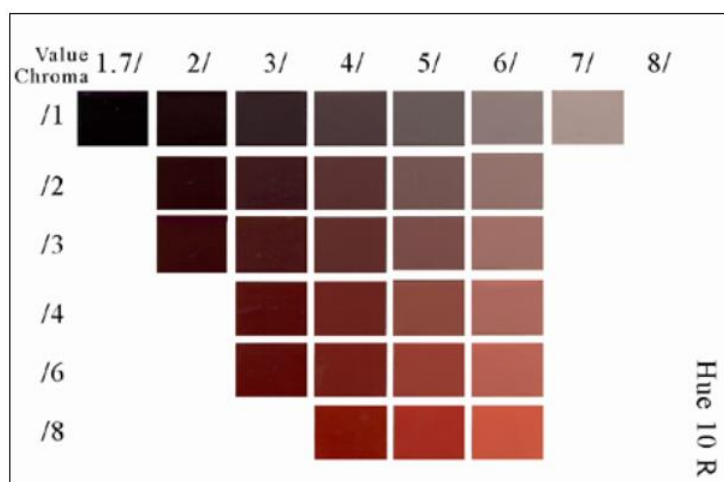
$$S = \frac{\text{MAX} - \text{MIN}}{\text{MAX}} \quad (6)$$

$$V = \text{MAX} \quad (7)$$

4.2 DEFINIÇÃO DA COR CONFORME CARTA DE CORES MUNSELL

A carta de cores Munsell é formada por um conjunto de cartelas que representam determinada cor, no qual cada cartela corresponde a um valor do sistema HSV. Os valores de Matiz (hue) variam de uma folha para outra da carta, ou seja, cada folha apresenta um mesmo Matiz, variando apenas os valores de Saturação (croma) e Valor num intervalo de 0 a 10, onde a Saturação varia no sentido vertical da folha e o Valor no sentido horizontal (Figura 14).

Figura 14 – Folha da carta de cores Munsell.

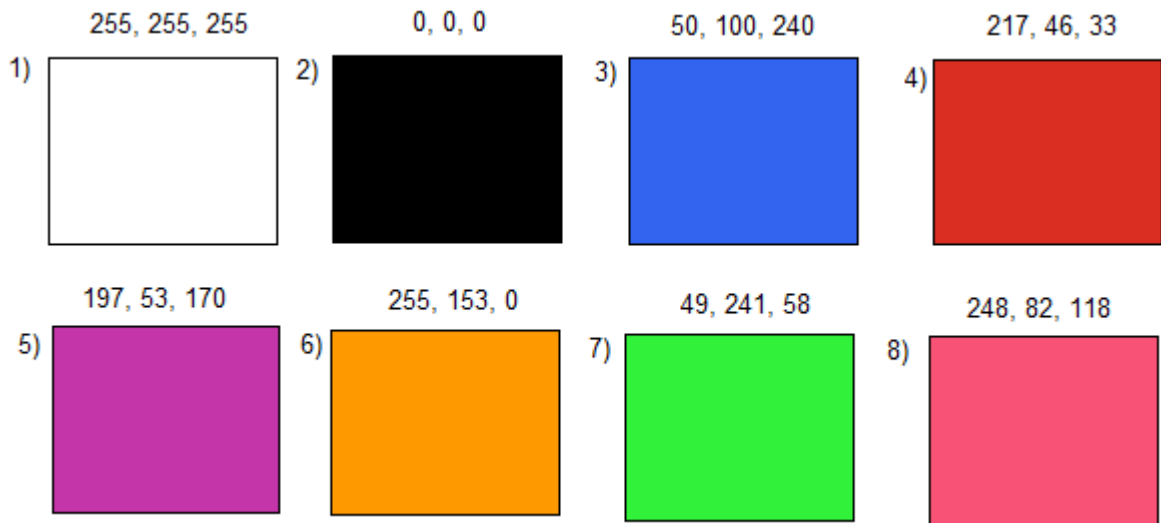


Fonte: < <http://biophysics.sbg.ac.at/protocol/soilchart.pdf>>

Normalmente a determinação da cor de um solo é realizada visualmente numa comparação entre as amostras de solo e as cartelas, e dependente da capacidade de interpretação do avaliador. Com o protótipo busca-se realizar a classificação automática da cor de um solo através do software, para obter os valores de Matiz, Saturação e Valor no mesmo sistema adotado pela carta de cores Munsell.

Para verificar a precisão do funcionamento do protótipo foram realizados testes com as leituras RGB de uma série de cores com tonalidades diferentes e seus respectivos valores (RGB), que foram definidos computacionalmente (Figura 15).

Figura 15 – Carta de Cores.



A avaliação dos testes baseia-se na comparação dos valores RGB de cada cor obtidos pelo protótipo em relação aos valores pré-definidos computacionalmente, cuja precisão será considerada a partir do grau de aproximação com os valores padrão, além de uma análise sobre a impressão da carta de cores utilizando duas impressoras com papéis e tecnologias diferentes, uma HP Officejet Pro X476 (figura 16) com impressão a jato de tinta normal (4 cores) e uma Epson T50 CX (figura 17) com jato de tinta fotográfica (6 cores).

Figura 16 – Impressora HP Officejet Pro X476.



HP Officejet Pro X476

- Impressão: Colorida
- Tecnologia: Jato de tinta (4 cores)
- Scanner
- Conexão Wi-Fi

Fonte: Adaptado de Loja HP.

Figura 17 – Impressora Epson T50 CX



Epson T50 CX

- Imprimir CDs e DVDs
- Tinta resistente a água e luz
- Tecnologia Fotográfica (6 cores)

Fonte: Adaptado do Portal impressora jato.

A utilização de duas impressoras com tecnologias diferentes tem como proposta discutir estatisticamente, a partir da análise das leituras registradas pelo protótipo, e visualmente possíveis diferenças entre as impressões, já que estão relacionadas diretamente com o método tradicional de identificação visual da cor do solo, caso a carta de cores de Munsell seja impressa por impressoras distintas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

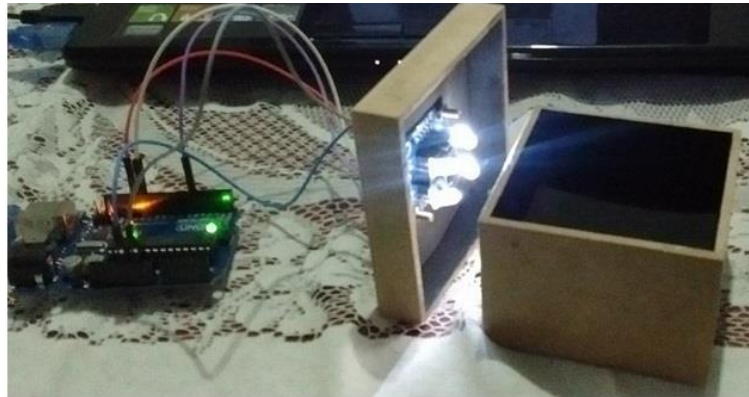
A montagem do sensor TCS 3200 junto ao Arduino foi realizada a partir da configuração proposta para cada pino, no qual foram conectados através de fios (jumpers) tipo Macho – Fêmea (Figura 18).

Figura 18 – Montagem do protótipo.



A câmara desenvolvida consiste em uma pequena caixa de madeira fechada, cujo interior é totalmente coberto com tinta preta fosca, a fim de eliminar possíveis sinais espúrios durante as leituras, já que o preto representa a ausência de qualquer cor. O sensor também foi fixado na parte superior da caixa, de modo a permitir uma equidistância do sensor com a amostra de solo, para evitar assim diferentes leituras de uma mesma amostra (Figura 19).

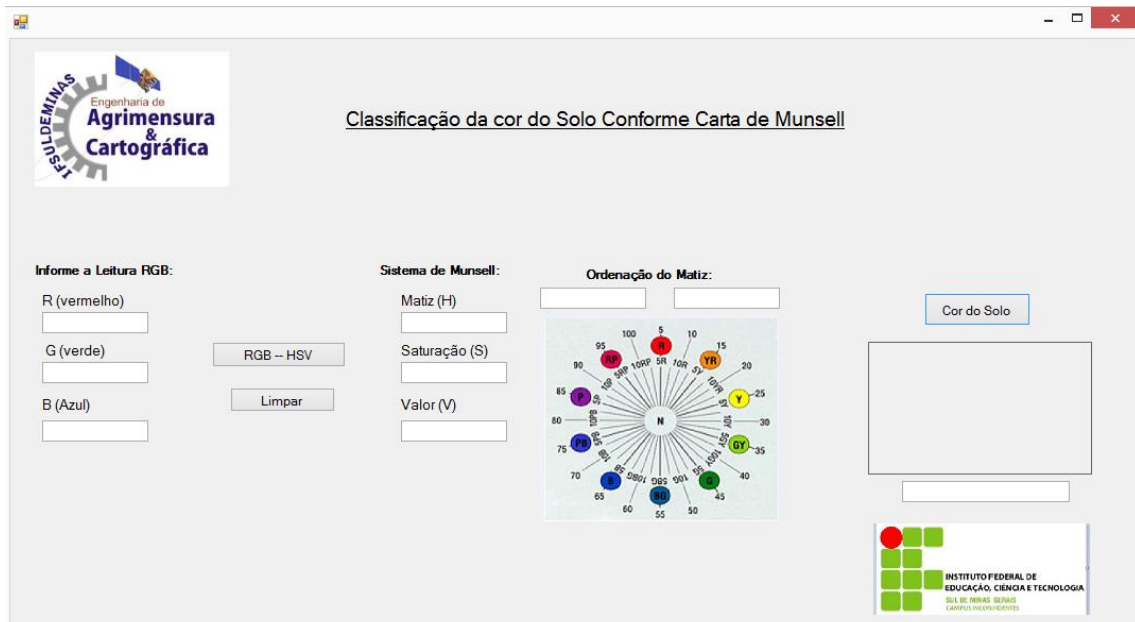
Figura 19 – Construção final do protótipo.



5.1 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

Para a aplicação do modelo matemático de transformação do sistema RGB para o HSV e o desenvolvimento da interface gráfica do software, foi utilizado o programa Microsoft Visual Basic 2008 Express Edition Versão 3.5 Demonstrativa. O layout da interface gráfica do programa é representado pela figura 20.

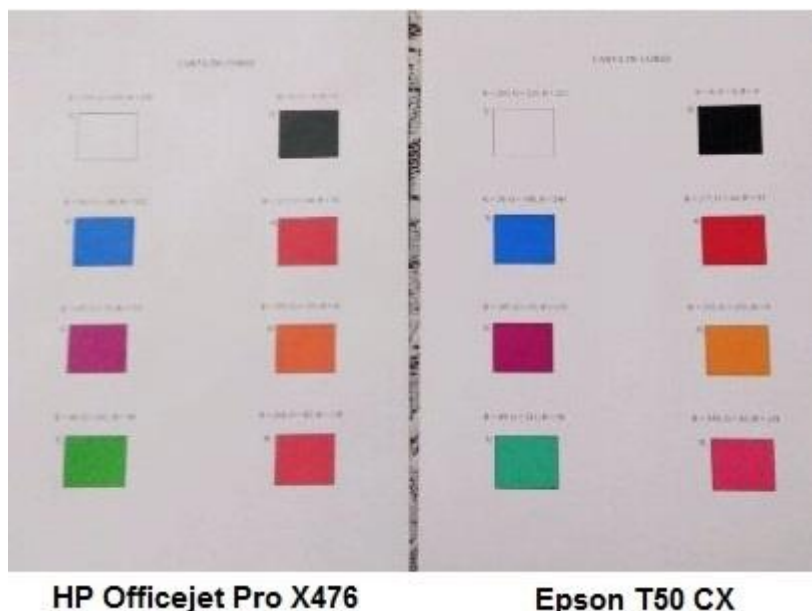
Figura 20 – Interface do programa.



5.2 ANÁLISES DOS TESTES DE PRECISÃO

A carta de cores confeccionada e impressa pelas impressoras HP Officejet Pro X476 e Epson T50 CX (Figura 21) encontram-se nos Apêndices B e C respectivamente.

Figura 21 – Carta de Cores impressas.



De acordo com a figura 21 e com os apêndices B e C pode-se perceber que houve diferenças visuais significativas entre as cartas para praticamente todas as cores. A carta impressa pela impressora Epson T50 apresenta cores mais fortes quando comparadas com as cores da carta impressa pela HP Officejet, devido à textura mais grossa e brilhante da folha utilizada. Outra questão relevante é para as cores 4 e 8, no qual a distinção visual entre as cores é maior para a carta de cores da Epson do que para a HP, que apresentou uma maior dificuldade em distinguir as duas cores.

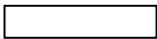
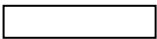
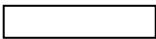

















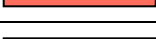



A análise estatística foi realizada a partir das leituras das cores de cada carta pelo protótipo e comparados os valores RGB obtidos com os valores padrão. A comparação dos valores RGB/HSV da carta de cores com as leituras obtidas pelo protótipo são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores RGB/HSV da carta de cores e do protótipo

Cor	Valor RGB/HSV (Carta de Cores)	Valor RGB/HSV - Protótipo (HP X476)	Valor RGB/HSV-Protótipo (Epson T50)
1	255, 255, 255 – 0; 10; 10	255, 255, 255 – 0; 10; 10	255, 255, 255 – 0; 10; 10
2	0, 0, 0 – 0; 0; 0	36, 28, 44 – 10PB; 3,6; 1,7	18, 4, 11 – 7,5RP; 7,8; 0,1
3	50, 100, 240 – 7,5B; 7,9; 9,4	58, 110, 242 – 7,5B; 7,6; 9,5	47, 112, 255 – 7,5B; 8,2; 10
4	217, 46, 33 – 5R; 8,5; 8,5	244, 68, 106 – 10RP; 7,2; 9,6	224, 26, 56 – 2,5R; 8,8; 8,8
5	197, 53, 170 – 2,5RP; 7,3; 7,7	186, 56, 135 – 5RP; 7; 7,3	160, 30, 102 – 5RP; 8,1; 6,3
6	255, 153, 0 – 5YR; 10; 10	255, 94, 98 – 5R; 6,3; 10	255, 110, 92 – 7,5R; 6,4; 10
7	49, 241, 58 – 10GY; 8; 9,5	94, 135, 106 – 2,5GY; 3; 5,3	75, 143, 128 – 10G; 4,8; 5,6
8	248, 82, 118 – 10RP; 6,7; 9,7	250, 68, 116 – 10RP; 7,3; 9,8	255, 50, 114 – 10RP; 8; 10

A cor detectada pelo protótipo e a variação dos valores RGB são exibidos na Tabela 3.

Tabela 3 – Variação das cores detectadas pelo protótipo

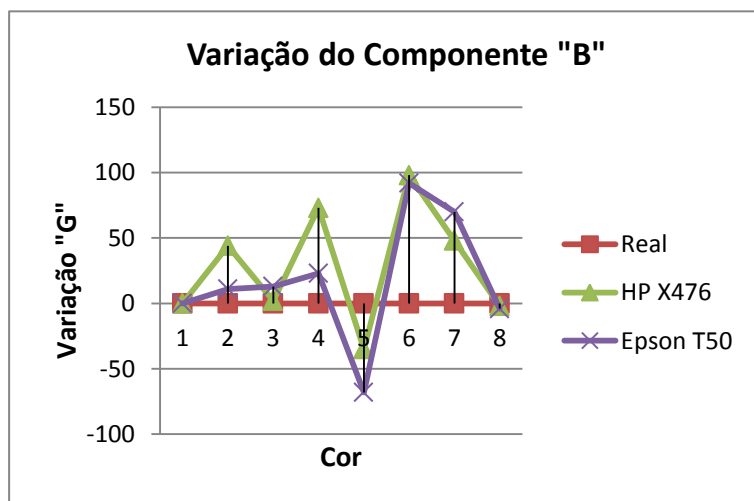
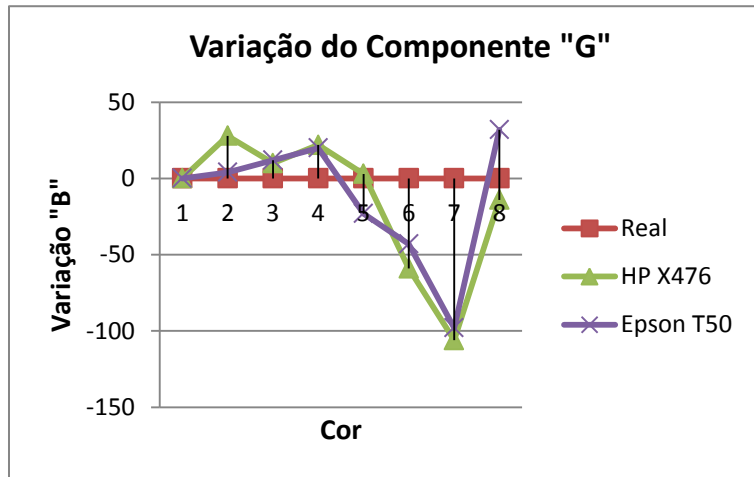
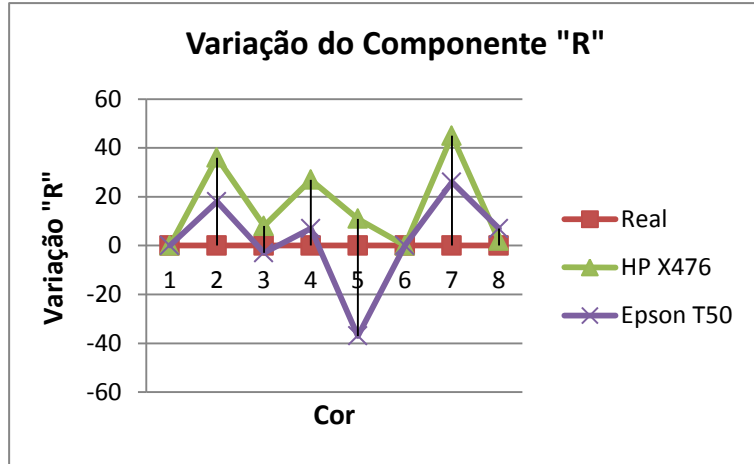
Cor	Carta de Cores	Protótipo (HP X476)	Variação RGB	Protótipo (Epson T50)	Variação RGB
1			0, 0, 0		0, 0, 0
2			36, 28, 44		18, 4, 11
3			8, 10, 2		3, 12, 13
4			27, 22, 73		7, 20, 23
5			11, 3, 35		37, 23, 68
6			0, 59, 98		0, 43, 92
7			45, 106, 48		26, 98, 70
8			2, 14, 2		7, 32, 4

De acordo com as Tabelas 2 e 3 as cores 1, 2, 3, 4, 5 e 8 identificadas pelo protótipo apresentaram uma maior aproximação com as respectivas cores da carta, indicando uma variação menor para as cores 1, 3, 4 e 8. Já para a cor laranja (6) e verde (7) houve uma grande alteração dos valores RGB, comprometendo o funcionamento do sensor nas respectivas faixas espectrais. É importante destacar também que as visualizações das cores

nos sistemas computacionais possuem uma resolução melhor do que quando impressas. A impressão da carta pela Epson T50 visualmente apresenta uma coloração mais forte devido à sua tecnologia de impressão que é fotográfica, influenciando nas alterações dos resultados quando comparadas com as cores padrão, visto que os valores RGB das cores foram definidos por operadores computacionais. Apesar de o protótipo ser voltado para a classificação da cor de amostras de solo, é importante ressaltar que o livro das cartas de cores de Munsell pode ser impresso por diferentes tipos de impressoras, possibilitando numa distorção na resolução das cores no processo de impressão, podendo influenciar na identificação da cor de uma amostra de solo pelo método de comparação visual de um avaliador. Com o desenvolvimento do protótipo espera-se que este tipo de influência seja evitado.

Pode-se notar, também, que as cores que apresentaram as melhores aproximações da leitura, apesar de haver uma variação entre os valores RGB, não demonstraram uma diferença significativa com a coloração da carta de cores, ocasionando inclusive, na dificuldade de distinção visual das cores. O desempenho dos componentes do sistema RGB é ilustrado pelos gráficos da figura 22.

Figura 22 – Comportamento dos Componentes RGB



Apesar da discrepância nos valores das cores 6 e 7, de acordo com a figura 22 o verde (G) do sistema RGB apresentou um bom desempenho para as demais cores, não afetando significativamente nos resultados das cores 1, 3, 4, 5 e 8. Portanto, o protótipo tem potencialidade na identificação da cor do solo, visto que segundo Oliveira (2011), o Latossolo é o tipo de solo mais predominante no território brasileiro, no qual, geralmente possui maiores variações de tonalidades para a cor vermelha e algumas variações no amarelo, roxo e laranja, além de que na carta de cores Munsell para solos, geralmente a nomenclatura da cor de um solo é determinada a partir dos atributos HSV de cada cartela de cor, entretanto, para cada cor é definido um limite de tolerância para a Saturação e Valor, ou seja, uma mesma cor pode também ser representada por cartelas vizinhas (figura 23).

Figura 23 – Nomenclatura da cor de um solo na Carta de Munsell

VALUE		MATIZ 10 R					
6/	6/1 CINZENTO AVERME- LHADO	6/2 VERMELHO CLARO ACINZENTADO	6/3	6/4	6/6 VERMELHO CLARO	6/8	
5/	5/1	5/2	5/3	5/4	5/6	5/8	
4/	4/1 BRUNO AVERM. ESCURO	4/2	4/3	4/4	4/6	4/8	
3/	3/1 PRETO AVERMEL	3/2	3/3	3/4	3/6	3/8	
2/	/1	/2	/3	/4	/6	/8	

<==== INTENSIDADE =====>

Fonte: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfcOcAB/determinacao-cor-solo#>>

A precisão do protótipo mostrou-se satisfatória para utilizá-lo na identificação da cor de amostras de solo, apesar de que alguns ajustes que devem ser feitos a fim de alcançar um melhor desempenho, como por exemplo, a inclusão de uma calibração prévia do sensor na programação desenvolvida.

O custo financeiro para a realização deste trabalho também se mostrou bastante satisfatório quando comparados com outros equipamentos que exercem a mesma função do protótipo, a Tabela 4 demonstra os custos de cada equipamento.

Tabela 4 – Custo financeiro de cada equipamento.

Protótipo	Colorímetro Digital Portátil Dpd	Espectrofotômetro Visível Analyser
Kit Arduino: R\$ 219,90	Total (reais): R\$ 2.340,00	Total (reais): R\$ 5.729,00
Sensor TCS 3200: R\$ 54,90	Total (dólar): US\$ 683,63	Total (dólar): US\$ 1,673.73
Câmara de Madeira: R\$ 14,90		
Total (reais): R\$ 289,70		
Total (dólar): US\$ 84,64		
Consulta: Novembro de 2016		

6. CONCLUSÃO

O protótipo deste trabalho mostrou-se de grande utilidade, visto que emprega técnicas de sensoriamento remoto com a finalidade de classificar a cor do solo sem estar em contato com a amostra, possibilitando assim exercer a mesma função que os colorímetros e espectrofotômetros, responsáveis por determinar medidas quantitativas da cor de um objeto e medir a intensidade de radiação eletromagnética de uma determinada região do espectro eletromagnético, respectivamente.

Uma das vantagens do protótipo é a utilização de equipamentos de baixo custo como a placa Arduino e o sensor de cor, resultando numa redução considerável dos custos do projeto quando comparados com os colorímetros digitais. A funcionalidade do protótipo juntamente com o software caracteriza-se pela eficiência e praticidade, expandindo seu uso para as pessoas de diversas áreas, não exigindo um grande conhecimento nas áreas de sensoriamento remoto e ciências do solo, tornando-se válido na classificação automática da cor em razão da classe de solo predominante no Brasil possuir uma faixa de coloração favorável com a precisão do sensor.

Uma recomendação para o aperfeiçoamento do protótipo é a comunicação direta entre as leituras do sensor com o software desenvolvido, incluindo a implementação de um banco de dados, para evitar possíveis erros grosseiros do operador durante o fornecimento dos valores RGB no programa, além da realização de mais testes com diferentes amostras de solo.

É importante destacar que o protótipo cumpre o papel como ferramenta de classificação da cor do solo de forma automática e simples, pois exime do observador das

influências e variações causadas pelas suas características particulares, como capacidade de percepção e interpretação, no momento de classificar a cor de um solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AMARAL, B. A., LINHARES, M. M., COSTA, A., CC, N., & ROCHA, L. G. (2014). **Análise De Matiz Para Classificação Da Cobertura Do Solo Em Áreas Agrícolas.**

CAMPOS, Rogério Costa. **Determinação da cor do solo e sua utilização na predição dos teores de hematita.** 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

DI RENNA, R. B., BRASIL, R. D., CUNHA, T. E., BEPPU, M. M., & FONSECA, E. G. (2013). **Introdução ao kit de desenvolvimento Arduino.** Tutoriais PET-Tele (Universidade Federal Fluminense–UFF), Niterói.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos (SNLCS. Série Miscelânea, 1).** Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Definição e Notação de Horizontes e Camadas do Solo.** Rio de Janeiro, 1983. 34 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, DF, 2006. 306 p.

SOUZA, F. **Arduino UNO.** Embarcados.com.br. 29/11/2013. Disponível em <<http://www.embarcados.com.br/arduino-uno/>>. Acesso em: 17 de setembro de 2016.

HIRSCHLER, Robert. **Controle metrológico da cor aplicado à estamperia digital de materiais têxteis.** 2009. Tese de Doutorado. PUC-Rio.

KER, J. C., CURI, N., SCHAEFER, C. E. G. R., & VIDAL-TORRADO, P. (2012). **Pedologia: Fundamentos.** Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.**

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Editora Uniderp, Campo Grande, 2006.

LojaHP. Disponível em: < <http://www.lojahp.com.br/Hotsite/HPOfficejetProX.aspx>>. Acesso em 11 de novembro de 2016.

MENESES, P. R., & ALMEIDA, T. D. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: UNB/CNPq.

MINOLTA, Konica. **Comunicação precisa da cor: controle de qualidade da percepção à instrumentação**. Seoul: Konica Minolta, 1998.

MIRANDA, J. I.; MARABITA, M. A. **Fusão espectral de imagens de satélite no espaço de cores**. Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado técnico, 2007.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Editora UFV, 3ª edição, 2007.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Editora UFV, 4ª edição, 2011.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. Editora Edgard Blucher LTDA, 4ª Edição. São Paulo, 2010.

OLIVEIRA de, J. B. **Pedologia Aplicada**. 4ª edição. Piracicaba: FEALQ, 2011.

Portal Impressora a jato. Disponível em: <<https://www.impressorajato.com.br/impressora-epson-stylus-photo-t50>>. Acesso em 11 de novembro de 2016.

NORTON, R. A **Cor**. Blogspot.com.br. 16/04/2011. Disponível em <<http://dev-rn.blogspot.com.br/2011/04/proposta-iii-cor.html>>. Acesso em: 19 de setembro de 2016.

SCHAETZL, R. & ANDERSON, S. **Soils: Genesis and geomorphology**. Cambridge, Cambridge University Press, 2005, p.478.

SOUTO, Roberto Pinto. **Segmentação de imagem multiespectral utilizando-se o atributo matiz**. São José dos Campos: INPE, 2000. Disponível em www.obt.inpe.br/pgsere/Souto-R-P-2000/publicacao.pdf. Acesso em: 15 de agosto de 2016.

THOMSEN, A. **Identifique Cores com o sensor de cor TCS3200 e Arduino**. Blog.FilipeFlop.com. 25/04/2016. Disponível em < <http://blog.filipeflop.com/sensores/sensor-de-cor-tcs3200-rgb-arduino.html>>. Acesso em: 30 de agosto de 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Projeto TeachDuino. **Sensor de Cor – TCS230**. 2014. Disponível em <<http://teachduino.ufsc.br/2014/10/22/sensor-de-cor-tcs230/>>. Acesso em 05 de agosto de 2016.

VIEIRA, S. L. **Manual da Ciência do Solo com ênfase aos solos tropicais**. Editora Agronômica Ceres LTDA, 2ª Edição. São Paulo, 1988.

WHITE, E. R. **Princípios e Práticas da Ciência do Solo: O solo como um recurso natural**. Andrei Editora, 4ª edição, 2009.

APÊNDICE A – SCRIPT PARA FUNCIONAMENTO DO SENSOR

Apêndice A – Script para Funcionamento do Sensor

```
#include <FreqCount.h>
#include <MD_TCS230.h>

// Definição dos Pinos

#define S2_OUT 12
#define S3_OUT 13
#define OE_OUT 8 // LOW = ENABLED

MD_TCS230 CS(S2_OUT, S3_OUT, OE_OUT);

void setup()
{
  Serial.begin(57600);
  Serial.println("[ Trabalho de Conclusão de Curso – Aluno: Matheus Costa Coldibeli]");
  Serial.println("\nProtótipo para Classificação Automática da Cor do Solo");

  CS.begin();
}

void readSensor()
{
  static bool waiting;

  if (!waiting)
  {
    CS.read();
    waiting = true;
  }
  else
  {
    if (CS.available())
    {
      colorData rgb;

      CS.getRGB(&rgb);
      Serial.print("RGB [");
      Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_R]);
      Serial.print(",");
      Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_G]);
      Serial.print(",");
      Serial.print(rgb.value[TCS230_RGB_B]);
      Serial.println("]");

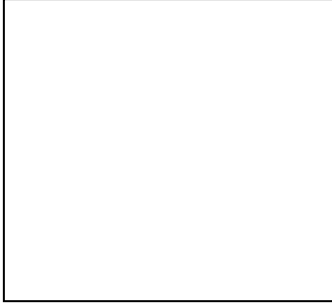
      waiting = false;
    }
  }
}

void loop()
{
  readSensor();
  delay(1000);
}
```

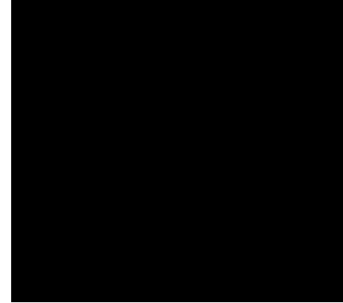
APÊNDICE B – CARTA DE CORES (HP OFFICEJET PRO X476)

Apêndice B – CARTA DE CORES (HP OFFICEJET PRO X476)

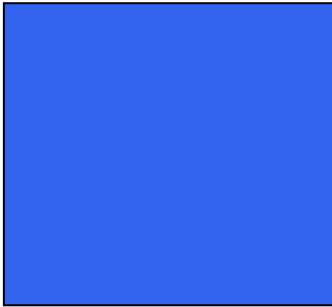
R = 255; G = 255; B = 255



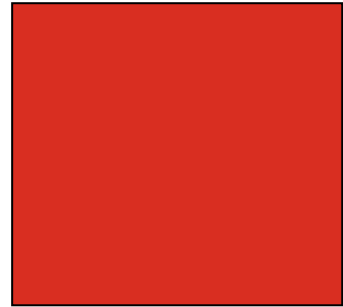
R = 0; G = 0; B = 0



R = 50; G = 100; B = 240



R = 217; G = 46; B = 33



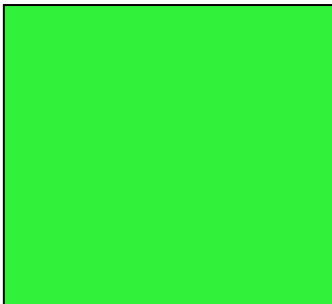
R = 197; G = 53; B = 170



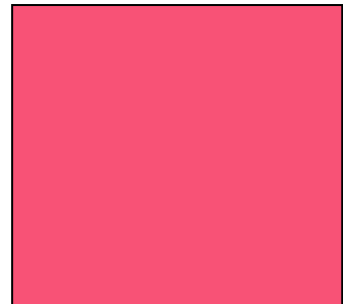
R = 255; G = 153; B = 0



R = 49; G = 241; B = 58



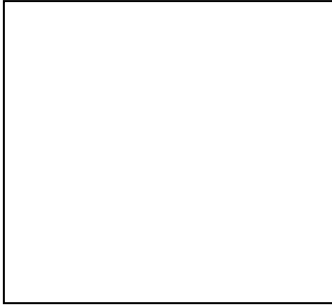
R = 248; G = 82; B = 118



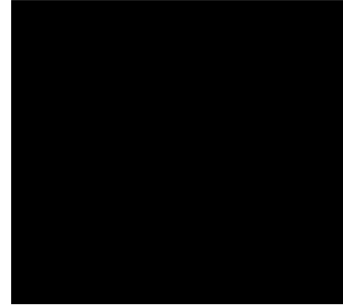
APÊNDICE C – CARTA DE CORES (EPSON T50 CX)

Apêndice C – CARTA DE CORES (EPSON T50 CX)

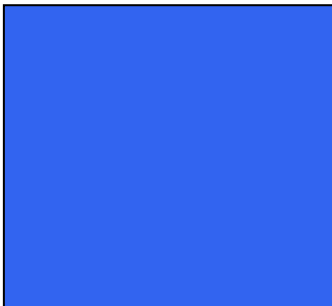
R = 255; G = 255; B = 255



R = 0; G = 0; B = 0



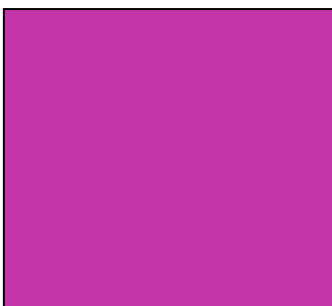
R = 50; G = 100; B = 240



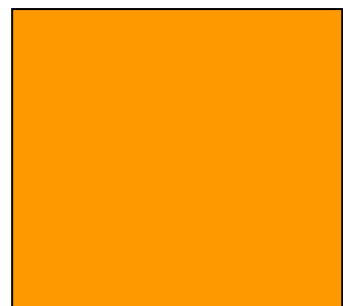
R = 217; G = 46; B = 33



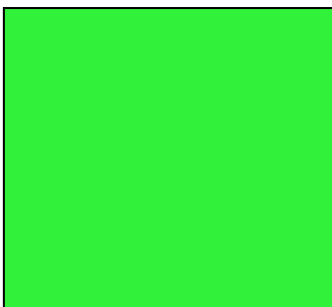
R = 197; G = 53; B = 170



R = 255; G = 153; B = 0



R = 49; G = 241; B = 58



R = 248; G = 82; B = 118

