

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS E CROSTAS
LATERÍTICAS DA PORÇÃO NORDESTE DO ESTADO
DO AMAZONAS, VISANDO APLICABILIDADE COMO
PIGMENTOS.**

ANDRÉS CAMILO RODRIGUEZ HURTADO

**MANAUS
2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

ANDRÉS CAMILO RODRIGUEZ HURTADO

**Caracterização de argilas e crostas lateríticas da
porção nordeste do estado do Amazonas, visando
aplicabilidade como pigmentos.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas, como requisito para obtenção do título de Mestre em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Raimundo Humberto Cavalcante Lima

MANAUS
2018

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

H967c Hurtado, Andrés Camilo Rodriguez
Caracterização de argilas e crostas lateríticas da porção nordeste do estado do Amazonas, visando aplicabilidade como pigmentos. / Andrés Camilo Rodriguez Hurtado. 2018
93 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Raimundo Humberto Cavalcante Lima
Dissertação (Mestrado em Geociências - Geologia Ambiental) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Tintas. 2. Pigmentos. 3. Argilas. 4. Lateritas. 5. Amazonas. I. Lima, Raimundo Humberto Cavalcante II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

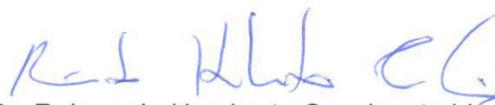
ANDRÉS CAMILO RODRIGUEZ HURTADO

CARACTERIZAÇÃO DE ARGILAS E CROSTAS LATERÍTICAS DA
PORÇÃO NORDESTE DO ESTADO DO AMAZONAS VISANDO
APLICABILIDADE COMO PIGMENTOS

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Geociências da Universidade Federal
do Amazonas, como requisito parcial
para obtenção do Título de Mestre
em Geociências, área de
concentração em Geociências.

Aprovado em 16 de maio de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Raimundo Humberto Cavalcante Lima, Presidente.
Universidade Federal do Amazonas



Prof. Dr. Helder Manuel da Costa Santos, Membro.
Universidade Federal do Amazonas



Prof.ª Dr.ª Fernanda Tunes Villani, Membro.
Instituto Federal do Amazonas

Dedico este trabalho
aos meus pais, pelo
exemplo de vida que são.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha grande pequena família, na figura dos meus pais, por tudo que fizeram e fazem por mim desde quando nasci, por serem ícones de Excelência acadêmica e inspiração não apenas para minha pessoa como para todos os alunos que tiveram a oportunidade de conviver com eles, especialmente a minha mãe que sempre me incentiva a nunca desistir e acredita no meu potencial, mais do que eu mesmo.

Agradeço ao meu orientador professor Dr. Raimundo Humberto pela força sobrenatural que fez para que eu pudesse concluir este trabalho, compreendendo minhas falhas e limitações e me incentivando a persistir para que este fosse concluído.

Agradecer a Luciana Cristinne por estar ao meu lado em todos os momentos, bons e ruins, que envolveram este período, me apoiando e incentivando, fazendo acreditar que tudo daria certo.

Agradecer ao Ministério do Planejamento Desenvolvimento e Gestão -, mais precisamente a Superintendência do Patrimônio da União – AM e aos meus colegas da Coordenação de Caracterização, pelo apoio através de Licença Capacitação e a compreensão em momentos específicos no decorrer deste trabalho.

Agradecer ao Weberton e ao Davi por me ajudarem no trabalho de campo, ao professor Dr. Luis Bertolino por ter aberto as portas do Centro de Tecnologia Mineral para que eu pudesse desenvolver meu trabalho, a professora Fernanda Villani, por ter me ensinado a técnica para elaboração de tintas, ao professor Roberto César pelas correções precisas realizadas no meu trabalho.

Agradecer aos meus companheiros de pós-graduação, Rafaela Santana, Plebson Maicon, Igor Torres, Manuel Zafra, Consuelo Clebsch, entre outros, que puderam compartilhar comigo bons momentos e que de alguma maneira colaboraram para motivar a conclusão de mais essa etapa

Agradecer ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da UFAM, que dentro das suas limitações buscou prover o necessário para realização deste trabalho, em especial aos técnicos Marcos e Alfredo.

Agradecer ao Laboratório de Materiais da Amazônia e Compósitos - LAMAC por disponibilizar seus equipamentos e pessoas para realização de análises.

*“Com tantas cores, pintar sonhos
branco e preto é só para quem tem
imaginação colorida...” (Wesley
D’Amico).*

Resumo

Na porção nordeste do Estado do Amazonas ao longo das BR-174, BR-319 e AM-070, afloram inúmeros perfis lateríticos, produtos de alteração de rochas sedimentares da Bacia do Amazonas. Nestes afloram em abundância, argilas e crostas ferruginosas, que atualmente tem sua utilização restrita a indústria de cerâmica e a construção de acessos rodoviários, respectivamente. Desta maneira, estudar novas formas de aproveitamento de tais matérias-primas, pode agregar valor aos materiais e ajudar no desenvolvimento da referida região. Neste intuito, foram caracterizadas nos âmbitos físico, químico e tecnológico 10 litotipos visando à utilização como pigmentos. A assembleia mineralógica encontrada é composta por Montmolironita, Caulinita, Quartzo, Illita, Anatósio, Goethita, Muscovita e Hematita. Constatou-se uma correlação entre a mineralogia e cor destas amostras onde a hematita e a goethita influenciam na variabilidade das cores e a caulinita na luminosidade e conseqüentemente na tonalidade. Todas as amostras caracterizadas apresentaram propriedades pigmentantes, divergindo apenas na viscosidade das tintas obtidas no teste, onde as amostras que apresentavam uma maior quantidade de argilominerais resultaram em tintas mais viscosas, enquanto as não argilosas geraram tintas menos viscosas, sendo assim necessário alterar a proporcionalidade entre a resina, pigmento e solvente, para 2:2:1 respectivamente, possibilitando elaborar tintas com viscosidade similares. Tais tintas podem ser consideradas uma alternativa ecológica para os produtos industrializados, levando em consideração que o preparo não gera resíduos e que os pigmentos inorgânicos têm impacto ambiental menor que os corantes quimicamente sintetizados.

Palavras-Chave: Tintas, Pigmentos, Argilas, Lateritas, Amazonas

Abstract

In the northeast portion of the State of Amazonas along the BR-174, BR-319 and AM-070, there are innumerable lateritic profiles, products of sedimentary rocks alteration of the Amazon basin. In these appear in abundance, clays and ferruginous crusts, that at the moment has its use restricted to the ceramics industry and the construction of road accesses, respectively. In this way, studying new forms of exploitation of such raw materials, can add value to the materials and help in the development of the said region. For this purpose, 10 lithotypes have been characterized in the physical, chemical and technological fields aiming at the use as pigments. The mineralogical assembly found is composed of Montmorillonite, Kaolinite, Quartz, Illite, Anatase, Goethite, Muscovite and Hematite. It was verified a correlation between the mineralogy and color of these samples where the hematite and the goethite influence in the variability of the colors and the kaolinite in the luminosity and consequently in the tonality. All the samples presented pigment properties, differing only in the viscosity of the paints obtained in the test, where the samples with a higher amount of clay minerals resulted in more viscous paints, while the non-clay produced less viscous paints, it is therefore necessary to change the proportionality between resin, pigment and solvent, to 2: 2: 1 respectively, making it possible to make paints with similar viscosities. Such inks can be considered an ecological alternative for industrialized products, taking into consideration that the preparation does not generate residues and that the inorganic pigments have less environmental impact than the chemically synthesized dyes.

Keywords: Paints, Pigments, Clays, Laterites, Amazonas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Faturamento da indústria brasileira de tintas no ano de 2017. Fonte: ABRAFATI, 2018. Link: https://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/ . Retirado em: 15 de março de 2018.....	17
Figura 2: Produção da indústria brasileira de tintas no ano de 2017. Fonte: ABRAFATI, 2018. Link: https://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/ . Retirado em: 15 de março de 2018.....	17
Figura 3: A luz visível (uma grande variedade de comprimentos de onda – cores) atinge um pigmento. Esse pigmento absorve a luz vermelha e verde, mas reflete a azul, criando a cor azul. Fonte: AQUAPORTAIL, 2007. LINK: https://www.aquaportail.com/definition-1814-pigment.html . Retirado em: 30 de Abril de 2017.....	18
Figura 4: Exemplo de minerais utilizados como pigmentos, Hematita, Malaquita, Greenockita e Carvão, respectivamente. Fonte: CPRM. Link: http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Pigmentos-Minerais-1263.html . Retirado em 30 de março de 2017.....	19
Figura 5: Mapa geológico/localização da área de estudo. Fonte: CPRM, 2006.....	25
Figura 6: Perfil geológico simplificado de lateritos imaturo autóctones na Amazônia. Fonte: Costa, 1991.....	27
Figura 7: Pintura rupestre registrada na caverna de Lascaux, França. Fonte: Portal da arte. Link: http://www.portaldarte.com.br/pinturarupestre.htm . Retirado em 30 de março.....	30
Figura 8: Centro de tecnologia Mineral no Rio de Janeiro ((CETEM – RJ), onde foi realizada a preparação das amostras.....	37
Figura 9: Preparação das amostras para a maceração.....	38
Figura 10: Amostras submetidas ao processo de maceração.....	39
Figura 11: Passagem do Material em suspensão pelo divisor granulométrico.....	39
Figura 12: Amostras granulometricamente separadas em suspensão.....	40
Figura 13: Tonéis pressurizados onde foram adicionadas as amostras em suspensão.....	40
Figura 14: Amostra pré-pressurização e pós-pressurização.....	41
Figura 15: Moinhos utilizados no procedimento, respectivamente dentado e de disco.....	41
Figura 16: Amostra sendo submetida ao procedimento de moagem.....	42
Figura 17: Difratorômetro de raio-x, modelo Shimadzu XRD-6000.....	42
Figura 18: Espectômetro de raio X por energia dispersiva, modelo EPSILON 3XL.....	43
Figura 19: Colorímetro Color Touch 2 – Modelo ISO utilizado no CETEM-RJ.....	43
Figura 20: A – Tinta feita a partir do amostra P8-01. B – Algumas outras tintas elaboradas. C – Cola PVA utilizada na formulação das tinta. D – Aplicação delas em um quadro branco. E – Aplicação em uma casa.....	44

Figura 21: A – Ponto 1: Horizonte mosqueado com textura argilosa. B - Variação colorimétrica encontrada em afloramento da Formação Prosperança. C – Interface dos horizontes do solo e desmantelado. D – Crosta Laterítica. E - Visão geral do afloramento Formação Alter do Chão. H – Depósito aluvial Igarapé Cabeça Branca. I- Visão geral do afloramento da Formação Prosperança. J – Argilas depósito aluvial. K – Arenito Ferruginoso. L – Visão geral do afloramento da Formação Prosperança.....47

Figura 22: A – Aplicação da tinta. B – Tinta aplicada. C – Comparação das tintas e a coloração obtida a partir dos materiais.....56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados da pesagem realizada pré e pós-beneficiamento.....	48
Tabela 2: Dados obtidos através da Fluorescência de Raio- X das amostras.....	55
Tabela 3: Índices colorimétricos obtidos das amostras.....	55
Tabela 4 – Comparação de preços entre a tinta produzida e as comercializadas (Leite <i>et al</i> , 2016).....	60
Tabela 5: Tabela comparativa entre os dados obtidos para as amostras.....	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Difratoograma da Amostra P1. K-Caulinita; Q -Quartzo, He – Hematita.....	49
Gráfico 2: Difratoograma da Amostra P6-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, I – Illita, Mt – Montmolironita, Ti – Anatásio.....	50
Gráfico 3: Difratoograma da Amostra P8-1. K-Caulinita; He – Hematita.....	50
Gráfico 4: Difratoograma da Amostra P8-1. K-Caulinita; Q -Quartzo, He – Hematita.....	51
Gráfico 5: Difratoograma da Amostra P8-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, He – Hematita, I – Illita, G – Goethita.....	51
Gráfico 6: Difratoograma da Amostra P 10. K-Caulinita; M- Muscovita, He – Hematita, I – Illita, Ti – Anatásio.....	52
Gráfico 7: Difratoograma da Amostra P2-1. Q -Quartzo, He – Hematita.....	53
Gráfico 8: Difratoograma da Amostra P7. G- Goethita; Q –Quartzo, He – Hematita.....	53
Gráfico 9: Difratoograma da Amostra P2-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, He – Hematita, Ti – Anatásio.....	54
Gráfico 10: Difratoograma da Amostra P 10-C. K-Caulinita; M- Muscovita, G – Goethita, I – Illita, Q – Quartzo.....	54

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	17
1.1. Introdução.....	17
1.2. Objetivo do estudo.....	21
1.2.1. Objetivo geral	21
1.2.2. Objetivo específico	21
1.3. Área de Estudo.....	22
1.3.1 Geologia Local.....	23
CAPÍTULO 2.....	26
2.4. Revisão de Literatura	26
2.4.1. Perfis Lateríticos	26
2.4.2. Lateritos	26
2.4.3. Argilas	28
2.4.4. Aplicações das argilas.	29
2.4.5. Crosta laterítica.	29
2.4.6. Aplicações da crosta laterítica ferruginosa.	30
2.4.7. Pigmentos	30
2.4.8 Tintas.....	32
CAPÍTULO 3.....	36
3.5. Materiais e Métodos	36
3.5.1. Revisão bibliográfica.....	36
3.5.2. Seleção e coleta.....	36
3.5.3. Preparação das amostras	36
3.5.4. Análise mineralógica.....	41
3.5.5. Análise química.....	42
3.5.6. Ensaio colorimétricos	42
3.5.7. Ensaio de aplicabilidade	43
CAPÍTULO 4.....	45
4.6 Resultados.....	45
4.6.1 Etapa de Campo	45
4.6.2. Dados do beneficiamento	48
4.6.3. Análise Mineralógica DRX	48
4.6.4. Análise Química	55
4.6.5. Análise Colorimétrica	55
4.6.6. Aplicabilidade	56
4.7. Discussões.....	57
4.8. Conclusão	62
4.9. Referências Bibliográficas	64
ANEXOS.....	67
1. Introdução	68
2. Procedimentos	70
2.1. Revisão bibliográfica	70

2.2. Seleção e coleta das amostras	70
2.3. Preparação das amostras	70
2.4. Análise Mineralógica	71
2.5. Análise química	71
2.6. Ensaio Colorimétricos	72
2.7. Ensaio de aplicabilidade	72
3. Resultados e Discussões	73
3.1 Etapa de Campo	73
3.1.1 Formação Iça	73
3.1.2. Formação Alter do Chão	74
3.1.3. Formação Prosperança	74
3.2. Dados do beneficiamento	76
3.3. Análise Mineralógica DRX	76
3.3.1 - Argilas	76
3.3.2. Materiais endurecidos	80
3.4. Análise Química	83
3.5. Análise Colorimétrica	83
3.6. Aplicabilidade	84
4. Discussão	85
5. Conclusão	91
6. Referências	93

CAPÍTULO 1

1.1. Introdução

Atualmente o Brasil, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI, 2018), é um dos cinco maiores mercados mundiais de tintas, alcançado faturamento líquido de R\$ 11.835 bilhões (Figura 1) e produzindo cerca de 1,535 bilhões de litros (Figura 2). Os segmentos em que o setor divide-se são imobiliário, automotivo, repintura automotiva e indústria em geral. Grande parte da sua matéria-prima como pigmentos e branqueadores ópticos são importados, principalmente da China (CRQ-IV, 2011).

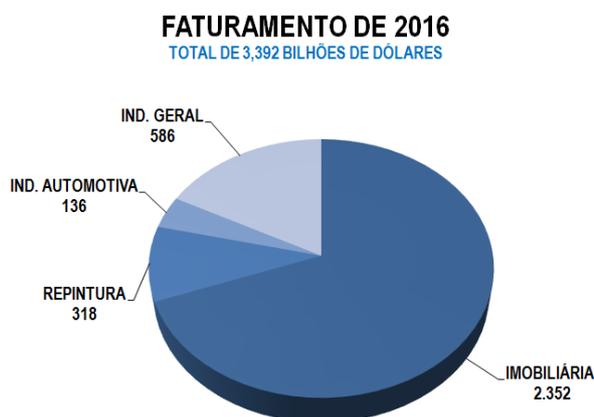


Figura 1. Faturamento da indústria brasileira de tintas no ano de 2017. (Fonte: ABRAFATI).

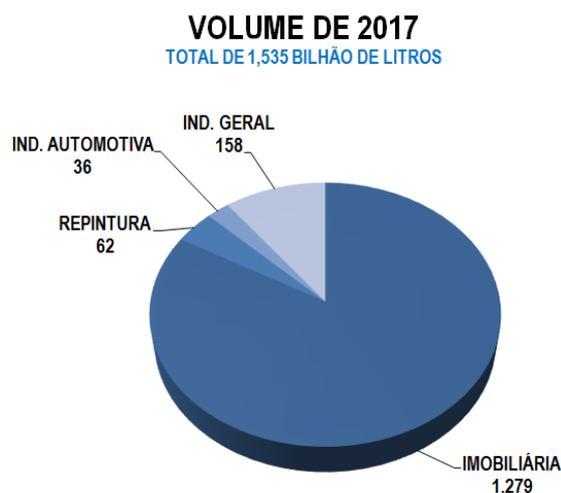


Figura 2. Produção da indústria brasileira de tintas no ano de 2017. (Fonte: ABRAFATI).

Para conferir cor a um material podem ser utilizados corantes e pigmentos, estes se diferem um do outro principalmente pela solubilidade, ou seja, um pigmento é insolúvel, enquanto um corante é solúvel ao meio aplicado, seja ele água ou qualquer outro solvente (CRQ-IV, 2011). A cor de um material (Figura 3) é determinada pelas médias de frequência dos pacotes de onda que as suas moléculas constituintes refletem. Um objeto terá determinada cor se não absorver justamente os raios correspondentes à frequência daquela cor (UFPA, 2009).

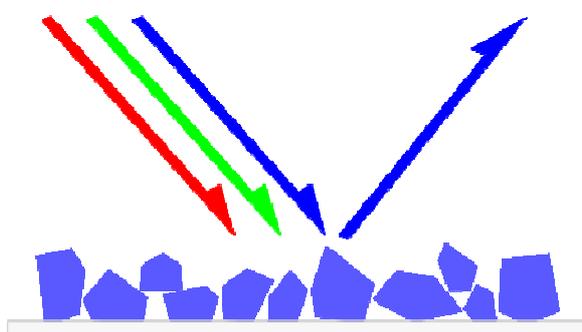


Figura 3: A luz visível (uma grande variedade de comprimentos de onda – cores) atinge um pigmento. Esse pigmento absorve a luz vermelha e verde, mas reflete a azul, criando a cor azul (AQUAPORTAIL, 2007).

Os pigmentos são substâncias coloridas, finamente pulverizadas, que conferem sua cor a um material, quando misturada a esse ou aplicada sobre uma superfície em uma camada delgada. O pigmento não se dissolve; permanece em suspensão quando misturado ou moído no líquido durante a preparação da tinta (KOOGAN-HOUAIS, 2007). Este pode ser de origem natural, orgânico (animais e vegetais) ou inorgânico (minerais), e sintético desenvolvido por processos químicos.

Os pigmentos inorgânicos (Figura 4) compreendem compostos de diferentes classes e propriedades químicas, como os óxidos, os sulfetos, os carbonatos, os cromatos, os sulfatos, os fosfatos e os silicatos de metais. (PEREIRA; SILVA; OLIVEIRA, 2007).



Figura 4. Exemplo de minerais utilizados como pigmentos, Hematita, Malaquita, Greenockita e Carvão, respectivamente. Fonte: Site CPRM.

Na porção nordeste do estado do Amazonas, mais precisamente na região metropolitana de Manaus, aflora ao longo das rodovias BR-174, BR-319 e AM-254, depósitos aluvionares e perfis intempéricos, compostos parcialmente por argilas multicoloridas e crostas lateríticas, pertencentes às bacias do Amazonas, do Solimões e suas respectivas formações (CPRM, 2006).

No panorama atual, regionalmente, estes materiais têm sua destinação limitada, sendo a argila, principalmente de origem aluvial, absorvida 92% pelo polo cerâmico de Iranduba-Manacapuru (D'ANTONA *et.al.*, 2006) e a crosta laterítica com alta concentração de ferro, utilizada como piçarra na construção de ramais (LUCA, L. A. 2014).

Como se sabe as argilas em geral são objeto de estudo de várias áreas como a química, a agronomia, mineralogia e tecnologia dos materiais, por ser uma matéria prima de ocorrência natural e abundante, abrangendo um amplo espectro de produtos. Elas são utilizadas como adsorventes em processos de clareamento na indústria têxtil e de alimentos, carreadora de medicamentos e excipiente na indústria farmacêutica ou mesmo em processo de remediação de solos (BERGAYA, THENG, LAGALY, 2006; TEIXEIRA-NETO, E. TEIXEIRA-NETO, A, 2009 *apud* BALDUINO, 2016).

As crostas lateríticas são objeto de estudo principalmente na área de engenharia civil, devido a suas características como dureza e resistência, tem sua utilização ligada à construção de imóveis e pavimentação de estradas (LUCA, L. A. 2014).

Segundo D'ANTONA, 2006, o Amazonas tem reservas estimadas em 4,315 bilhões de metros cúbicos de argila. Tardy, 1991, afirma que a

distribuição geográfica das lateritas estão concentradas na porção norte do Brasil, na faixa tropical húmida e podem ser divididas em bauxitas e ferricretes.

Tendo em vista a abundância destes materiais na região, suas características mineralógicas, o crescimento da indústria brasileira de tintas e a demanda cada vez maior por matéria-prima, vislumbrou-se este trabalho.

1.2. Objetivo do estudo

1.2.1. Objetivo geral

Caracterizar os recursos minerais (argilas e crostas) abundantes na região nordeste do estado do Amazonas, visando a utilização como matéria-prima para elaboração de tintas ecologicamente corretas.

1.2.2. Objetivo específico

- Extrair e beneficiar materiais rochosos.
- Caracterizar através de Difratomêtria de Raios X a mineralogia das amostras coletadas.
- Caracterizar através de Fluorescência de Raios X os elementos químicos presentes nas amostras coletadas.
- Testar a aplicabilidade de crostas e argilas como matéria-prima para elaboração de tintas.

1.3. Área de Estudo

A área de Estudo está localizada na porção nordeste do estado do Amazonas, na Região Metropolitana de Manaus (RMM), ao longo das principais rodovias da região, a BR-174, a BR-319 e AM-254 e compreende os seguintes municípios, Manaus, Presidente Figueiredo, Careiro da Várzea, Careiro e Autazes (Figura 5).

A RMM é a maior metrópole da Região Norte do Brasil, com cerca de 2,45 milhões de habitantes, e de 101.475 quilômetros quadrados de área. Sendo desta forma a maior área metropolitana brasileira e a décima primeira mais populosa (SEPLAN – CTI, 2016). É composta ao todo por treze municípios que são Autazes, Careiro, Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Itapiranga, Manacapuru, Manaquiri, Manaus, Novo Airão, Presidente Figueiredo, Rio Preto da Eva e Silves (SRMM, 2018).

A RMM está situada na Bacia Amazônica na confluência dos Rios Negro e Solimões e demais tributários, formadores do Rio Amazonas. O relevo é caracterizado por planícies, terras firmes, igapós e baixos planaltos, sendo que a altitude média é inferior a 100 metros. A vegetação da região é densa, tipicamente composta pela floresta Amazônica.

Possui aspectos climáticos característicos de regiões tropicais, podendo ser classificado como tropical úmido de monções (tipo *Am* segundo Köppen), possuindo duas estações que se assinalam pelo índice pluviométrico. A umidade relativa do ar é bastante elevada, indicando nos meses mais chuvosos valores da ordem de 80 a 90 % e nas épocas de estiagem podendo chegar, no mínimo, a 75 %. A proximidade com a linha do equador faz com que o calor seja uma constante do clima local (PUCRIO, 2018).

A área proposta para estudo está localizada na porção nordeste do estado do Amazonas, ao longo de três rodovias a BR-174, a BR-319 e a AM-254. Quanto à organização territorial a área recobre parcialmente os municípios de Manaus, Presidente Figueiredo, Careiro da Várzea, Iranduba e Autazes, todos no Amazonas. Os pontos de interesse encontram-se no decorrer dessas rodovias, aflorando em cortes de estrada ou em voçorocas (Figura 6).

1.3.1 Geologia Local

O contexto geológico de origem sedimentar (Figura 5) do estado do Amazonas é caracterizado por uma extensa cobertura Fanerozóica, distribuída nas bacias do Acre, Solimões, Amazonas e Alto Tapajós, que se depositou sobre um substrato rochoso pré-cambriano onde predominam rochas de natureza ígnea, metamórfica e sedimentar (Grupo Purus). A área de estudo (Figura 1) está localizada em sua maioria na bacia do Amazonas, onde ocorrem, rochas de idade Cretácea ao recente (CUNHA et al., 1994 *apud*. CPRM, 2006), e abrange também a formação Neoproterozóica Prosperança.

A Formação Prosperança pertencente ao Grupo Purus, serviu de embasamento para as bacias paleozoicas (Bacia do Amazonas), aflora numa faixa estreita e descontínua de direção WSW-ENE, ao norte do município de Presidente Figueiredo, ou em grábens balizados por lineamentos WNW-ESE e NE-SW. As camadas desta unidade exibem mergulhos de até 9° para sul e consistem predominantemente em arenitos arcossianos médios a grossos, em conglomerados e siltitos de coloração marrom avermelhada (CPRM,1998; BARBOSA E NOGUEIRA, 2011).

A história deposicional da bacia do Amazonas tem início no Neorodovinciano com a sedimentação glacial a marinho raso do Grupo Trombetas, que abrange as formações Autás-Mirim (arenitos e folhelhos neríticos), Nhamundá (arenitos neríticos), Pitinga (folhelhos e diamictitos) e Manacapuru (arenitos e pelitos neríticos e litorâneos). No Devoniano-Carbonífero inferior houve a deposição dos grupos Urupadi e Curuá, em um ciclo transgressivo-regressivo que levou a desenvolvimento de uma sedimentação marinha e incursões glaciais. No Carbonífero Superior-Permiano houve a deposição do grupo Tapajós devido a um novo ciclo de transgressão e regressão marinha na bacia. Por último no Cretáceo-Paleógeno houve a deposição de produtos de origem fluvial das formações Solimões e Alter do Chão (CPRM,2006).

A Formação Alter do Chão é constituída por arenitos, argilitos, arenitos caulíníficos e restritos arenitos silicificados, estes conhecidos como “arenito Manaus”. Em geral, os sedimentos da Formação Alter do Chão são fracamente

consolidados e estão sob um extenso manto de intemperismo, que pode atingir 20 m de espessura, capeado por latossolo amarelo (CPRM, 2010).

De acordo com MAIA et al. (1977), a Formação Içá de idade Pleistocênica, na sua seção inferior é constituída por siltitos e/ou argilitos maciços a finamente laminados, lenticulares, intercalados com arenitos estratificados. A seção superior está representada por arenitos conglomeráticos.

Nos períodos Paleógeno e Neógeno, as rochas sedimentares da Bacia do Amazonas foram submetidas a longo período de intemperismo e lixiviação, que originaram profundos mantos de alteração de espessura decamétrica e formações supergênicas representadas por diferentes fases de formação de perfis lateríticos (HORBE et al., 1997). Tal processo prolongado de intemperismo químico sob climas equatoriais úmidos a superúmidos, que oscilaram entre o quente úmido e o quente e semi-úmido no decorrer do Neógeno, produziu solos muito desenvolvidos e lixiviados com dominância marcante de Latossolos, Argissolos e notáveis ocorrências de espodossolos por todo o estado do Amazonas (HORBE et al., 2003; IBGE, 2001).

Na Amazônia são identificados, regionalmente, dois eventos de lateritização (COSTA, 1991): o primeiro deles, mais antigo, é caracterizado por crostas lateríticas maduras, com desenvolvimento de horizonte aluminoso (bauxítico), de horizonte ferruginoso e concrecionário e, no topo, por latossolo amarelo argiloso de cobertura, resultante do intemperismo moderno; o segundo, mais recente, é caracterizado por crostas lateríticas imaturas, com desenvolvimento similar às maduras, porém incompleto, sem elaboração do horizonte aluminoso.

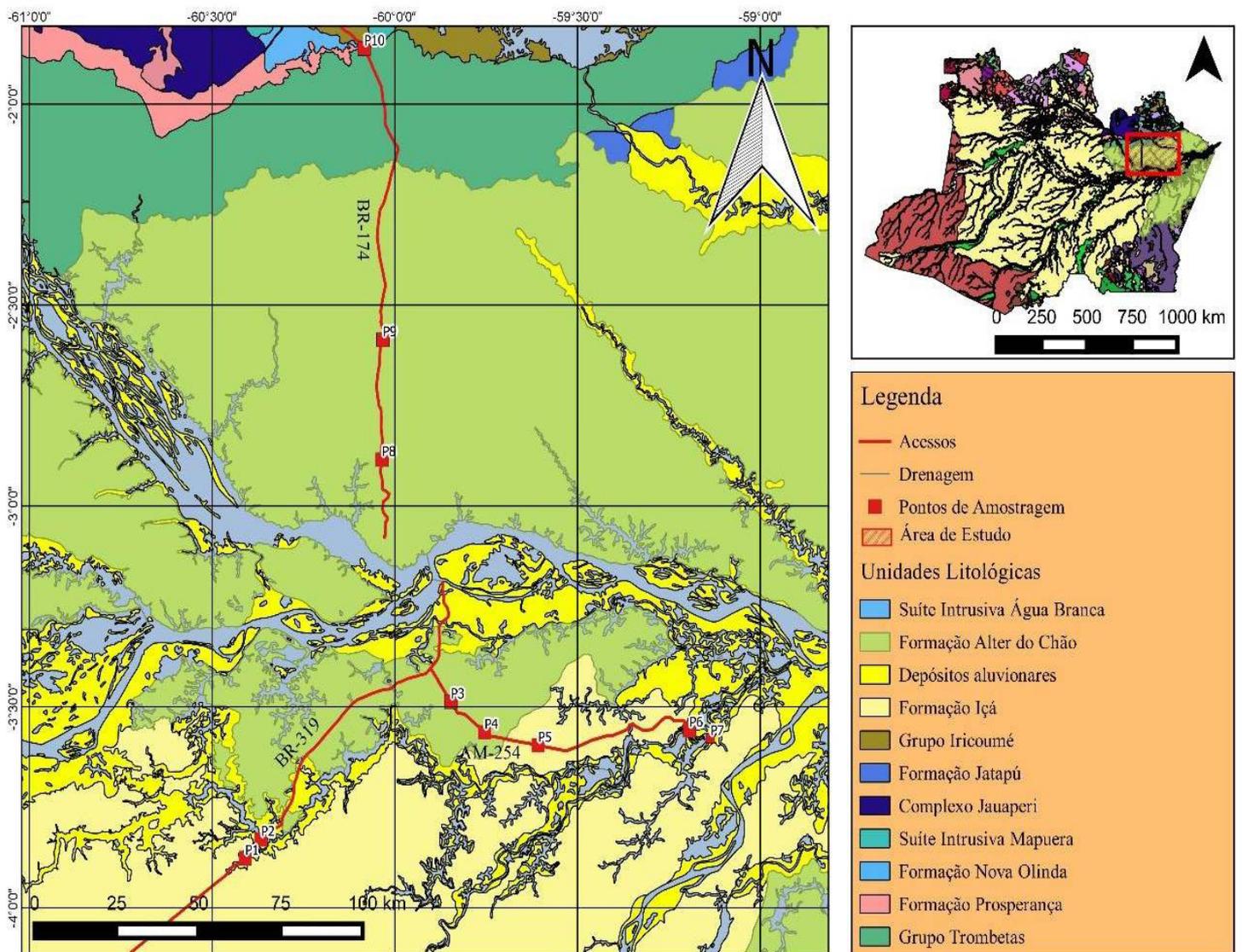


Figura 5: Mapa geológico/localização da área de estudo. Fonte: CPRM, 2006

CAPÍTULO 2

2.4. Revisão de Literatura

2.4.1. Perfis Lateríticos

São gerados por processos prolongados de intemperismo químico sob climas equatoriais úmidos a superúmidos, que oscilam entre o quente úmido e o quente e semi-úmido, produzindo solos muito desenvolvidos e lixiviados, com dominância marcante de Latossolos, Argilossolos e notáveis ocorrências de Espodossolos por todo o Estado do Amazonas (HORBE et al., 2003; IBGE, 2001). As crostas lateríticas formam horizontes de até 40 m de espessura sobre as formações Prosperança, Nhamundá, Alter do Chão e rochas ígneas, sendo recobertas por argilas que podem alcançar até 20 m de espessura, sustentando platôs com altitudes em torno de 250 m, onde é comum a presença de horizonte gibsíticos (CPRM, 1998).

2.4.2. Lateritos

A denominação laterita tem sido empregada para designar depósitos residuais endurecidos oriundos do intemperismo de rochas e materiais superficiais em alteração, situados em posições variadas do relevo regional (ESPÍNDOLA, 2008).

Os lateritos são resultantes do processo de intemperismo que ocorre desde que as primeiras rochas são expostas à ação do clima quente e úmido da região intertropical da Terra localizada entre 30° N e 30° S. Nesta zona onde se insere a Amazônia, estão cerca de 40% das terras emersas das quais 33% são cobertas por formações lateríticas (TARDY, 1993).

Na região amazônica são reconhecidos pelo menos dois ciclos de lateritização (KOTSCHOUBEY & TRUCKENBRODT, 1981 *APUD* PEIXOTO, 2006), (TRUCKENBRODT ET AL. 1982 *APUD* PEIXOTO, 2006), (TARDY & ROQUIN 1998 *APUD* PEIXOTO, 2006) e (KOTSCHOUBEY ET AL. 2005 *APUD* PEIXOTO, 2006), entre outros. O primeiro, que pode ter iniciado no Cretáceo Superior quando o clima na região era tropical úmido, deu origem às bauxitas, em parte fragmentadas no Mioceno-Pleistoceno, período de intensa alternância

entre clima úmido e seco. O segundo ciclo ocorreu durante o Pleistoceno, sob regime climático úmido e relativamente seco, favoreceu a formação das crostas lateríticas exclusivamente ferruginosas (PEIXOTO, 2006).

Os lateritos da Amazônia podem ser classificados em dois grandes grupos, com base em suas feições geográficas, mineralógicas e geoquímicas, os quais estão relacionados com o grau de evolução: *Lateritos imaturos* (Figura 6) estão distribuídos por toda região, e formam o relevo jovem que domina em toda Amazônia. Os perfis de tais lateritos apresentam características típicas de baixo grau de evolução. A presença de um horizonte concrecionário ferruginoso é clássico. *Lateritos maturos* estão muito bem representados na Amazônia, mas não têm a mesma extensão geográfica dos imaturos. Em geral, compõem o relevo mais elevado, sob a forma de platôs ou morros. São lateritos evoluídos, com maior complexidade de horizontes, texturas, estruturas, mineralogia, feições geoquímicas e mineralizações associadas. Esses lateritos mostram em geral feições típicas de processos policíclicos (KOTSCHOUBEY & TRUCKENBRODT 1981 APUD COSTA 1991) e epigenéticos (COSTA 1990A, C APUD COSTA 1991).

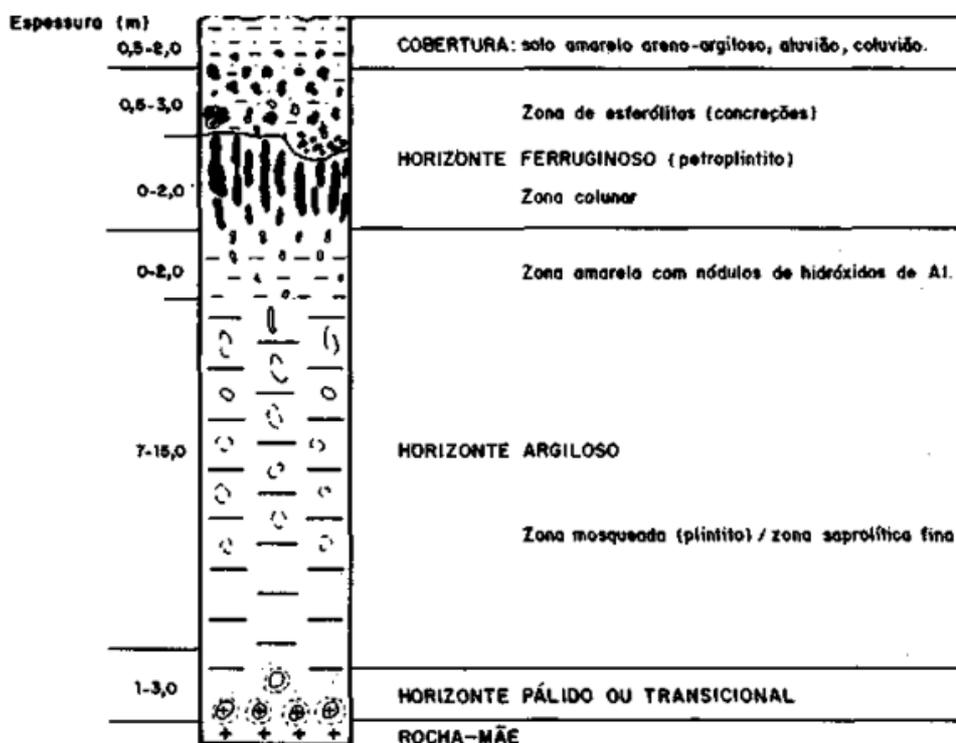


Figura 6: Perfil geológico simplificado de lateritos imaturo autóctones na Amazônia (Costa, 1991)

2.4.3. Argilas

As argilas são essencialmente compostas por silicatos hidratados de alumínio geralmente cristalinos denominados argilominerais, podendo conter ferro e magnésio entre outros minerais, matéria orgânica e sais solúveis.

As argilas podem ser classificadas geneticamente falando como primárias (residuais) e secundárias (sedimentares). As primárias, são formadas in situ, tendo sido pouco atacadas pelos agentes atmosféricos. As secundárias, são as argilas que tem sido transportada para longe da rocha mãe por agentes erosivos, como o gelo, a água ou o vento (LIRA, 2006).

Os silicatos hidratados possuem estrutura em camadas constituídas por folhas contínuas formadas por tetraedros de silício (ou alumínio) e oxigênio, e folhas formadas por octaedros de alumínio magnésio ou ferro e oxigênio, e hidroxilas (NEUMANN *et al.*, 2000 *apud.* SILVA, 2008).

Os argilominerais, segundo Coelho *et al.* 2007 *apud.* SILVA, 2008, podem ser classificados pelo tipo de estrutura. Nas estruturas do tipo 1:1 (duas camadas) estão os grupos: da caulinita, das serpentinitas e dos argilominerais ferríferos. Nas estruturas de 2:1 (três camadas) estão os grupos: do talco-pirofilita, das micas, das esmectitas, das vermiculitas, das cloritas (também consideradas 2:1:1); da paligorsquita (atapulgita) - sepiolita.

Sob o ponto de vista físico-químico, as argilas podem ser consideradas como sistemas dispersos de minerais, nos quais predominam partículas de diâmetro abaixo de 2 µm (GRIM, 1953, *apud.* SILVA, 2008). A maioria dos argilominerais é subdividida em função de suas propriedades estruturais e são essas propriedades que fornecem o desempenho desse material para as mais diversas aplicações (GRIM, 1963, *apud.* SILVA, 2008).

As argilas apresentam em sua composição inúmeros elementos que são responsáveis pela coloração da argila, ou seja, argilas brancas podem ser ricas em carbonato de cálcio ou magnésio, as esverdeadas contêm óxido de cromo, as rosadas óxido de ferro, cada uma dessas substâncias dará uma qualidade especial a argila (CARVALHO, 2009).

Tecnologicamente falando as argilas são classificadas como Caulim, *Fire Clay*, Bentonita, *Ball Clay*, Argilas Fibrosas, *Fuller's Earth* e Argila Comum. Os Caulins são argilas constituídas essencialmente por caulinita, as *Fire Clays*

são argilas sedimentares de refrataridade superior a 1500° C, A Bentonita é uma argila residual proveniente da alteração de cinzas ou tufos vulcânicos ácidos, as *Ball Clay* são argilas muito plásticas com apreciável poder ligante, as Argilas Fibrosas são constituídas basicamente por argilominerais fibrosos do grupo da Paligorsquite e Sepiolite, as *Fuller's Earth* são argilas predominante montmoriloníticas com alto poder absorvente e as Argilas Comuns que tem mineralogia variável, com grau médio de seleção podendo conter silte e areia, utilizados nas olarias (VISA, 2001).

2.4.4. Aplicações das argilas.

Cerca de 90% do total produzido destinam-se à fabricação de agregados e materiais de construção. Os 10% restantes têm variada aplicação, que inclui absorventes, tintas, papel, borracha, descorantes e produtos químicos e farmacêuticos, sendo úteis ainda na indústria do petróleo e na agricultura. Essas argilas são chamadas de argilas especiais e, embora constituam apenas 10% do volume produzido, respondem por 70% do valor. Os outros 90% são chamados de argilas comuns, argilas cerâmicas ou argilas vermelhas. Este último nome provém do fato de, quando levadas ao forno, adquirirem cor de vermelha a marrom (CPRM, 2018).

2.4.5. Crosta laterítica.

As crostas lateríticas são materiais resultantes da ação de intenso intemperismo químico em condições tropicais (T = 25 – 30 °C, pluviosidade = 1500 mm/ano, 6 meses de estação seca, humidade relativa do ar = 70%) com estações contrastantes, o Fe é geralmente redistribuído e concentrado (TARDY,1993). Os fenômenos de lateritização são importantes para o campo da geologia quando focada à pesquisa de recursos minerais, da pedologia no estudo do potencial agrícola dos solos e da geomorfologia, quando preocupada com a evolução do relevo (BIGARELLA et. al., 1996).

As crostas ferruginosas encontram-se normalmente no topo dos perfis, em geral sob a forma de rocha dura e densa, muitas vezes magnéticas, de coloração marrom-avermelhada (COSTA, 1991).

2.4.6. Aplicações da crosta laterítica ferruginosa.

A aplicação da crosta é restrita a construção civil sendo utilizadas em fundações para barragens, fundações para pavimentos e como camada base ou sub-base do pavimento (DUTRA, 2014). Há também a possibilidade de serem utilizados na elaboração de concreto laterítico e concreto armado laterítico (LUCA, L. A. 2014).

2.4.7. Pigmentos

Originária do Latim, a palavra pigmento (pigmentum) denota cor (HEINE, 1998). O termo pigmento indica um particulado sólido, podendo ser orgânico ou inorgânico, branco, preto, colorido ou fluorescente, que consiste em pequenas partículas insolúveis no meio incorporado (BONDIOLI, 1999). Assim sendo, distingue-se da tintura líquida e solúvel, pode ser o pigmento um corante seco e insolúvel, apresentado na forma de pó.

Desde a antiguidade, o homem tem usado várias fontes naturais (animais, vegetais e minerais) para obter as substâncias necessárias para colorir diversos objetos (HRADILA et al. 2003).

O ser humano na pré-história, possuidor de limitados recursos verbais para transmitir suas experiências, viu-se obrigado a desenvolver alternativas que complementassem sua comunicação e que perpetuasse a informação (POLITO, 2006).

No período paleolítico uma mistura de cal, carvão, gordura, sangue, seiva vegetal (Figura 7), entre outros materiais foram usados pelo homem nas pinturas rupestres em cavernas. A técnica empregada era simples, pois as cores eram preparadas com os próprios dedos e algumas vezes prensadas entre pedras. Naturalmente estes desenhos não teriam nenhuma durabilidade a não ser em ambientes favoráveis, como os de cavernas (FAZENDA, 1995).



Figura 7: Pintura rupestre registrada na caverna de Lascaux, França. Fonte: Portal da arte.

Pode-se citar também o uso de pigmentos pelos egípcios, no período de 8000 a 5800 a.C. Destacando-se o uso em artes decorativas, pinturas de paredes, sarcófagos ou em papiros manuscritos. Além das cores derivadas de solo natural, foi durante esse período que surgiram os primeiros pigmentos sintéticos. O que hoje é conhecido como Azul do Egito era composto de óxido de cálcio, alumina, sílica, resíduos de soda e óxidos de cobre. Este pigmento tornou-se um importante item de exportação durante os anos posteriores. As cores naturais incluíam ocres vermelho e amarelo, hematita, calcário amarelo, ouro em folha, carvão, negro de fumo e gesso natural (FAZENDA, 1995).

No período clássico, os materiais utilizados pelos gregos e romanos eram similares àqueles empregados pelos egípcios. Cola e albumina de ovo eram usados como ligantes. Além dos pigmentos inorgânicos comuns aos egípcios, os romanos conheciam outros artificiais, tais como: chumbo branco (alvaiade), litargírio, zarcão, óxido amarelo de chumbo, verdete e ossos escuros. Muitas pinturas de Pompéia foram preparadas com massa de óxido de cálcio por artesãos comuns, e a maioria das paredes, pintadas em monocromia (FAZENDA, 1995).

Tanto os antigos chineses quanto os japoneses utilizavam uma série de pigmentos para a preparação de suas cores, tais como azurita, carbonato básico de cobre, malaquita, azul ultramarino, zarcão (vermelho de chumbo), litargírio, caulim, negro de fumo, pó de outro e outros, provenientes de plantas

da região. Muitos desses pigmentos, quando misturados com um ligante adequado, geralmente goma arábica, serviam como pintura sobre finas porcelanas, preparadas pela notável arte oriental (FAZENDA, 1995).

Os índios americanos e os da costa do Canadá usavam diferentes tipos de carvão vegetal como pigmento preto para acessórios e também para pintura facial. Utilizavam também negro de fumo natural, grafite, lignita em pó, como pigmentos negros. Para a cor branca, usavam diatomita retirada do fundo de lagos ou de ossos calcinados de animais. Os vermelhos eram obtidos a partir da calcinação do ocre amarelo ou torrefação do fungo das pináceas, e os amarelos consistiam do amarelo ocre ou de fungos das pináceas; os azuis e verdes eram preparados do carbonato de cobre e peziza (material proveniente de um fungo que cresce nos restos de decomposição de algumas madeiras) (FAZENDA, 1995).

Até a metade do século XIX, outros importantes pigmentos minerais foram sendo descobertos. Como exemplos, temos o azul da Prússia (início do século XVIII), o azul ultramar (século XIX), sucedido ainda neste século pelo azul cobalto, com o intuito de se ter uma alternativa mais barata ao azul ultramar. O outro pigmento importante foi o opaco verde óxido de cromo, conhecido também desde o início do século XIX, onde num processo de hidratação foi gerado o viridian, pigmento que foi grande sucesso entre os impressionistas.

2.4.8 Tintas

2.4.8.1 Breve histórico sobre tintas

A tinta, na forma de partículas sólidas (pigmentos) suspensas em um fluido, existe desde os tempos pré-históricos como pintura decorativa. Naquela época, os desenhos eram feitos com minerais como a gibbsita ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ou limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), facilmente removíveis. Posteriormente, o homem descobriu que para obter algo mais permanente era necessário fixar a cor por meio de uma camada de cola, obtida de fontes protéicas como o leite e clara de ovo. Entre os anos 3000 a 2000 a.C. os egípcios já decoravam suas paredes com têmpera, que é uma pintura constituída por cal e cola. No Egito, onde o clima é bem seco, utilizava-se giz, carvão, argilas vermelhas, amarelas

e verdes para obtenção de diferentes cores, e, como cola, eram utilizados goma arábica, ovo, gelatina e cera de abelha. Durante muitos séculos as formulações de tintas eram consideradas como arte, cuidadosamente guardadas e transferidas de geração para geração (UEMOTO, 1993).

As tintas à base de óleo de linhaça puro foram muito utilizadas na idade média, mas, só começaram a se tornar populares para o uso em edificações no século XIX com o estabelecimento da indústria de tintas e vernizes. As primeiras fábricas foram estabelecidas na Inglaterra, em 1790; na França, em 1820; na Alemanha, em 1830; e na Áustria, em 1843 (FAZENDA, 2005). Tintas elaboradas à base de óxido de chumbo branco dissolvido em óleo foram muito utilizadas naquela época, tanto para aplicação em interiores como em exteriores (UEMOTO, 1993).

No século XIX houve um grande avanço científico e tecnológico nesta área, graças ao conhecimento de novos pigmentos, de óleos secativos, de resinas celulósicas e sintéticas e de uma grande variedade de agentes modificadores. Posteriormente, para aumentar a resistência à água e a durabilidade das tintas, estas foram modificadas com emulsões alquídicas, que levaram ao desenvolvimento das tintas látex, as quais dominam até hoje o mercado de tintas à base de água (UEMOTO, 1993).

No período de 1950-55, foi introduzida no Brasil a tinta à base de caseína, com o nome de *Kentone*, fato considerado como o início da produção de tintas látex no país. As primeiras tintas à base de poliacetato de vinila (PVA) foram introduzidas em 1960, com o nome comercial de *Prema*, e, em 1970, iniciou-se a produção brasileira de tintas à base de resinas acrílicas (UEMOTO, 1993).

2.4.8.2. Composição das Tintas

Tinta é, basicamente, uma composição líquida, viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido que, ao sofrer um processo de cura quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente, que tem a finalidade de proteger e embelezar o substrato (FAZENDA, 2005).

Na indústria, as tintas são formuladas a partir de demandas do mercado, que condicionam a seleção das variáveis da composição. As

interações entre as variáveis, resina, solvente e pigmento são testadas até se obter a formulação mais adequada.

A seleção das resinas, dos solventes e dos pigmentos deve atender a uma série de requisitos, sendo, para as resinas: dureza, flexibilidade, resistência à abrasão, resistência à álcalis, adesão, se são termoplásticas ou termofixas, etc.; para os solventes: volatilidade; para os pigmentos: resistência ao intemperismo, poder de tingimento, poder de cobertura, solidez à luz, tamanho e geometria das partículas e dispersibilidade (FAZENDA, 2005).

2.4.8.3. *Tintas à base de solo.*

O barreado, denominação popular para a antiga técnica de pintura com solo, consiste na diluição de solos argilosos em água, e sua aplicação sobre as paredes com o auxílio de um pano úmido. Apesar da falta de referencial teórico com relação às origens da técnica, de acordo com (CARDOSO *et.al.*, 2013 *apud* MARTINS, 2015), acredita-se que tenha sido o método de pintura mais utilizado em construções civis pela população rural brasileira até o século XX, quando se introduziu a produção de tintas industriais no país.

As tintas à base de terra têm a água como solvente e o solo como elemento de pigmentação, sendo os pigmentos minerais, um dos mais antigos conhecidos pelo homem e que apresentam grande estabilidade. “Para que as partículas fiquem aderidas às paredes é preciso acrescentar uma substância aglutinante e adesiva” (CARVALHO, 2009 *apud* MARTINS, 2015). Como ligantes, podem ser utilizados diversos materiais, como, por exemplo: cola branca (cola de madeira ou de papel), óleo e grude (feito com amido ou goma de tapioca), que garantem melhor aderência. Segundo CARVALHO (2009) *apud* MARTINS, 2015, as tintas produzidas com cola branca são mais resistentes e por isso, podem ser utilizadas em ambientes externos, enquanto as tintas produzidas com grude são adequadas apenas para aplicação em ambientes internos, por gerarem uma mistura mais fraca. É importante considerar a grande diversidade de tons que os solos apresentam, podendo gerar tintas variadas. De acordo com BARROS (2011) *apud* MARTINS, 2015, são sete as principais cores do solo: marrom, amarelo, verde, azul, grafite, branco e preto, de acordo com as propriedades dos minerais pelos quais são formados. Os solos são compostos basicamente por minerais e matérias

orgânicas, tendo suas partículas dimensões variadas, fato que determina a sua granulometria. A areia consiste nas partículas de tamanho grande, o silte as de tamanho médio e a argila as de tamanho muito pequeno (CARVALHO, 2009 *apud* MARTINS, 2015) . Para a confecção de tintas de boa qualidade, é necessário que o solo utilizado seja composto por uma maior quantidade de argila e silte. De acordo com CARVALHO (2009) *apud* MARTINS, 2015, “quanto mais finas as partículas, maior o poder pigmentante, ou seja, maior a capacidade de dar cor e aderir às superfícies”. Entretanto, os solos que contém maior porcentagem de silte são ainda mais adequados do que os que contém argila em maior quantidade, pois o primeiro apresenta melhores propriedades de viscosidade. As tintas produzidas com solos argilosos apresentam problemas de espalhamento, enquanto as produzidas com solos siltosos apresentam melhores resultados nas etapas de preparação e aplicação e maior durabilidade (CAMPOS *apud* FONTES et.al., 2013 *apud* MARTINS, 2015). Antes da produção, é necessário um preparo do solo, que consiste em destorroar e peneirar, descartando pedras, raízes e outros materiais indesejáveis, a fim de se obter um pó fino e uniforme, que garanta uma mistura homogênea. De acordo com estudos desenvolvidos no projeto Cores da Terra do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (CARVALHO, 2009 *apud* MARTINS, 2015), a proporção ideal para produção das tintas é de uma medida de resina (cola branca ou grude que são de mais fácil obtenção), para duas medidas de terra e duas medidas de água. Primeiramente, o solo deve ser misturado com a metade da quantidade de água até obter uma massa pastosa, seguido da adição da porção de resina e misturado novamente, para só depois se acrescentar o restante da água. Esse processo é importante para garantir maior uniformidade da mistura. Para produção de maiores quantidades de tinta é preciso calcular a área das paredes a serem pintadas, já considerando a quantidade de demãos necessárias para uma boa cobertura. De acordo com CARVALHO (2009) *apud* MARTINS, 2015, para a produção de 18 litros da tinta são necessários, aproximadamente, 8kg de solo, e tem um rendimento de 70 a 90m².

CAPÍTULO 3

3.5. Materiais e Métodos

Neste capítulo, serão apresentados os procedimentos adotados para a realização desta pesquisa, que consistiu em: seleção e coletas da amostras, beneficiamento, análise mineralógica através de difratômetro de raio-x, análise química através de fluorescência de raio-x, colorimetria e ensaios de aplicabilidade.

3.5.1. Revisão bibliográfica

Buscou obter informações sobre a geologia da região estudada e as metodologias que poderiam ser aplicadas para o desenvolvimento deste trabalho.

3.5.2. Seleção e coleta

Foram coletadas dezoito amostras, em dez pontos, sendo cinco pontos na Formação Alter do Chão, três na Formação Iça, um no depósito aluvionar as margens do Paraná Madeirinha e um na Formação Prosperança.

A seleção das argilas baseou-se na granulometria e cor, sendo coletados os que apresentavam textura argilosa ou argilo-arenosa e uma coloração ainda não encontrada em pontos de coleta anteriores.

A amostragem das argilas era realizada através de espátulas e pás, e o material recolhido, era guardado em sacos plásticos transparentes onde eram nomeados e catalogados. Já a amostragem dos materiais endurecidos dava-se através de martelo geológico, onde eram extraídos blocos de 10x10 cm.

3.5.3. Preparação das amostras

Ocorrida na Planta Piloto, do Centro de Tecnologia Mineral do Rio de Janeiro (CETEM-RJ) (Figura 8), teve como objetivo preparar as dez amostras selecionadas para realização das análises e testes de aplicabilidade.



Figura 8: Centro de tecnologia Mineral no Rio de Janeiro (CETEM – RJ), onde foi realizada a preparação das amostras (Autor, 2016).

Com a necessidade da obtenção de uma granulometria inferior ao tamanho silte, realizaram-se procedimentos para separação/ diminuição do tamanho das partículas. O tipo de beneficiamento ajustou-se ao tipo de material, **os materiais argilosos** foram submetidos a um processo de desagregação, sendo colocados sobre uma bancada, protegida por uma cartolina, onde foram macerados por um rolo cerâmico (Figura 9). A cada maceração, a cartolina era trocada e o rolo cerâmico descontaminado por álcool etílico em gel (Figura 10).



Figura 9: Preparação das amostras para a maceração.



Figura 10: Material submetido ao processo de maceração.

Após a desagregação, as argilas foram pesadas e levadas para a separação granulométrica a úmido, onde foram passadas em suspensão por uma peneira de 44 μm , separando-se assim a fração silte-argilosa das demais (Figura 11) (Figura 12).



Figura 11: Passagem do Material em suspensão pelo divisor granulométrico.



Figura 12: Amostras granulometricamente separadas em suspensão.

O material argiloso em suspensão foi levado a tonéis pressurizados onde a água era expulsa através de pressão pneumática, restando apenas o material argiloso em filtros de papel, previamente colocados no fundo desses receptáculos (Figura 13) (Figura 14). Os filtros com o material foram secos em estufa a temperatura de 60°C por 24 h, após a secagem, foram pesados, para que fosse possível realizar balanço de massa.



Figura 13: Tonéis pressurizados onde foram adicionadas as amostras em suspensão.



Figura 14: Amostra pré-pressurização e pós-pressurização.

Já as crostas lateríticas foram submetidas a um simples processo de moagem, onde através de um moinho dentado e um moinho a disco pulverizou-se o material (Figura 15) (Figura 16).

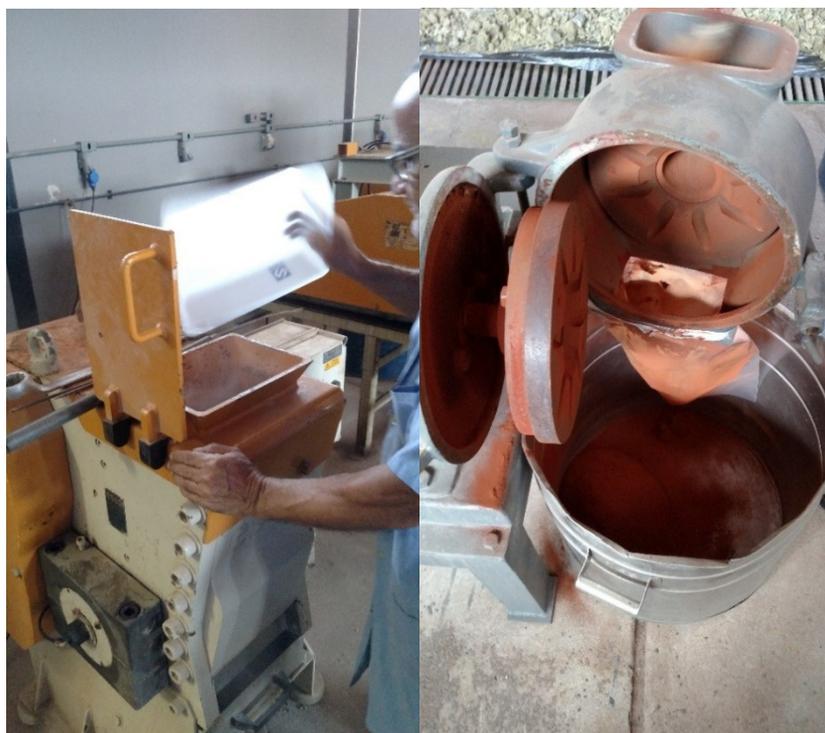


Figura 15: Moinhos utilizados no procedimento, respectivamente dentado e de disco.



Figura 16: Amostra sendo submetida ao procedimento de moagem.

3.5.4. Análise mineralógica

Este procedimento foi realizado no laboratório de análises mineralógicas do Departamento de Geociências da UFAM, no difratômetro de raio-X (DRX) modelo Shimadzu XRD-6000 (Figura 17), com radiação $\text{CoK}\alpha$, monocromador de grafite e operado a 40 kV e 25 mA. O método utilizado foi o do pó, onde todas as amostras devidamente pulverizadas foram homegeinizadas e quarteadas, separando-se ao final do processo 1,8 g. Estes foram depositados sobre uma lamina de alumínio e submetidos à análise, onde utilizou-se irradiações angulares entre 5° e 60° (2θ), com intervalo de $0,02^\circ 2\theta$ a cada minuto.



Figura 17: Difratômetro de raio-x, modelo Shimadzu XRD-6000

3.5.5. Análise química

Foi realizada no laboratório de ensaios físico-químico localizado na Faculdade de Tecnologia da UFAM, através do método de fluorescência de raios-x (Figura 18). O equipamento utilizado foi a Panalytical modelo Epsilon 3-XL, que utiliza o método de energia dispersiva para determinação dos óxidos dos elementos maiores presentes nas amostras (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , CaO e K_2O). As amostras foram preparadas de maneira similar a análise mineralógica.



Figura 18: Espectômetro de raio X por energia dispersiva, modelo EPSILON 3XL

3.5.6. Ensaio colorimétricos

Foi realizado no CETEM-RJ, no colorímetro Color touch 2 (Figura 19), sob ação de fonte iluminante D65 num ângulo de 2° . O CIE Lab (Commission Internationale de L'Eclairage) é um dos métodos mais utilizados em medidas colorimétricas e nele mede-se a intensidade de absorção na região visível obtendo-se os parâmetros L^* , referente à luminosidade que varia do negro (0) ao branco (100), a^* que é intensidade de cor vermelho(+)/verde(-) e b^* a intensidade de cor amarelo(+)/azul(-) (10) (SANTOS,2006).



Figura 19: Colorímetro Color Touch 2 – Modelo ISO utilizado no CETEM-RJ.

3.5.7. Ensaios de aplicabilidade

3.5.7.1 Tintas

Para elaboração das tintas, foi utilizado um método desenvolvido pelo projeto Cores da terra da Universidade Federal de Viçosa, que utiliza como materiais, água, poliacetato de vinila (PVA) e o pigmento, misturados em uma proporção 1:2:2, respectivamente (Cardoso, 2006).

Primeiramente, dilui-se o pigmento em água na proporção supracitada, e quando se forma uma solução pastosa, adiciona-se a cola PVA. Mistura-se mais uma vez até que esteja num ponto homogêneo, gerando-se assim a tinta.

Para efeito de comparação entre as cores obtidas, estas foram adicionadas sobre uma tela de pintura de coloração branca. As tintas também foram utilizadas na pintura da parede de uma residência (Figura 20).



Figura 20: A – Tinta feita a partir do amostra P8-01. B – Algumas outras tintas elaboradas. C – Cola PVA utilizada na formulação das tinta. D – Aplicação delas em um quadro branco. E – Aplicação em uma casa.

CAPÍTULO 4

4.6 Resultados

4.6.1 Etapa de Campo

Foram selecionados ao todo dez pontos de amostragem, sendo três localizados na BR-174, dois na BR-319 e cinco na AM-270.

4.6.1.1 Formação Iça

No Km 124 da BR-319, encontra-se um perfil intempérico incompleto pertencente a Formação Iça, onde estão expostos, da base para o topo, o horizonte mosqueado de granulometria argilo-arenosa e coloração variando entre vermelho e branco e o solo areno-argiloso de coloração avermelhada. Neste ponto foi amostrado o horizonte mosqueado, sendo numerado como P1-1.

Na cidade do Castanho, a margem esquerda do Rio Castanho, encontra-se um afloramento de aproximadamente 8 metros, composto da base para o topo por um horizonte caulínítico de granulometria argilosa, um arenito ferruginoso, um horizonte mosqueado argilo-arenoso, o horizonte laterítico, desmantelado argilo-arenoso e o solo argilo-arenoso. Neste ponto foram amostrados o mosqueado, o arenito ferruginoso (amostra P2-2) e a crosta laterítica (Amostra P2-1).

No final da AM-270, no porto onde atraca a balsa de acesso a Autazes, aflora crosta ferruginosa de aproximadamente 1,70 m de espessura, apresentando orifícios de tamanhos variados chegando a 7 cm. Também encontram-se materiais argilosos e argilo-arenosos depositados pelo rio Mamori, ricos em matéria orgânica. Foram amostradas as crostas lateríticas, amostra P7 Crosta e o material argiloso P6-2.

4.6.1.2. Formação Alter do Chão

No ponto 3, primeiro da AM-270, aflora um perfil intempérico incompleto composto da base para o topo pelos horizontes, desmantelado e solo, com contato irregular entre as litologias. O solo tem coloração amarelada

e é predominantemente arenoso, enquanto o desmantelado apresenta fragmentos de crosta laterítica envoltos em uma matriz argilosa.

No Km 12 da BR-174, aflora um perfil intempérico da formação Alter do Chão, composto da base para o topo pela rocha mãe e solo orgânico. Neste ponto foi amostrada apenas a rocha mãe, em duas camadas, uma areno-argilosa amarela (amostra P8-1) e outra argilosa de coloração avermelhada, amostra P8-2.

No Km 45 da BR-174, o ponto 9, aflora um perfil intempérico composto da base para o topo por um material argiloso avermelhado, argiloso esbranquiçado com um nível mais argiloso e outro mais arenoso, um solo amarelado e por último um solo orgânico escurecido. Foi amostrada a mistura entre o esbranquiçado e o avermelhado, gerando um tom creme, amostra P-9, retirado da beira do Igarapé Cabeça Branca.

4.6.1.3. Formação Prosperança

No km 112 da BR-174, aflora perfil laterítico imaturo pertencente a Formação Prosperança, onde o saprólito tem coloração variada, contendo bolsões argilosos de coloração roxo escuro, são envoltos em matriz caulinitica esbranquiçada. Também havia uma fina camada endurecida, solo amarelado e orgânico. Foram amostradas a argila roxa (Amostra P10) e a camada endurecida (P10-C).



Figura 21: A – Ponto 1: Horizonte mosqueado com textura argilosa. B - Variação colorimétrica encontrada em afloramento da Formação Prosperança. C – Interface dos horizontes do solo e desmantelado. D – Crosta Laterítica. E - Visão geral do afloramento Formação Alter do Chão. H – Depósito aluvial Igarapé Cabeça Branca. I- Visão geral do afloramento da Formação

Prosperança. J – Argilas depósito aluvial. K – Arenito Ferruginoso. L – Visão geral do afloramento da Formação Prosperança.

4.6.2. Dados do beneficiamento

Os dados obtidos no beneficiamento giram em torno do aproveitamento geral que é possível obter a partir das amostras, ao serem beneficiadas, como é possível notar na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Dados da pesagem realizada pré e pós-beneficiamento.

Amostra	Tipo de amostra	Pré-beneficiamento (g)	Pós-beneficiamento (g)	Aproveitamento %
P1-1	Argilo-arenosa	1228,99	987,65	80,36
P2-1	Arenito ferruginoso	2756,15	2713,43	98,45
P2-2	Crosta	3224,76	3112,24	96,51
P6-2	Crosta	1166,88	1050,45	90,02
P7	Crosta	1545	1475,89	95,53
P8-1	Areno-argilosa	1248,8	467,91	37,47
P8-2	Argilo-arenosa	765,86	666,52	87,03
P9	Argilo-arenosa	221,06	123,08	55,68
P10	Argilo-arenosa	1893,65	1734,65	91,6
P10-C	Crosta	436,2	410,42	94,09

Nota-se que o melhor aproveitamento foi das amostras endurecidas como as crostas e o arenito.

4.6.3. Análise Mineralógica DRX

Foram gerados ao todo 10 difratogramas, sendo possível identificar 8 minerais distintos nas amostras. Tais gráficos estão agrupados por tipo de material, visando facilitar a interpretação e correlação entre as amostras. Destaca-se que os gráficos são compostos por 2 eixos, sendo o eixo 2teta representante do ângulo que houve reposta da amostra e o eixo Intensidade (C.P.S.) responsável por mostrar quando contagem por segundos foram feitas em determinado ângulo, representando assim a intensidade atingida.

4.6.3.1 - Argilas

As amostras de argilas têm como argilomineral comum a Caulinita, onde a P1 (Gráfico 1) e a P8-1 (Gráfico 4) são compostas por Caulinita, Hematita e Quartzo, a P6-2 (Gráfico 2) é composta por Montmolironita, Caulinita, Quartzo, Illita e Anatásio, a P9 (Gráfico 3) é composta por Caulinita e Hematita, a P8-2 (Gráfico 5) é composta por Caulinita, Quartzo, Hematita, Illita e Goethita e a P10 (Gráfico 6) é composta por Caulinita, Muscovita, Hematita, Illita e Anatásio.

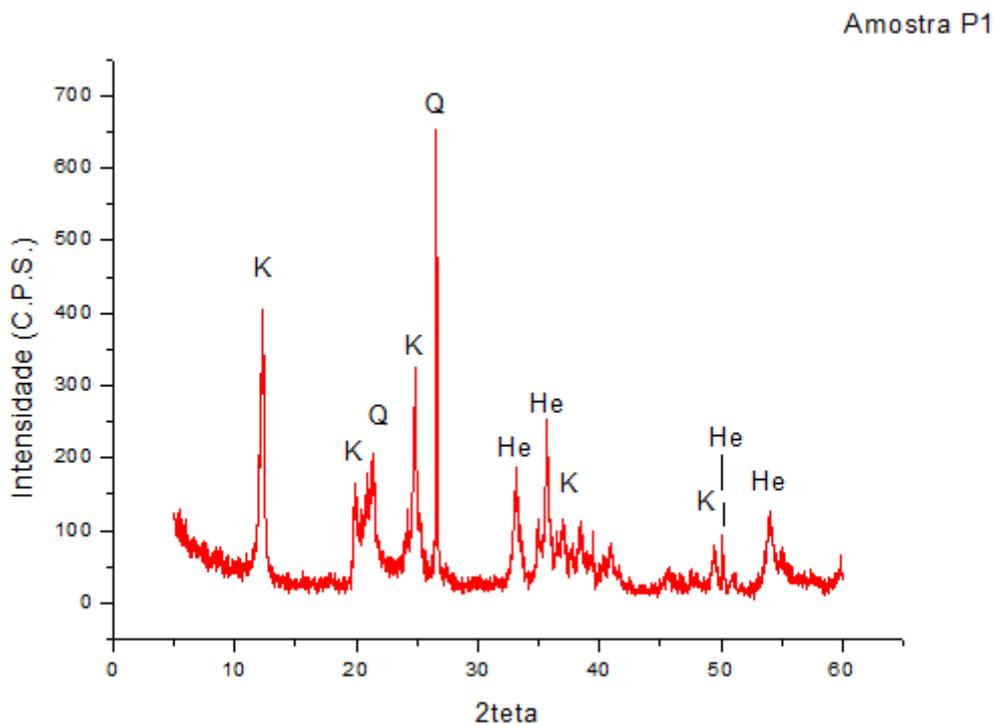


Gráfico 1 - Difratograma da Amostra P1. K-Caulinita; Q -Quartzo, He - Hematita

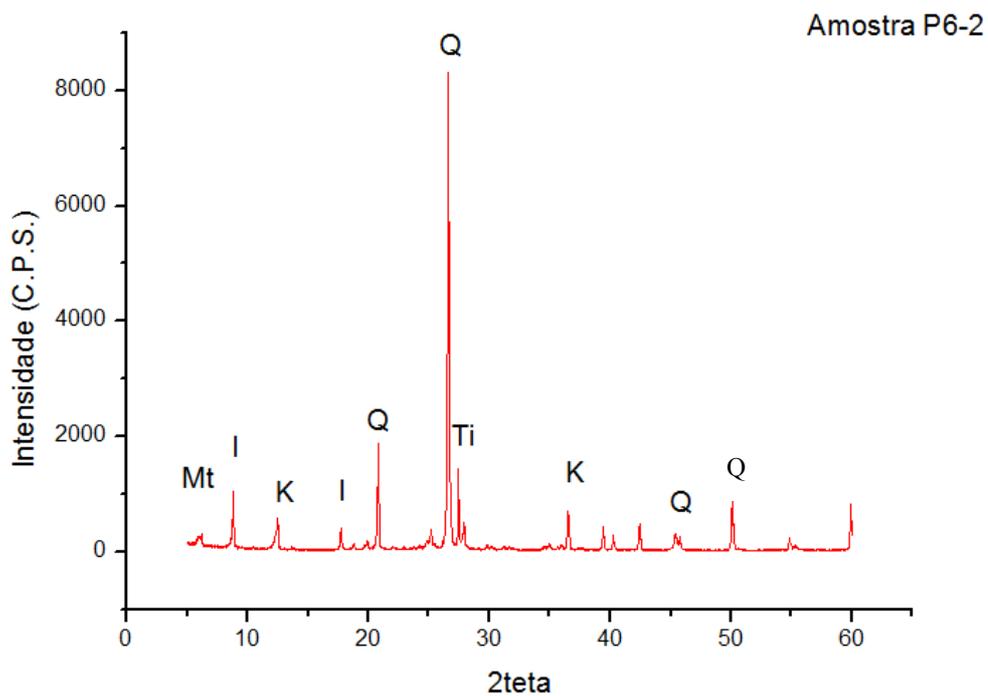


Gráfico 2 - Difratoograma da Amostra P6-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, I – Illita, Mt – Montmolironita, Ti – Anatásio.

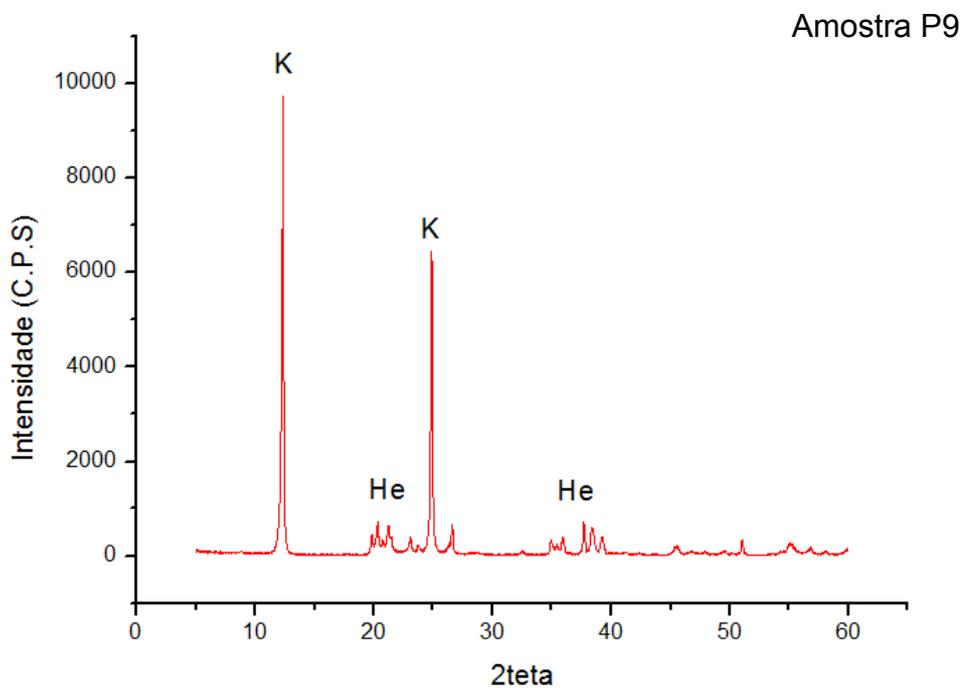


Gráfico 3 - Difratoograma da Amostra P8-1. K-Caulinita; He - Hematita

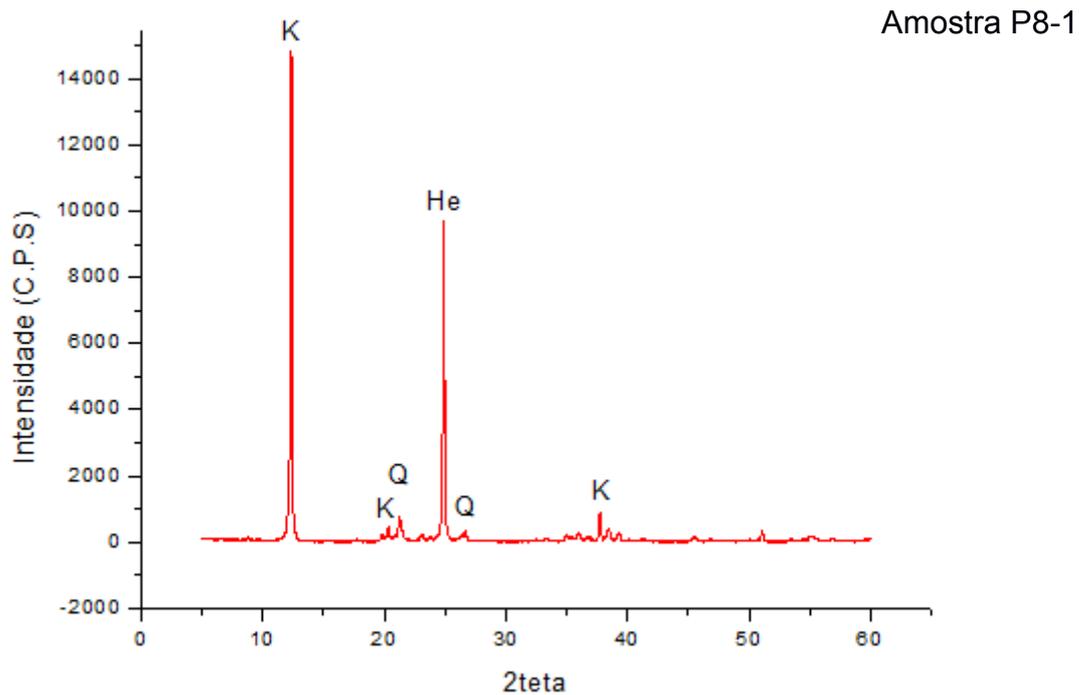


Gráfico 4 - Difratoograma da Amostra P8-1. K-Caulinita; Q -Quartzo, He - Hematita

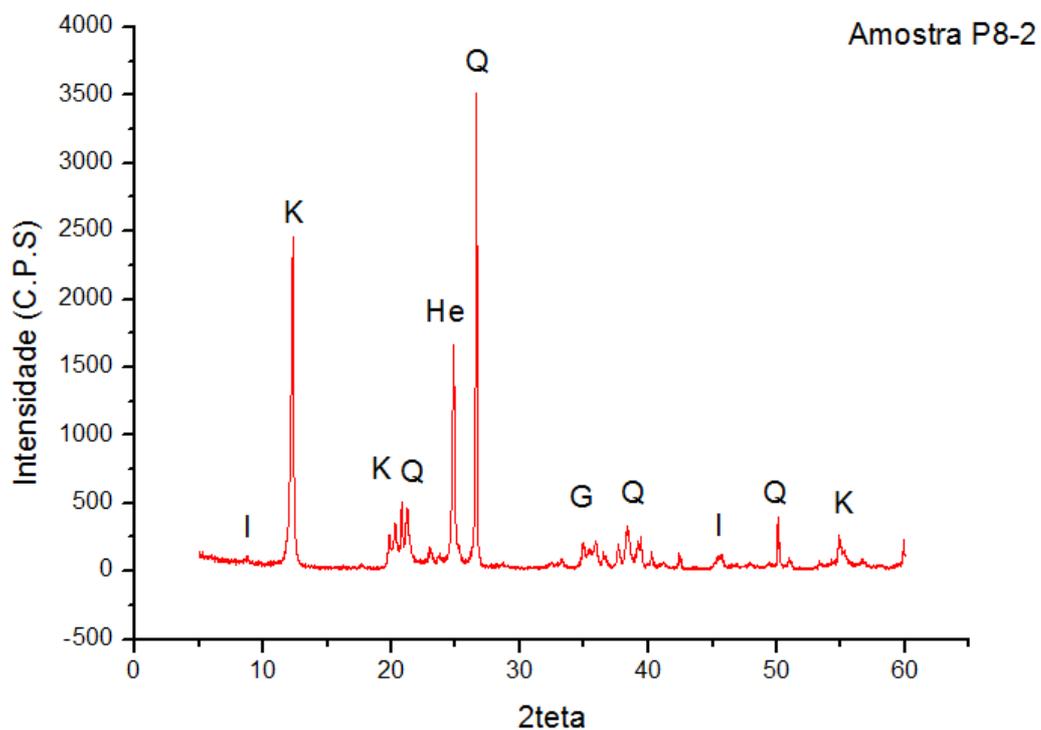


Gráfico 5 - Difratoograma da Amostra P8-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, He – Hematita, I – Illita, G – Goethita.

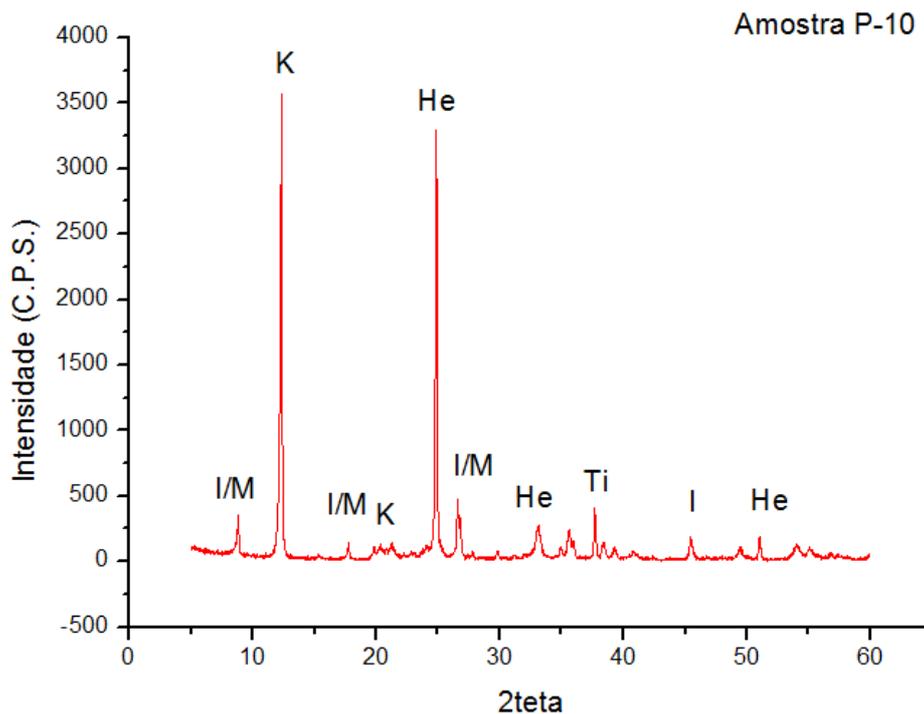


Gráfico 6 - Difratoograma da Amostra P 10. K-Caulinita; M- Muscovita, He – Hematita, I – Illita, Ti – Anatásio.

4.6.3.2. *Materiais Endurecidos.*

Nas crostas é possível notar a presença de Quartzo, Hematita e Goethita de acordo com os difratogramas das amostras de P2-1 (Gráfico 7) e P7 (Gráfico 8). Enquanto na camada endurecida do Prosperança (P10-C) (Gráfico 10) e no Arenito (P2-2) (Gráfico 9) há uma variedade maior de minerais, sendo que o Arenito é composto por Quartzo, Hematita, Goethita e Anatásio e o Paleossolo é composto por Caulinita, Muscovita, Goethita, Illita e Quartzo.

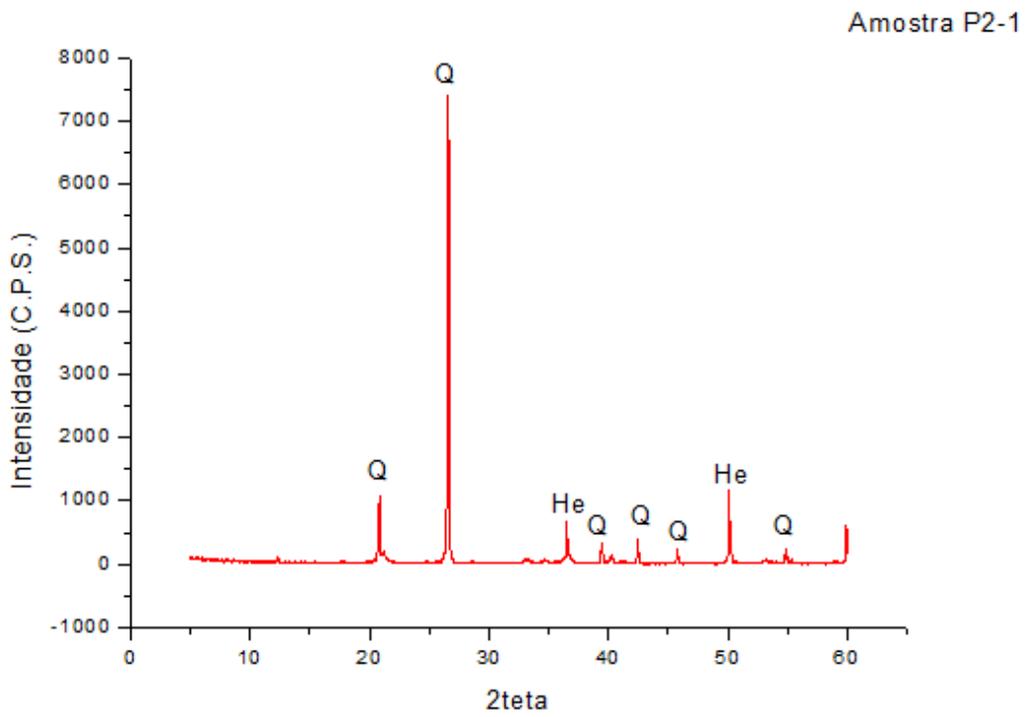


Gráfico 7 - Difratoograma da Amostra P2-1. Q -Quartzo, He - Hematita

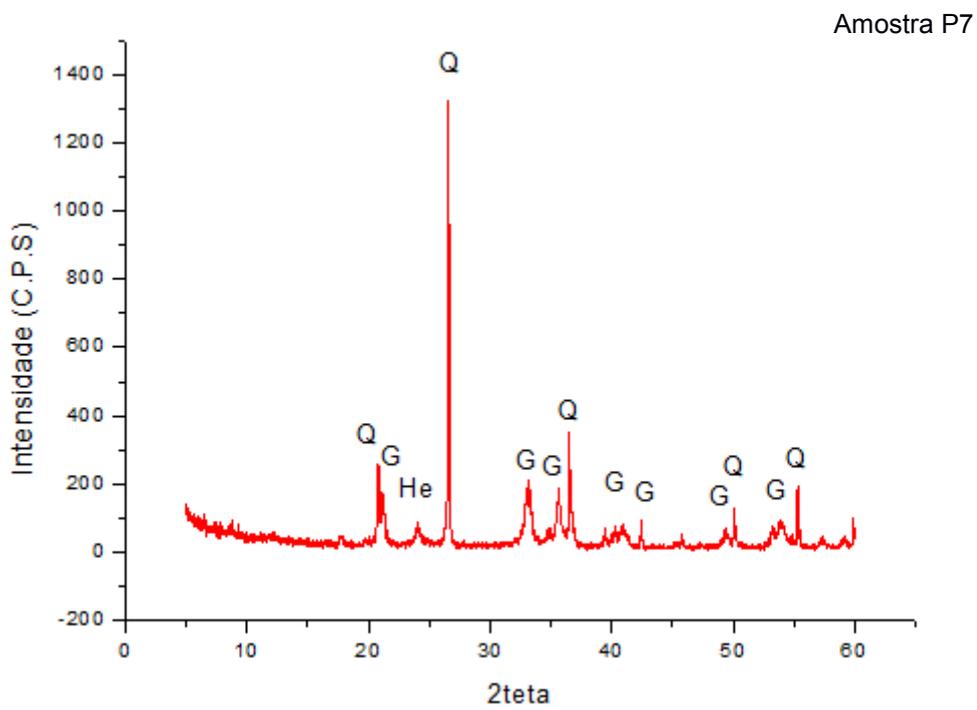


Gráfico 8 - Difratoograma da Amostra P7. G- Goethita; Q -Quartzo, He – Hematita

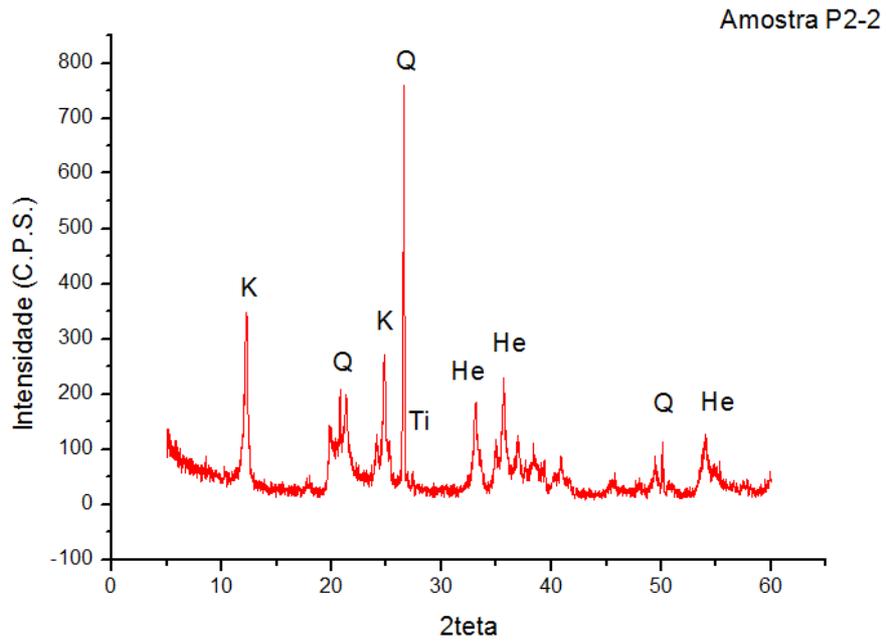


Gráfico 9 - Difratoograma da Amostra P2-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, He – Hematita, Ti – Anatásio

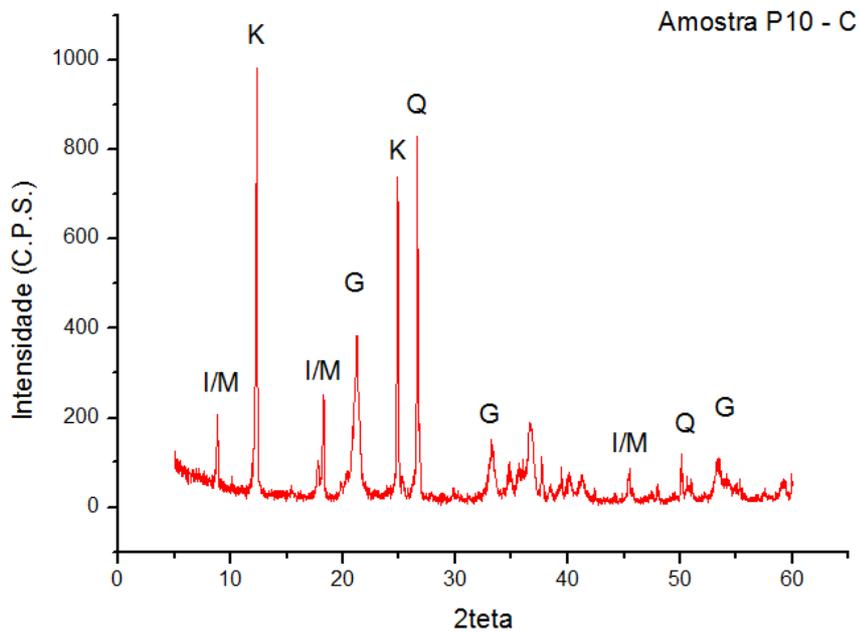


Gráfico 10 - Difratoograma da Amostra P 10-C. K-Caulinita; M- Muscovita, G – Goethita, I – Illita, Q – Quartzo.

4.6.4. Análise Química

Os dados obtidos na análise de FRX foram agrupados na tabela (Tabela 2), sendo selecionados apenas os elementos maiores na forma óxido.

Tabela 2: Dados obtidos através da Fluorescência de Raio- X das amostras.

Amostras	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃
P1	30,637	56,117	0,426	3,087	-----	0,327	8,151
P2-1	4,878	68,401	1,881	0,069	0,125	-----	24,195
P2-2	29,294	34,585	0,479	0,323	0,14	-----	33,725
P6-2	18,91	64,31	0,572	4,12	0,559	1,243	9,167
P7	5,835	32,825	0,553	0,422	0,107	-----	59,737
P8-2	36,328	48,895	0,45	0,429	0,111	-----	12,757
P8-1	38,667	46,471	0,447	0,226	0,119	-----	13,34
P9	42,989	54,364	0,447	0,308	0,136	-----	1,237
P10	27,783	33,33	0,831	1,874	0,157	0,244	34,253
P10-C	15,786	20,961	1,129	0,711	0,098	-----	59,868

4.6.5. Análise Colorimétrica

Os dados obtidos através da análise colorimétrica foram organizados através dos índices L, a e b, conforme tabela abaixo.

Tabela 3: Índices colorimétricos obtidos das amostras.

Amostra	L*	a*	b*
P1	70,78	13,08	18,38
P2-1	53,28	18,11	39,43
P2-2	52,60	20,21	19,95
P6-2	58,52	4,62	18,60
P7	39,61	24,79	28,05
P8-1	79,78	10,18	37,18
P8-2	66,01	18,76	22,19
P9	89,64	3,95	9,33

P10	48,62	11,95	13,38
P10-C	53,78	16,62	34,09

Todas as amostras são opacas, com boa luminosidade e variam positivamente nos eixos a e b, tendendo respectivamente ao vermelho e ao amarelo, gerando cores intermediárias a esses eixos.

4.6.6. Aplicabilidade

4.6.6.1. Tintas

Foram elaboradas tintas com o material proveniente das argilas e das crostas, essas tintas para sua melhor textura e homogeneidade teve sua formulação modificada de acordo com o material.

A proporção comumente usada para os solos segundo CARDOSO (2015) é de 1:2:2, de PVA, “Terra” e Água, respectivamente. Tal proporção foi utilizada na elaboração de tintas a partir da argila com resultados satisfatórios, já, no caso das crostas, estas resultaram em tintas de baixa viscosidade.



Figura 22: A – Aplicação da tinta. B – Tinta aplicada. C – Comparação das tintas e a coloração obtida a partir dos materiais.

4.7. Discussões

Para a discussão dos dados obtidos, foram estes agrupados, na tabela 4, possibilitando a correlação entre eles.

O autor LEITE *et al.* (2016), afirma que a separação granulométrica é uma etapa de grande importância, pois a seleção do material utilizado como pigmento resulta em uma tinta de boa qualidade, pois partículas de menor granulometria (argila) possuem maior aderência, resultando em uma tinta mais resistente e duradoura.

CAMPOS apud FONTES *et al.* (2013) afirma que os solos que contém maior porcentagem de silte são ainda mais adequados do que os que contém argila em maior quantidade, pois o primeiro apresenta melhores propriedades de viscosidade. As tintas produzidas com solos argilosos apresentam problemas de espalhamento, enquanto as produzidas com solos siltosos apresentam melhores resultados nas etapas de preparação e aplicação e maior durabilidade.

Nota-se primeiramente em relação ao aproveitamento, que as amostras moídas, ou seja, os materiais endurecidos tem um aproveitamento maior, já que independem do seu tamanho granulométrico, enquanto as amostras argilosas e argilo-arenosas têm um aproveitamento menor, já que parte do material com tamanho areia ou maior, fica retido na malha granulométrica de 44 μm .

Entre as amostras destacou-se negativamente a amostra P8-1, devido a sua alta quantidade de partículas do tamanho areia e positivamente a P6-2 e a P-10 com aproveitamentos superiores a 90%, mostrando assim que argilas com boa seleção têm um aproveitamento melhor

Como não houve a distinção entre as partículas silte e argila, não pode-se afirmar qual dos dois tamanhos rende tintas com melhor espalhamento, ou aderência, porém a mineralogia também pode influir nos resultados encontrados, pois dependendo do tipo de argilomineral presente no solo/argila pode gerar uma tinta mais viscosa ou menos viscosa.

. Em relação a análise química nota-se que a quantidade Al, Fe e Si, são as maiores em todas as amostras, tendo algumas com bons índices em K e Mg como a P1 e a P6-2. Isso esta relacionado diretamente a mineralogia já

que maior parte das amostras é formada por argilominerais e óxidos de ferro. Realizou-se uma relação Fe/Al, para tentar correlacionar esta proporção com a coloração da amostra.

A relação mostrou valores altos nas amostras provenientes das crostas onde o ferro predomina sobre o alumínio, nas amostras argilosas ocorre o contrário, onde o alumínio predomina sobre o ferro. A única amostra de argila onde a quantidade Fe_2O_3 é alta, fazendo com que a relação aproxima-se do valor 1, é a P10, o que pode ser o fator ocasionar de sua coloração roxa, junto com a sua baixa luminosidade, causada devido a menor quantidade de Caulinita.

Outra relação importante observada é que as amostras que contem Caulinita tem um alto índice de luminosidade, e quanto menor a sua assembléia mineralógica e maior a proporção de caulinita perante os outros minerais, como é o caso da amostra P9 que é apenas composta por Caulinita e Hematita, maior o índice. Desta forma podemos afirmar que a quantidade de Caulinita pode influir na tonalidade da amostra como visto na P10.

A amostra P6-2 por ser de origem aluvial, diferiu-se das demais amostras argilosas por apresentar argilominerais, como Montmorillonita e Illita, que não estão presentes nas outras argilas, além disso a quantidade de Fe, é muito baixa e a de sílica muito alta, o que pode explicar sua intensidade no eixo a^* (vermelho) tão baixa, diferindo-se das demais amostras no aspecto visual, gerando a cor marrom.

A presença de argilominerais e ausência destes geram diferença na viscosidade dos produtos obtidos, onde necessitou-se alterar a proporção da fórmula original a ser utilizada para confecção de tintas, já que devido à expansão que esses minerais sofrem quando estão em contato com a água, faz com que as tintas sejam mais viscosas, enquanto a crosta que não contém ou tem uma quantidade reduzidas desses argilominerais, apenas dilui-se no meio aquoso, gerando tintas menos viscosas.

Desta forma, é importante ressaltar que a argila, “rende mais”, já que é necessária uma menor quantidade de material para fazer o mesmo volume de tinta que uma crosta. A vantagem da crosta é a textura que se pode obter a partir deste material, tornando assim um material diferenciado em relação ao tato e ao visual. Há diferença também na homogeneidade obtida na pintura e

na dispersão, sendo necessária a reaplicação quando se trata de tintas obtidas a partir de materiais endurecidos (Crostas Ferruginosas, Arenitos Ferruginosos e o Paleosolo) e com baixa quantidade de caulinita como é o caso da argila aluvial.

Consideraram-se tais tintas ecologicamente correta, já que sua produção não gera resíduos, além do mais os pigmentos inorgânicos são naturais, segundo SILVA (2010) as tintas imobiliárias normalmente encontradas no mercado são utilizados os mais variados tipos de pigmentos que podem ser naturais ou sintéticos sendo que vários destes pigmentos podem ser muito prejudiciais ao meio ambiente por possuírem em sua composição metais pesados.

O principal problema ambiental relacionado aos corantes é que, quando descartados inadequadamente em ambientes aquáticos, ocorre diminuição da transparência da água, o que dificulta a penetração da radiação solar. Assim sendo, esses rejeitos coloridos diminuem a atividade fotossintética e provocam distúrbios na solubilidade dos gases, causando danos nas guelras e brânquias dos organismos aquáticos, além de perturbar seus locais de desova e refúgio (BARCELOS, 2009).

LEITE *et al.* (2016) realizou também avaliação do solvente, onde comparou-se o solvente empregado na tinta à base de solo, a água, com os solventes normalmente utilizados nas tintas imobiliárias comerciais, os solventes orgânicos. Esta comparação pode ser realizada de forma bem simples, pois tendo a água como solvente universal, ela não causa qualquer prejuízo ao homem nem ao meio ambiente. Por outro lado, os solventes orgânicos empregados em tintas comerciais, tais como hidrocarbonetos, álcoois, acetatos, cetonas e ésteres podem trazer inúmeros prejuízos ao meio ambiente tanto na sua obtenção quanto no tratamento inadequado dos seus rejeitos.

Com relação a resina, utilizou-se o PVA, porém como se sabe já estão sendo desenvolvidos para utilização de polvilho azedo, ou goma de tapioca, o que tornaria a tinta biodegradável.

LEITE *et al.* (2016), estimou também o valor de 12,07 para gasto com materiais prima para produção de 18 litros de tintas. Em comparação a três

marcas comercializadas chamadas de X, Y e Z pelo autor, é de no mínimo 90 reais como pode ser visto na tabela a seguir.

Tabela 4 – Comparação de preços entre a tinta produzida e as comercializadas (Leite *et al*, 2016).

Preço	Tinta à base de argila	Marca X	Marca Y	Marca Z
RS	12,07	109,90	119,90	149,90

Tabela 5: Tabela comparativa entre os dados obtidos para as amostras.

Amostras	Aproveitamento %	Mineralogia	Análise Química							Colorimetria			Tintas	
			Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Relação Fe/Al	L*	a*		b*
P1	80,36	Caulinita, Quartzo e Hematita	30,637	56,117	0,426	3,087	-----	0,327	8,151	0,189606644	70,8	13,08	18,38	
P2-1	98,45	Quartzo e Hematita	4,878	68,401	1,881	0,069	0,125	-----	24,195	4,9600246	53,3	18,11	39,43	
P2-2	96,51	Caulinita, Quartzo, Hematita e Anatásio	29,294	34,585	0,479	0,323	0,14	-----	33,725	1,151259644	52,6	20,21	19,95	
P6-2	90,02	Caulinita, Quartzo, Illita, Montmolironita e Anatásio.	18,91	64,31	0,572	4,12	0,559	1,243	9,167	0,484769963	58,5	4,62	18,6	
P7	95,53	Goethita, Quartzo e Hematita	5,835	32,825	0,553	0,422	0,107	-----	59,737	10,23770351	39,6	24,79	28,05	
P8-1	37,47	Caulinita, Quartzo e Hematita	36,328	48,895	0,45	0,429	0,111	-----	12,757	0,351161638	79,8	10,18	37,18	
P8-2	87,03	Caulinita, Quartzo, Hematita, Illita e Goethita.	38,667	46,471	0,447	0,226	0,119	-----	13,34	0,344997026	66	18,76	22,19	
P9	55,68	Caulinita e Hematita.	42,989	54,364	0,447	0,308	0,136	-----	1,237	0,028774803	89,6	3,95	9,33	
P10	91,6	Caulinita, Muscovita, Hematita, Illita e Anatásio.	27,783	33,33	0,831	1,874	0,157	0,244	34,253	1,232876219	48,6	11,95	13,38	
P10-C	94,09	Caulinita, Muscovita, Goethita, Illita e Quartzo.	15,786	20,961	1,129	0,711	0,098	-----	59,868	3,792474344	53,8	16,62	34,09	

4.8. Conclusão

Com a realização desta pesquisa nota-se que a porção nordeste do Estado do Amazonas, pode ser uma potencial fornecedora de material pigmentante, para a indústria de tintas, encontrando-se nesta região pigmentos com cores que variam de branco a roxo, devido a sua composição química e mineralógica.

As argilas aceitam bem a formula utilizada na técnica do barreamento, onde a proporção ideal é de 1:2:2 para produção das tintas é de uma medida de resina (cola branca ou grude que são de mais fácil obtenção), para duas medidas de terra e duas medidas de água (CARDOSO, 2015), gerando tintas de boa qualidade, como obtiveram-se neste trabalho, a novidade porém parte da utilização da Crosta Ferruginosa, que não era utilizada como alternativa de pigmentos para essa técnica. Mesmo não rendendo como a argila, sendo necessária a alteração da fórmula para 1:2:1, diminuindo-se a proporção de água, sua utilização é possível não só no Brasil e na região amazônica, como em todos os países tropicais onde são abundantes e não tem em grande partes deles uma destinação, podendo assim servir de matéria-prima barata para elaboração de tintas.

Constatou-se que a caulinita é responsável pela luminosidade e conseqüentemente a tonalidade das cores, enquanto o óxido de ferro é responsável pela coloração pela migração para o campo do vermelho no eixo a.

Atualmente pode-se afirmar que tais materiais podem ser utilizados como tecnologia social, pintando edificações das comunidades próximas as áreas onde afloram, sendo assim uma alternativa barata a tintas comercializadas. São também alternativas ecologicamente corretas a partir do momento que o pigmento e o solvente não impactam a natureza da mesma forma que as tintas industrializadas derivadas de subprodutos do petróleo impactam. Sugere-se o estudo da viabilidade da substituição da resina PVA por produtos regionais, biodegradáveis e ecologicamente corretos.

Visando a industrialização sugiro estudos voltados a aplicação de técnicas mais modernas de geração de tintas e também um estudo de

viabilidade econômica, estrutural e técnica da instalação de indústrias extratoras de pigmentos, aumentando assim o leque de oportunidades industriais para o polo Manauara. Também a realização de novos estudos na bacia amazônica visando encontrar outras fontes de matéria-prima com novas cores a serem aproveitadas.

4.9. Referências Bibliográficas

AQUAPORTAIL.COM. Definition de Pigment. Disponível em: <https://www.aquaportail.com/definition-1814-pigment.html>. Acesso: em 30 de Abril de 2017.

ABRAFATI. Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. Disponível em: <https://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>. Acesso: em 15 de Março 2018.

BALDUINO, A. P. Z. Estudo da caracterização e composição de argilas de uso cosmético. 57 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Aplicadas a Saúde) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2016.

BARBOSA, R. C. M., NOGUEIRA, A. C. R. Paleoambiente da Formação Prosperança, embasamento Neoproterozóico da Bacia do Amazonas. Revista Brasileira de Geociências. Volume: 41. Páginas: 1-17. 2011.

BARCELOS, IVONETE O. Remoção de cor de soluções corantes reativos com cinzas de casca de arroz. Dynamis revista tecno-científica, 2009.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; PASSOS, E.; HERMANN, M. L. P.; MENDONÇA, M.; SANTOS, G. F.; CARVALHO, S. M. C.; COITINHO, J. B. L. Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais e Subtropicais. Vol. II. 1996. Florianópolis: Editora da UFSC.

BONDIOLI, F., MANFREDINI, T., SILIGARDI, C. "New glass-ceramic inclusion pigment", Journal of American Ceramic Society, v. 88, n. 4, pp. 1070-1071, 2005.

CARDOSO, F. P. Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos/ Fernanda de Paula Cardoso. – Viçosa, MG, 2015.

CARVALHO, W. Os benefícios da argila para cada tipo de pele. Disponível em: <http://wanielucia.blogspot.com.br/2009/02/os-beneficios-da-argila-para-cada-tipo.html> . Acesso em: 01 nov. 2016.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA IV REGIÃO, 2011. **Corantes e Pigmentos**. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos. Acesso em 11 de jan. 2016.

COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.

CPRM. Projeto Geodiversidade do Estado de Amazonas. Escala 1.000.000. Shapes retirados do GeoBank da CPRM. Retirado de: <> Acesso em: 1 de fevereiro 2016. Geologia e Recursos Minerais do Estado do Amazonas / Nelson Joaquim Reis... [et al.]. – Manaus: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2006. 125p. : il. ; 30cm + 3 mapas coloridos, + 1 CD -ROM.

CPRM. Geodiversidade do Estado do Amazonas. Programa Geologia do Brasil – Levantamento da Geodiversidade. Organização: Maria Adelaide Mansini Maia e José Luiz Marmos. 275p.; 30 cm + 1 DVD, 2010.

CPRM. Pigmentos Minerais. <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Pigmentos-Minerais-1263.html>. Acessado 30 de março de 2017.

CPRM. Recursos Minerais. Programa de Integração Mineral em Municípios da Amazônia Primaz de Presidente Figueiredo, 1998. Retirado de: http://www.cprm.gov.br/publique/media/recmin_pf.pdf. Acessado em: 20/02/2016.

CPRM. Minerais argilosos. <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Minerais-Argilosos-1255.html>. Acessado em 22/04/2018.

D'ANTONA R. de J.G., REIS N. J., ARAÚJO I. de B., MAIA, M.A.M., ROSA S.F., NAVA, D.B. Projeto Materiais de Construção da Área de Manacapuru – Iranduba – Manaus – Careiro (Domínio Baixo Solimões). CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Manaus, 2006.

DUTRA, S. V. M. Estado da arte sobre utilização de solos lateríticos em pavimentos rodoviários. Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2014.

ESPINDOLA, C. R., DANIEL, L. A. Laterita e Solos Lateríticos do Brasil. Boletim Técnico da FATEC-SP – BT/ 24 – Pág 21 a 24 – Maio de 2008.

FAZENDA, J. M. R. “Cor e Colorimetria”. In: Tintas e Vernizes: Ciência e Tecnologia. 2 ed. São Paulo: Abrafati, 1995, cap. 4, p. 583 – 586.

FAZENDA, J.M.R.Tintas e vernizes: Ciência e tecnologia. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

KOOGAN HOUAISS, **Enciclopédia e Dicionário digital**, 3 Cds, Editora Delta, 2007. Positivo informática.

HRADILA D., GRYGARA T., HRADILOVA J., BEZDIČKA P. Clay and iron oxide pigments in the history of painting. Applied Clay Science 22: 223– 236, 2003.

HORBE, A. M. C.; HORBE, M. A.; SUGUIO, K. Contribuição ao estudo dos depósitos de areias brancas no nordeste do Amazonas. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 33, n. 1, p. 41-50, 2003.

HORBE, A. M. C. et al. A laterização na gênese das superfícies de aplanamento da região de Presidente Figueiredo – Vila Balbina, nordeste do Amazonas. In: COSTA, M. L.; ANGÉLICA, R. S. (Orgs.). **Contribuições à geologia da Amazônia**. Belém: FINEP-SBG/NO, 1997. v. 2. cap.5. p.145-176

IBGE. **Mapa de solos do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE/ EMBRAPA. 2001. 1 mapa colorido, 107x100cm na escala 1: 5.000.000.

LEITE, L. V., PACHECO, R. C., ANTUNES, W. L. Avaliação do Processo de Produção de Tintas à Base de Argila. Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana, 2016.

LIRA, B. B. As argilas. Anotações de aulas, Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa – PB, 01 jun. (2006).

LUCA, L. A. Propriedades Mecânicas do Concreto Laterítico da Região do Acre. UFPA. Dissertação de Mestrado, 2014.

MAIA R.G.N., GODOY H.K., Yamaguti H.S., Moura P.A., Costa F.S.F., Holanda M.A. de, Costa J. de A.. Projeto Carvão no Alto Solimões. Ministério de Minas e Energia. DNPM/CPRM, Manaus. 11v, 1977.

PEIXOTO, S. F. Mineralogia e geoquímica de perfis lateríticos no nordeste do estado do Amazonas. UFAM. Dissertação de Mestrado, 2006.

PEREIRA, A. R. P.; SILVA, M. J. de S. F. da; OLIVEIRA, J. A. dos S., 2007. Análise química de pigmentos minerais naturais de Itabirito (MG). *Cerâmica*, São Paulo, v.53, n.325, p.35-41, Mar. 2007. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S03666913200700010006&lng=en&nrm=iso>.accession 01 Feb. 2016.

POLITO, G. Principais sistemas de pinturas e suas patologias. Apostila do Departamento de Engenharia de Materiais e Construção, 66f. 2006. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte.

PORTAL DA ARTE. Pintura rupestre Link: <http://www.portaldarte.com.br/pinturarupestre.htm>. Retirado em 30 de março de 2018.

PUCRIO. https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/8934/8934_3.PDF. Acesso em 22/04/2018.

SANTOS, S.F. Síntese de pigmentos cerâmicos e desenvolvimento de cores em porcelanas feldspáticas. Dissertação (Mestrado). PEMM/UFRJ, 2006, 71p

SEPLAN-CTI. Perfil da Região Metropolitana de Manaus, 2015. Link: <http://www.seplancti.am.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Perfil-da-Regiao-Metropolitana-da-Manaus.pdf>.

SILVA, S. A. B. Estudo para a utilização dos argilominerais das jazidas de gipsita do Araripe PE para a produção de pigmentos naturais/ Sheila Alves Bezerra da Silva – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pernambuco. CCEN. Química Fundamental, 2008.

SILVA, Q. V. Análise da Aplicação de Ferramentas de P+L em uma Empresa De Tintas Imobiliárias. Trabalho submetido ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UNISINOS. São Leopoldo, 2010.

SRMM – SECRETARIA DE ESTADO DESENVOLVIMENTO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS. <http://www.srmm.am.gov.br/institucional/a-instituicao/>. Acesso em : 21/04/2018.

TARDY, Y. Pétrologie des laterites et des sols tropicaux. Masson, Paris, p. 459. ,1993.

UEMOTO, K. L. Pintura a base de cal. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: Associação dos Produtores de Cal, 1993.

UFPA. [Cor: Fenômeno Ótico](http://www.ufpa.br/dicas/htm/htm-cor4.htm)". Retirado de: <http://www.ufpa.br/dicas/htm/htm-cor4.htm>. 2009. Consultado em 21 de fevereiro de 2016.

VISA. Argilas: O que são, suas propriedades e classificações. Comunicações técnicas, 2001. http://www.visaconsultores.com/pdf/VISA_com09.pdf.

ANEXOS

Technological characterization of clays and lateritic crusts of the Northern portion of Amazon state to use as raw material for the preparation of paints.

Caracterização tecnológica de argilas e crostas lateríticas da porção nordeste do estado do Amazonas para o aproveitamento como matéria-prima para elaboração de tintas.

Andrés Camilo Rodriguez HURTADO¹; Raimundo Humberto Cavalcante LIMA²

(1) Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Octávio, 3.000, CEP 69.077-000, Manaus, Brasil. E-mail: andresrhurtado@gmail.com.

(2) Departamento de Geociências-DEGEO, Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Octávio, 3.000, CEP 69.077-000, Manaus, Brasil. Email: humbertoclima@yahoo.com.br.

Resumo. Na porção nordeste do Estado do Amazonas ao longo das BR-174, BR-319 e AM-070, afloram inúmeros perfis lateríticos, produtos de alteração de rochas sedimentares da Bacia do Amazonas. Nestes afloram em abundância, argilas e crostas ferruginosas, que atualmente tem sua utilização restrita a indústria de cerâmica e a construção de acessos rodoviários, respectivamente. Desta maneira, estudar novas formas de aproveitamento de tais matérias-primas, pode agregar valor aos materiais e ajudar no desenvolvimento da referida região. Neste intuito, foram caracterizadas nos âmbitos físico, químico e tecnológico 10 litotipos visando à utilização como pigmentos. A assembleia mineralógica encontrada é composta por Montmolironita, Caulinita, Quartzo, Illita, Anatásio, Goethita, Muscovita e Hematita. Constatou-se uma correlação entre a mineralogia e cor destas amostras onde a hematita e a goethita influenciam na variabilidade das cores e a caulinita na luminosidade e conseqüentemente na tonalidade. Todas as amostras caracterizadas apresentaram propriedades pigmentantes, divergindo apenas na

viscosidade das tintas obtidas no teste, onde as amostras que apresentavam uma maior quantidade de argilominerais resultaram em tintas mais viscosas, enquanto as não argilosas geraram tintas menos viscosas, sendo assim necessário alterar a proporcionalidade entre a resina, pigmento e solvente, para 2:2:1 respectivamente, possibilitando elaborar tintas com viscosidade similares. Tais tintas podem ser consideradas uma alternativa ecológica para os produtos industrializados, levando em consideração que o preparo não gera resíduos e que os pigmentos inorgânicos têm impacto ambiental menor que os corantes quimicamente sintetizados.

Palavras-Chave: Tintas, Pigmentos, Argilas, Lateritas, Amazonas

Abstract. In the northeast portion of the State of Amazonas along the BR-174, BR-319 and AM-070, there are innumerable lateritic profiles, products of sedimentary rocks alteration of the Amazon basin. In these appear in abundance, clays and ferruginous crusts, that at the moment has its use restricted to the ceramics industry and the construction of road accesses, respectively. In this way, studying new forms of exploitation of such raw materials, can add value to the materials and help in the development of the said region. For this purpose, 10 lithotypes have been characterized in the physical, chemical and technological fields aiming at the use as pigments. The mineralogical assembly found is composed of Montmorillonite, Kaolinite, Quartz, Illite, Anatase, Goethite, Muscovite and Hematite. It was verified a correlation between the mineralogy and color of these samples where the hematite and the goethite influence in the variability of the colors and the kaolinite in the luminosity and consequently in the tonality. All the samples presented pigment properties, differing only in the viscosity of the paints obtained in the test, where the samples with a higher amount of clay minerals resulted in more viscous paints, while the non-clay produced less viscous paints, it is therefore necessary to change the proportionality between resin, pigment and solvent, to 2: 2: 1 respectively, making it possible to make paints with similar viscosities. Such inks can be considered an ecological alternative for industrialized

products, taking into consideration that the preparation does not generate residues and that the inorganic pigments have less environmental impact than the chemically synthesized dyes.

Keywords: Paints, Pigments, Clays, Laterites, Amazonas

1. Introdução

Atualmente o Brasil, segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI), é um dos cinco maiores mercados mundiais de tintas, alcançado faturamento líquido de R\$ 11.835 bilhões e produzindo cerca de 1,535 bilhões de litros. Os segmentos em que o setor divide-se são imobiliário, automotivo, repintura automotiva e indústria em geral. Mesmo ocupando tal posição, importamos uma grande quantidade de matéria prima, principalmente da China, entre elas estão branqueadores e pigmentos (CRQ-IV, 2011).

Os pigmentos são particulados sólidos utilizados para conferir cor, estes podem ser de origem orgânica (animais e vegetais) ou inorgânica (minerais), e sintético sendo desenvolvido por processos químicos (KOOGAN-HOUAIS, 2007). Os pigmentos inorgânicos compreendem compostos de diferentes classes e propriedade químicas, como os óxidos, sulfetos, carbonatos, cromatos, sulfatos, fosfatos e silicatos de metais (PEREIRA, 2007).

Os materiais propostos para o estudo são as argilas e as crostas, o primeiro é composto por silicatos hidratados de alumínio geralmente cristalinos denominados argilominerais, podendo conter ferro, magnésio entre outros elementos químicos, matéria orgânica e sais solúveis (SILVA, 2008). Já as crostas ferruginosas são rochas duras e densas, formadas pela concentração de oxi-hidróxidos de ferro (COSTA, 1991).

Estes materiais presentes na porção NE do estado do Amazonas afloram provenientes de rochas sedimentares pertencentes a bacia do Amazonas, de idades que variam do Cretáceo ao recente e que abrange também a formação Neoproterozóica Prosperança (CUNHA et al., 1994). Estas foram submetidas a ciclos de laterização, que produziram espessos latossolos e perfis lateríticos caulínicos/aluminosos (HORBE *et al.* 1999 e 2001).

Estima-se que o estado do Amazonas possua uma reserva de 4,315 bilhões de metros cúbicos de argila (D'ANTONA *et al.*, 2006). A reserva de crosta laterítica no estado é desconhecida.

2. Procedimentos

Os procedimentos utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa consistiram em revisão bibliográfica, seleção e coleta de amostras, beneficiamento, análise mineralógica por difratômetro de raio-x, análise química por fluorescência de raio-x, colorimetria e ensaios de aplicabilidade.

2.1. Revisão bibliográfica

Buscou obter informações sobre a geologia da região estudada e as metodologias que poderiam ser aplicadas para o desenvolvimento deste trabalho.

2.2. Seleção e coleta das amostras

Realizaram-se ao todo dez pontos para coleta de amostras, sendo cinco na Formação Alter do Chão, quatro na Formação Iça e um na Formação Prosperança. A seleção das argilas baseou-se na granulometria e cor, sendo coletados os que apresentavam textura argilosa ou argilo-arenosa e uma coloração ainda não encontrada em pontos de coleta anteriores.

A amostragem das argilas foi realizada através de espátulas e pás, e o material recolhido, era guardado em sacos plásticos transparentes onde eram nomeados e catalogados. A crosta foi amostrada através de martelo geológico, onde extraíram-se blocos de 10x10 cm.

2.3. Preparação das amostras

Ocorrida na Planta Piloto, do Centro de Tecnologia Mineral do Rio de Janeiro (CETEM-RJ), teve como objetivo preparar as amostras para as análises e testes de aplicabilidade. Com a necessidade da obtenção de uma granulometria inferior ao tamanho silte, realizaram-se procedimentos para separação/ diminuição do tamanho das partículas. A primeira etapa consistiu

na desagregação das amostras, através do rolo cerâmico e de moinhos do tipo dentado e disco, utilizados de acordo com a dureza do material a ser desagregado. Após essa etapa procedeu-se a separação granulométrica a úmido das argilas, onde separou-se as frações silte-argilosas das demais.

2.4. Análise Mineralógica

Este procedimento foi realizado no laboratório de análises mineralógicas do Departamento de Geociências da UFAM, no difratômetro de raio-X (DRX) modelo Shimadzu XRD-6000 (Figura 1), com radiação $\text{CoK}\alpha$, monocromador de grafite e operado a 40 kV e 25 mA. O método utilizado foi o do pó, onde todas as amostras devidamente pulverizadas foram homegeinizadas e quarteadas, separando-se ao final do processo 1,8 g. Estes foram depositados sobre uma lamina de alumínio e submetidos à análise, onde utilizou-se irradiações angulares entre 5° e 60° (2θ), com intervalo de $0,02^\circ 2\theta$ a cada minuto.



Figura 1: Difratômetro de raio-x, modelo Shimadzu XRD-6000.

2.5. Análise química

Foi realizada no laboratório de ensaios físico-químico localizado na Faculdade de Tecnologia da UFAM, através do método de fluorescência de raios-x. O equipamento utilizado foi a Panalytical modelo Epsilon 3-XL (Figura 2), que utiliza o método de energia dispersiva para determinação dos óxidos dos elementos maiores presentes nas amostras (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , CaO e K_2O). As amostras foram preparadas de maneira similar a análise mineralógica.



Figura 2: Espectômetro de raio X por energia dispersiva, modelo EPSILON 3XL

2.6. *Ensaio Colorimétricos*

Foi realizado no CETEM-RJ, no colorímetro Color touch 2 (Figura 3), sob ação de fonte iluminante D65 num ângulo de 2°. O CIELab (Commission Internationale de L'Eclairage) é um dos métodos mais utilizados em medidas colorimétricas e nele mede-se a intensidade de absorção na região visível obtendo-se os parâmetros L^* , referente à luminosidade que varia do negro (0) ao branco (100), a^* que é intensidade de cor vermelho(+)/verde(-) e b^* a intensidade de cor amarelo(+)/azul(-) (10) (SANTOS, 2006).



Figura 3: Colorímetro Color Touch 2 – Modelo ISO utilizado no CETEM-RJ.

2.7. *Ensaio de aplicabilidade*

Para elaboração de tinta foi utilizado um método desenvolvido pelo projeto Cores da terra da Universidade Federal de Viçosa, que utiliza como

materiais, água, poliacetato de vinila (PVA) e o pigmento, misturados em uma proporção 1:2:2, respectivamente (CARDOSO, 2006).

Primeiramente, dilui-se o pigmento em água na proporção supracitada, e quando se forma uma solução pastosa, adiciona-se a cola PVA. Mistura-se mais uma vez até que esteja num ponto homogêneo, gerando-se assim a tinta.

Para efeito de comparação entre as cores obtidas, estas foram adicionadas sobre uma tela de pintura de coloração branca. As tintas também foram utilizadas na pintura de uma residência.

3. Resultados e Discussões

3.1 Etapa de Campo

Foram selecionados ao todo dez pontos de amostragem, sendo três localizados na BR-174, dois na BR-319 e cinco na AM-270.

3.1.1 Formação Iça

No Km 124 da BR-319, encontra-se um perfil intempérico incompleto pertencente a Formação Iça, onde estão expostos, da base para o topo, o horizonte mosqueado de granulometria argilo-arenosa e coloração variando entre vermelho e branco e o solo areno-argiloso de coloração avermelhada. Neste ponto foi amostrado o horizonte mosqueado, sendo numerado como P1-1.

Na cidade do Castanho, a margem esquerda do Rio Castanho, encontra-se um afloramento de aproximadamente 8 metros, composto da base para o topo por um horizonte caulínítico de granulometria argilosa, um arenito ferruginoso, um horizonte mosqueado argilo-arenoso, o horizonte laterítico, desmantelado argilo-arenoso e o solo argilo-arenoso. Neste ponto foram amostrados o mosqueado, o arenito ferruginoso (amostra P2-2) e a crosta laterítica (Amostra P2-1).

No final da AM-270, no porto onde atraca a balsa de acesso a Autazes, aflora crosta ferruginosa de aproximadamente 1,70 m de espessura, apresentando orifícios de tamanhos variados chegando a 7 cm. Também encontram-se materiais argilosos e argilo-arenosos depositados pelo rio

Mamori, ricos em matéria orgânica. Foram amostradas as crostas lateríticas, amostra P7 Crosta e o material argiloso P6-2.

3.1.2. Formação Alter do Chão

No ponto 3, primeiro da AM-270, aflora um perfil intempérico incompleto composto da base para o topo pelos horizontes, desmantelado e solo, com contato irregular entre as litologias. O solo tem coloração amarelada e é predominantemente arenoso, enquanto o desmantelado apresenta fragmentos de crosta laterítica envoltos em uma matriz argilosa.

No Km 12 da BR-174, aflora um perfil intempérico da formação Alter do Chão, composto da base para o topo pela rocha mãe e solo orgânico. Neste ponto foi amostrada apenas a rocha mãe, em duas camadas, uma areno-argilosa amarela (amostra P8-1) e outra argilosa de coloração avermelhada, amostra P8-2.

No Km 45 da BR-174, o ponto 9, aflora um perfil intempérico composto da base para o topo por um material argiloso avermelhado, argiloso esbranquiçado com um nível mais argiloso e outro mais arenoso, um solo amarelado e por último um solo orgânico escurecido. Foi amostrada a mistura entre o esbranquiçado e o avermelhado, gerando um tom creme, amostra P-9, retirado as margens do Igarapé Cabeça Branca.

3.1.3. Formação Prosperança

No km 112 da BR-174, aflora perfil laterítico imaturo pertencente a Formação Prosperança, onde o saprólito tem coloração variada, contendo bolsões argilosos de coloração roxo escuro, são envoltos em matriz caulinitica esbranquiçada. Também havia uma fina camada endurecida, solo amarelado e orgânico. Foram amostradas a argila roxa (Amostra P10) e a camada endurecida (P10-C).



Figura 4: A – Ponto 1: Horizonte mosqueado com textura argilosa. B - Variação colorimétrica encontrada em afloramento da Formação Prosperança. C – Interface dos horizontes do solo e desmantelado. D – Crosta Laterítica. E - Visão geral do afloramento Formação Alter do Chão. H – Depósito aluvial Igarapé Cabeça Branca. I- Visão geral do afloramento da Formação

Prosperança. J – Argilas depósito aluvial. K – Arenito Ferruginoso. L – Visão geral do afloramento da Formação Prosperança.

3.2. Dados do beneficiamento

Os dados obtidos no beneficiamento giram em torno do aproveitamento geral que é possível obter a partir das amostras, ao serem beneficiadas, como é possível notar na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1 – Dados da pesagem realizada pré e pós-beneficiamento.

Amostra	Tipo de amostra	Pré-beneficiamento (g)	Pós-beneficiamento (g)	Aproveitamento %
P1-1	Argilo-arenosa	1228,99	987,65	80,36
P2-1	Arenito	2756,15	2713,43	98,45
P2-2	Crosta	3224,76	3112,24	96,51
P6-2	Crosta	1166,88	1050,45	90,02
P7	Crosta	1545	1475,89	95,53
P8-1	Areno-argilosa	1248,8	467,91	37,47
P8-2	Argilo-arenosa	765,86	666,52	87,03
P9	Argilo-arenosa	221,06	123,08	55,68
P10	Argilo-arenosa	1893,65	1734,65	91,6
P10-C	Crosta	436,2	410,42	94,09

3.3. Análise Mineralógica DRX

Foram gerados ao todo 10 difratogramas, sendo possível identificar 8 minerais distintos nas amostras. Tais gráficos foram agrupados por tipo de material, visando facilitar a interpretação e correlação entre as amostras. Destaca-se que os gráficos são compostos por 2 eixos, sendo o eixo 2 θ representante do ângulo que houve reposta da amostra e o eixo Intensidade (C.P.S.) responsável por mostrar quando contagem por segundos foram feitas em determinado ângulo, representando assim a intensidade atingida.

3.3.1 - Argilas

As amostras de argilas têm como argilomineral comum a Caulinita, onde a P1 (Gráfico 1) e a P8-1 (Gráfico 4) são compostas por Caulinita,

Hematita e Quartzo, a P6-2 (Gráfico 2) é composta por Montmolironita, Caulinita, Quartzo, Illita e Anatásio, a P9 (Gráfico 3) é composta por Caulinita e Hematita, a P8-2 (Gráfico 5) é composta por Caulinita, Quartzo, Hematita, Illita e Goethita e a P10 (Gráfico 6) é composta por Caulinita, Muscovita, Hematita, Illita e Anatásio.

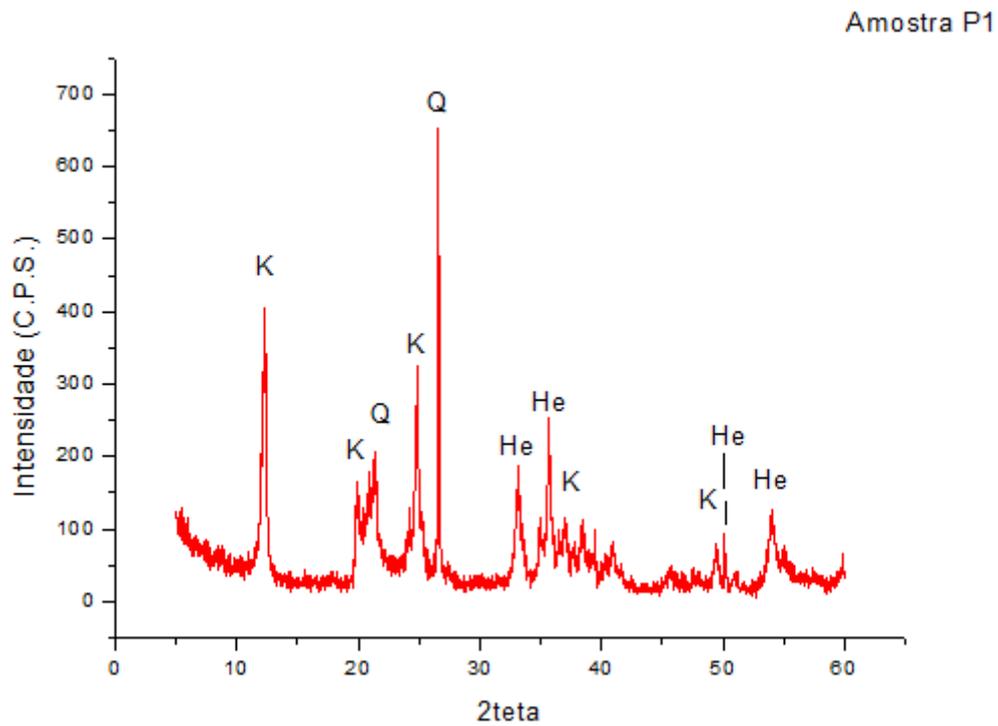


Gráfico 1 - Difratograma da Amostra P1. K-Caulinita; Q -Quartzo, He - Hematita

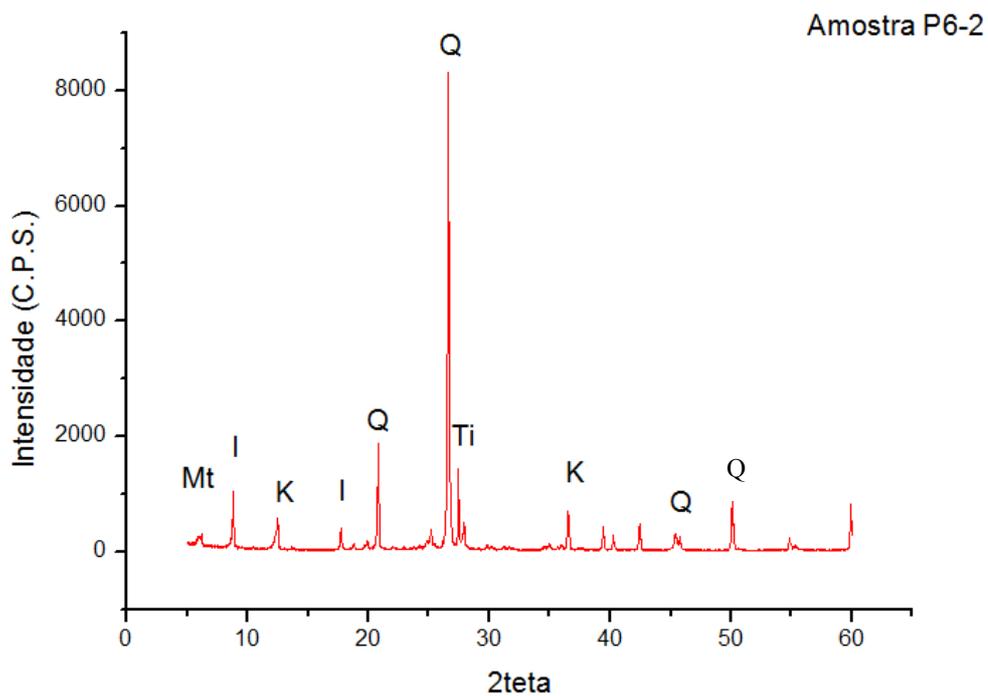


Gráfico 2 - Difratoograma da Amostra P6-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, I – Illita, Mt – Montmolironita, Ti – Anatásio.

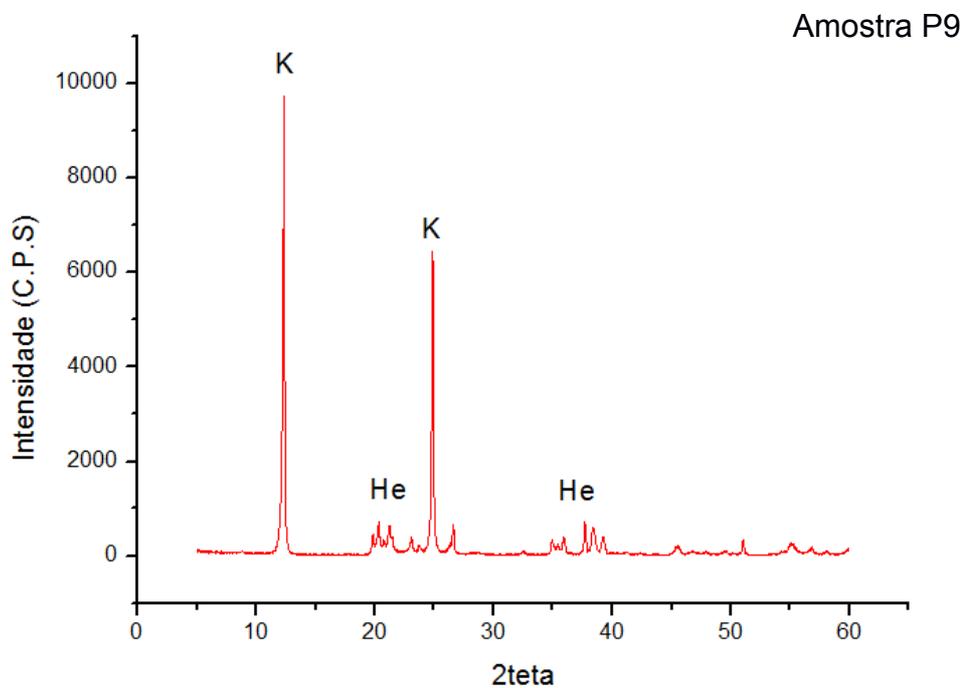


Gráfico 3 - Difratoograma da Amostra P8-1. K-Caulinita; He - Hematita

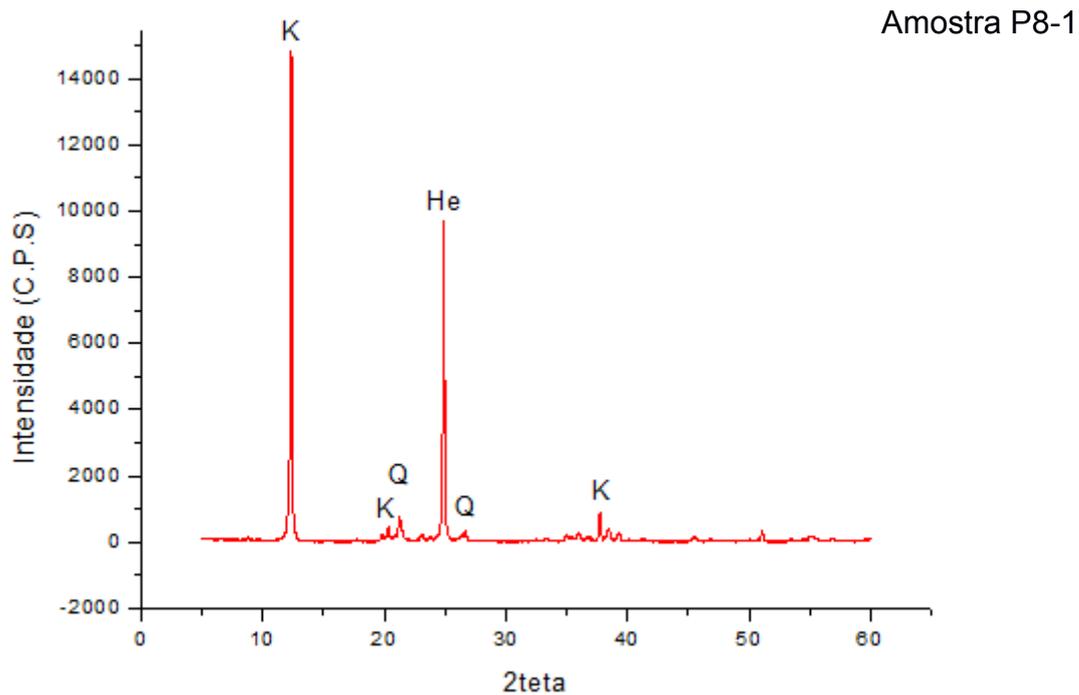


Gráfico 4 - Difratoograma da Amostra P8-1. K-Caulinita; Q -Quartzo, He - Hematita

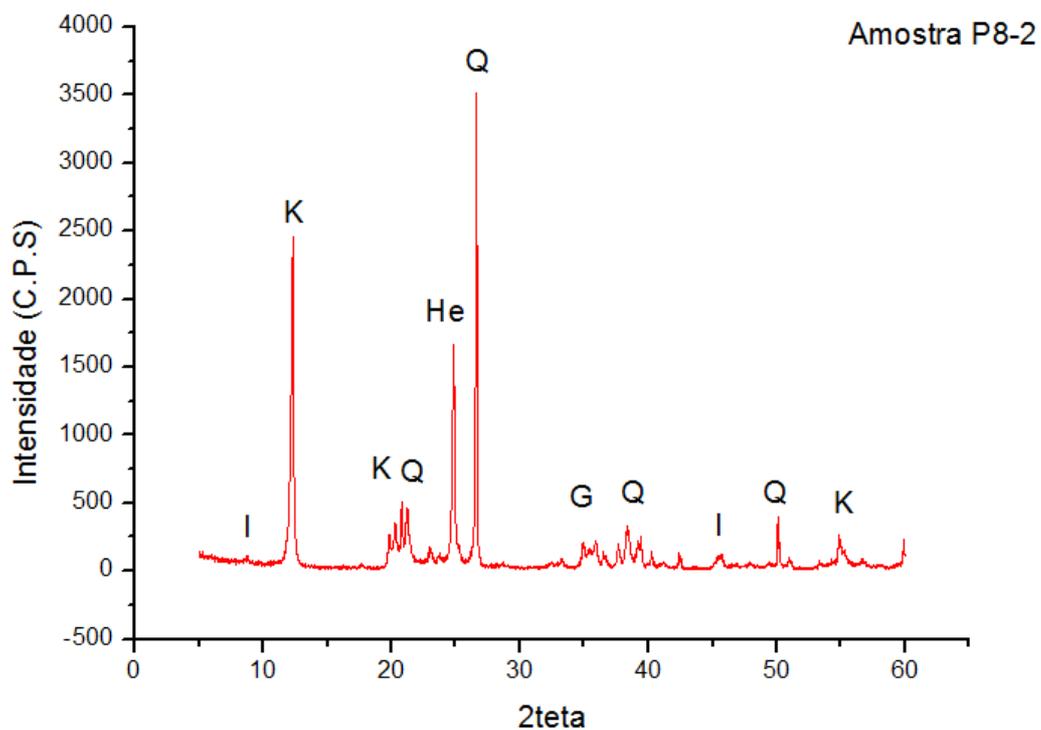


Gráfico 5 - Difratoograma da Amostra P8-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, He - Hematita, I - Illita, G - Goethita.

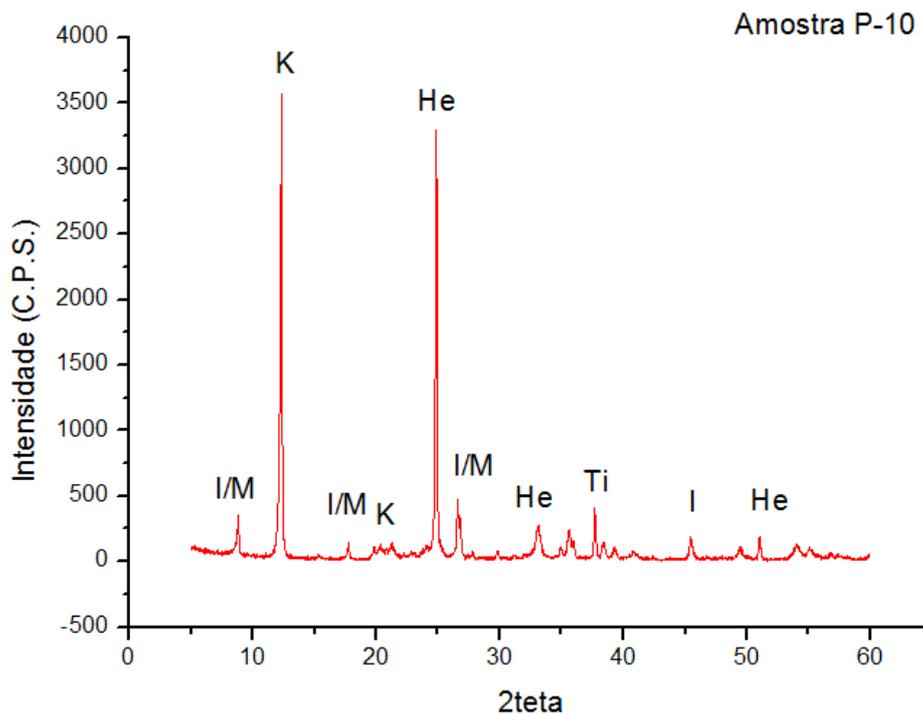


Gráfico 6 - Difratograma da Amostra P 10. K-Caulinita; M- Muscovita, He – Hematita, I – Illita, Ti – Anatásio.

3.3.2. *Materiais endurecidos.*

Nas crostas é possível notar a presença de Quartzo, Hematita e Goethita de acordo com os difratogramas das amostras de P2-1 (Gráfico 7) e P7 (Gráfico 8). Enquanto na camada endurecida do Prosperança (P10-C) (Gráfico 10) e no Arenito (P2-2) (Gráfico 9) há uma variedade maior de minerais, sendo que o Arenito é composto por Quartzo, Hematita, Goethita e Anatásio e o Paleossolo é composto por Caulinita, Muscovita, Goethita, Illita e Quartzo.

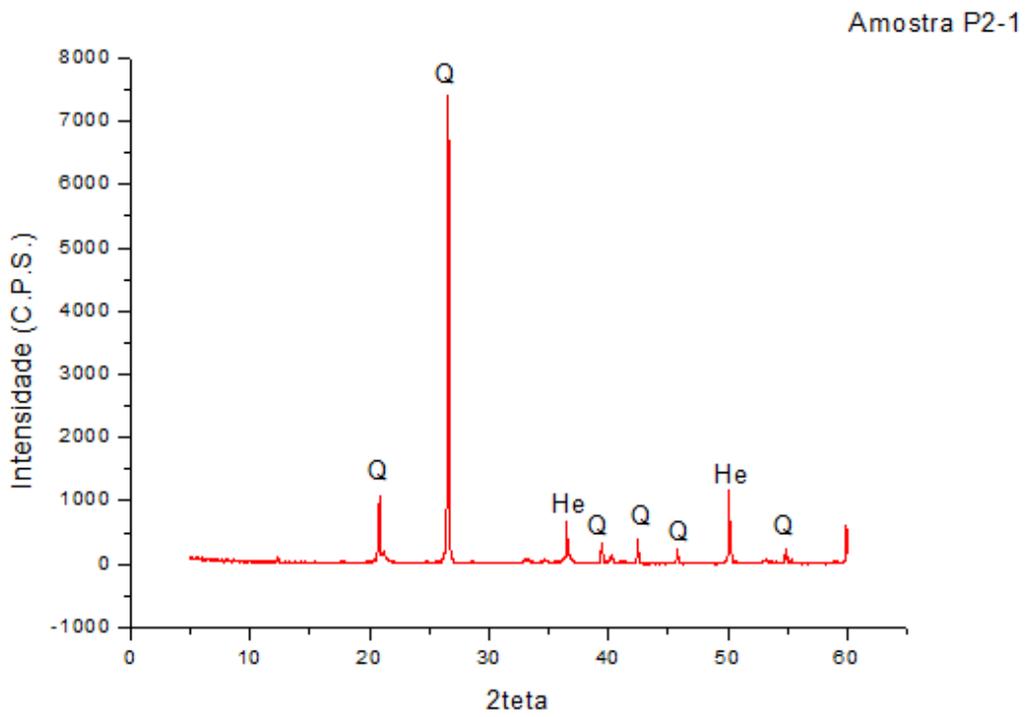


Gráfico 7 - Difratoograma da Amostra P2-1. Q -Quartzo, He - Hematita

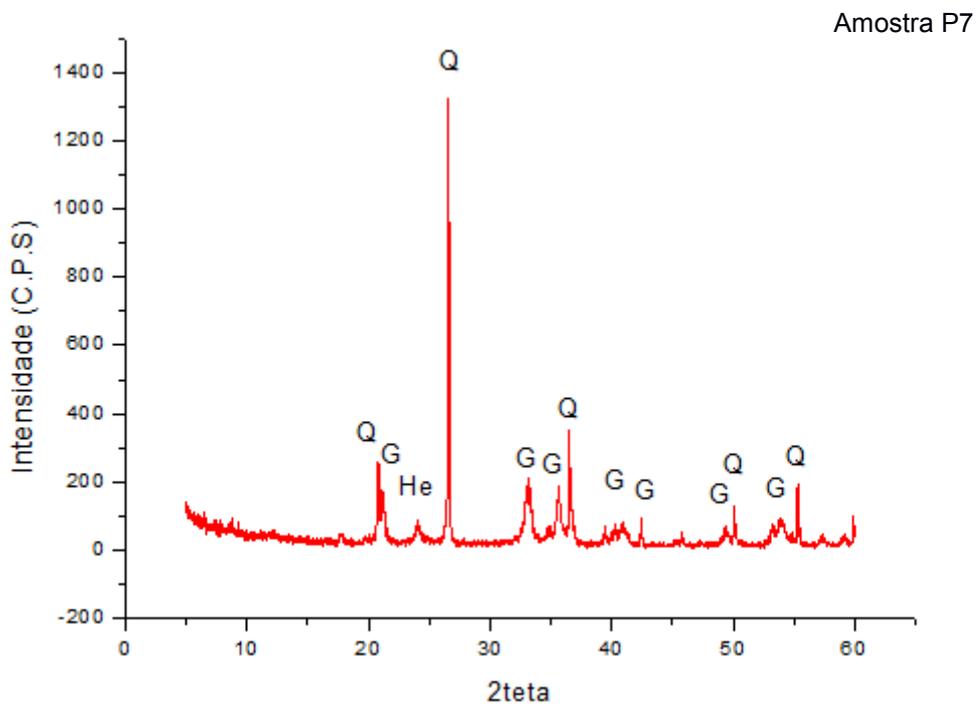


Gráfico 8 - Difratoograma da Amostra P7. G- Goethita; Q -Quartzo, He – Hematita

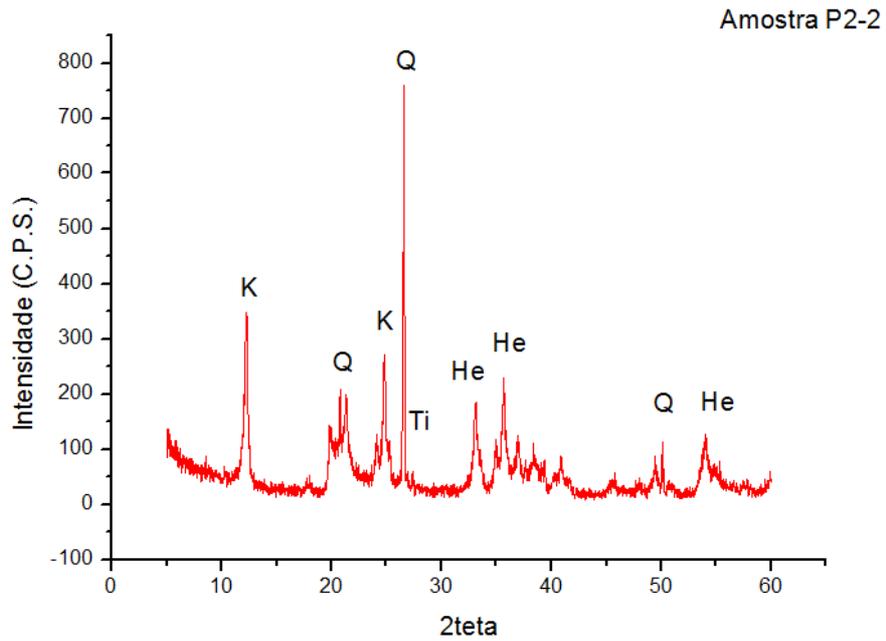


Gráfico 9 - Difratoograma da Amostra P2-2. K-Caulinita; Q -Quartzo, He – Hematita, Ti – Anatásio

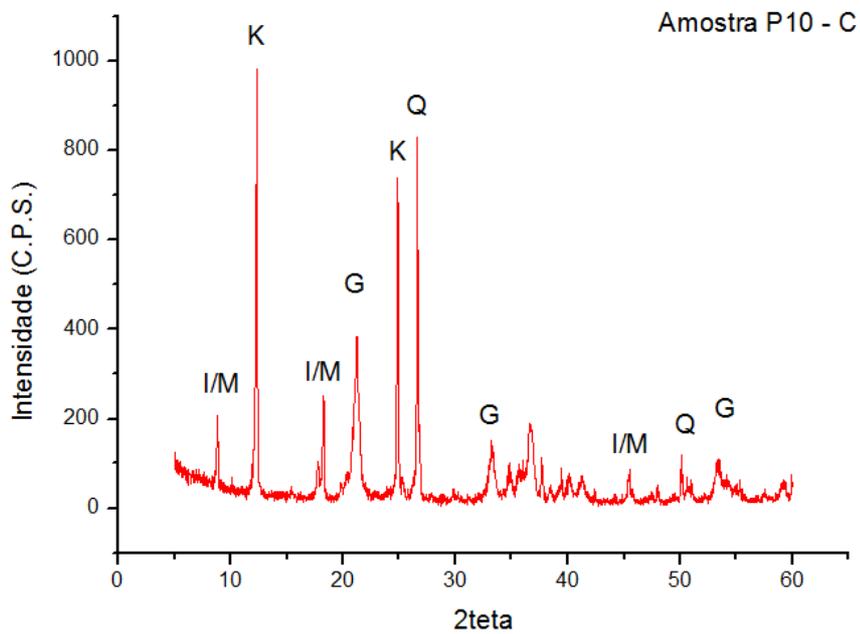


Gráfico 10 - Difratoograma da Amostra P 10-C. K-Caulinita; M- Muscovita, G – Goethita, I – Illita, Q – Quartzo.

3.4. Análise Química

Os dados obtidos na análise de FRX foram agrupados na tabela (Tabela 2), sendo selecionados apenas os elementos maiores na forma óxido.

Tabela 2 – Dados da FRX das amostras.

Amostras	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃
P1	30,637	56,117	0,426	3,087	-----	0,327	8,151
P2-1	4,878	68,401	1,881	0,069	0,125	-----	24,195
P2-2	29,294	34,585	0,479	0,323	0,14	-----	33,725
P6-2	18,91	64,31	0,572	4,12	0,559	1,243	9,167
P7	5,835	32,825	0,553	0,422	0,107	-----	59,737
P8-2	36,328	48,895	0,45	0,429	0,111	-----	12,757
P8-1	38,667	46,471	0,447	0,226	0,119	-----	13,34
P9	42,989	54,364	0,447	0,308	0,136	-----	1,237
P10	27,783	33,33	0,831	1,874	0,157	0,244	34,253
P10-C	15,786	20,961	1,129	0,711	0,098	-----	59,868

3.5. Análise Colorimétrica

Os dados obtidos através da análise colorimétrica foram organizados através dos índices L, a e b, conforme tabela abaixo.

Tabela 3: Índices colorimétricos.

Amostra	L*	a*	b*
P1	70,78	13,08	18,38
P2-1	53,28	18,11	39,43
P2-2	52,60	20,21	19,95
P6-2	58,52	4,62	18,60
P7	39,61	24,79	28,05
P8-1	79,78	10,18	37,18

P8-2	66,01	18,76	22,19
P9	89,64	3,95	9,33
P10	48,62	11,95	13,38
P10-C	53,78	16,62	34,09

Todas as amostras são opacas, com boa luminosidade e variam positivamente nos eixos a e b, tendendo respectivamente ao vermelho e ao amarelo, gerando cores intermediárias a esses eixos.

3.6. Aplicabilidade

3.6.1. Tintas

Foram elaboradas tintas com o material proveniente das argilas e das crostas, essas tintas para sua melhor textura e homogeneidade teve sua formulação modificada de acordo com o material.

A proporção comumente usada para os solos segundo CARDOSO (2015) é de 1:2:2, de PVA, “Terra” e Água, respectivamente. Tal proporção foi utilizada na elaboração de tintas a partir da argila com resultados satisfatórios, já que na elaboração de tintas a partir das crostas, estas apresentaram baixa viscosidade.



Figura 5: A – Aplicação da tinta. B – Tinta aplicada. C – Comparação das tintas e a coloração obtida a partir dos materiais.

4. Discussão

Para a discussão dos dados obtidos, foram estes agrupados, na tabela 4, possibilitando a correlação entre eles.

O autor LEITE *et al.* (2016), afirma que a separação granulométrica é uma etapa de grande importância, pois a seleção do material utilizado como pigmento resulta em uma tinta de boa qualidade, pois partículas de menor granulometria (argila) possuem maior aderência, resultando em uma tinta mais resistente e duradoura.

CAMPOS APUD FONTES *et.al.*, (2013) afirma que os solos que contêm maior porcentagem de silte são ainda mais adequados do que os que contêm argila em maior quantidade, pois o primeiro apresenta melhores propriedades de viscosidade. As tintas produzidas com solos argilosos apresentam problemas de espalhamento, enquanto as produzidas com solos siltosos apresentam melhores resultados nas etapas de preparação e aplicação e maior durabilidade.

Nota-se primeiramente em relação ao aproveitamento, que as amostras moídas, ou seja, os materiais endurecidos tem um aproveitamento maior, já que independem do seu tamanho granulométrico, enquanto as amostras argilosas e argilo-arenosas têm um aproveitamento menor, já que parte do material com tamanho areia ou maior, fica retido na malha granulométrica de 44 μm .

Entre as amostras destacou-se negativamente a amostra P8-1, devido a sua alta quantidade de partículas do tamanho areia e positivamente a P6-2 e a P-10 com aproveitamentos superiores a 90%, mostrando assim que argilas com boa seleção têm um aproveitamento melhor

Como não houve a distinção entre as partículas silte e argila, não pode-se afirmar qual dos dois tamanhos rende tintas com melhor espalhamento, ou aderência, porém a mineralogia também pode influir nos resultados encontrados, pois dependendo do tipo de argilomineral presente no solo/argila pode gerar uma tinta mais viscosa ou menos viscosa.

. Em relação a análise química nota-se que a quantidade Al, Fe e Si, são as maiores em todas as amostras, tendo algumas com bons índices em K e Mg como a P1 e a P6-2. Isso esta relacionado diretamente a mineralogia já

que maior parte das amostras é formada por argilominerais e óxidos de ferro. Realizou-se uma relação Fe/Al, para tentar correlacionar esta proporção com a coloração da amostra.

A relação mostrou valores altos nas amostras provenientes das crostas onde o ferro predomina sobre o alumínio, nas amostras argilosas ocorre o contrário, onde o alumínio predomina sobre o ferro. A única amostra de argila onde a quantidade Fe_2O_3 é alta, fazendo com que a relação aproxima-se do valor 1, é a P10, o que pode ser o fator ocasionar de sua coloração roxa, junto com a sua baixa luminosidade, causada devido a menor quantidade de Caulinita.

Outra relação importante observada é que as amostras que contem Caulinita tem um alto índice de luminosidade, e quanto menor a sua assembléia mineralógica e maior a proporção de caulinita perante os outros minerais, como é o caso da amostra P9 que é apenas composta por Caulinita e Hematita, maior o índice. Desta forma podemos afirmar que a quantidade de Caulinita pode influir na tonalidade da amostra como visto na P10.

A amostra P6-2 por ser de origem aluvial, diferiu-se das demais amostras argilosas por apresentar argilominerais, como Montmorillonita e Illita, que não estão presentes nas outras argilas, além disso a quantidade de Fe, é muito baixa e a de sílica muito alta, o que pode explicar sua intensidade no eixo a^* (vermelho) tão baixa, diferindo-se das demais amostras no aspecto visual, gerando a cor marrom.

A presença de argilominerais e ausência destes geram diferença na viscosidade dos produtos obtidos, onde necessitou-se alterar a proporção da fórmula original a ser utilizada para confecção de tintas, já que devido à expansão que esses minerais sofrem quando estão em contato com a água, faz com que as tintas sejam mais viscosas, enquanto a crosta que não contém ou tem uma quantidade reduzidas desses argilominerais, apenas dilui-se no meio aquoso, gerando tintas menos viscosas.

Desta forma, é importante ressaltar que a argila, “rende mais”, já que é necessária uma menor quantidade de material para fazer o mesmo volume de tinta que uma crosta. A vantagem da crosta é a textura que se pode obter a partir deste material, tornando assim um material diferenciado em relação ao tato e ao visual. Há diferença também na homogeneidade obtida na pintura e

na dispersão, sendo necessária a reaplicação quando se trata de tintas obtidas a partir de materiais endurecidos (Crostas Ferruginosas, Arenitos Ferruginosos e o Paleosolo) e com baixa quantidade de caulinita como é o caso da argila aluvial.

Considerou-se tais tintas ecologicamente correta, já que sua produção não gera resíduos, além do mais os pigmentos inorgânicos são naturais, segundo SILVA (2010) as tintas imobiliárias normalmente encontradas no mercado são utilizados os mais variados tipos de pigmentos que podem ser naturais ou sintéticos sendo que vários destes pigmentos podem ser muito prejudiciais ao meio ambiente por possuírem em sua composição metais pesados.

O principal problema ambiental relacionado aos corantes é que, quando descartados inadequadamente em ambientes aquáticos, ocorre diminuição da transparência da água, o que dificulta a penetração da radiação solar. Assim sendo, esses rejeitos coloridos diminuem a atividade fotossintética e provocam distúrbios na solubilidade dos gases, causando danos nas guelras e brânquias dos organismos aquáticos, além de perturbar seus locais de desova e refúgio (BARCELOS, 2009).

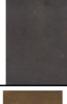
LEITE *et al.* (2016) realizou também avaliação do solvente, onde comparou-se o solvente empregado na tinta à base de solo, a água, com os solventes normalmente utilizados nas tintas imobiliárias comerciais, os solventes orgânicos. Esta comparação pode ser realizada de forma bem simples, pois tendo a água como solvente universal, ela não causa qualquer prejuízo ao homem nem ao meio ambiente. Por outro lado, os solventes orgânicos empregados em tintas comerciais, tais como hidrocarbonetos, álcoois, acetatos, cetonas e ésteres podem trazer inúmeros prejuízos ao meio ambiente tanto na sua obtenção quanto no tratamento inadequado dos seus rejeitos.

Com relação a resina, utilizou-se o PVA, porém como se sabe já estão sendo desenvolvidos para utilização de polvilho azedo, ou goma de tapioca, o que tornaria a tinta biodegradável.

LEITE *et al.* (2016), estimou também o valor de 12,07 para gasto com materiais prima para produção de 18 litros de tintas. Em comparação a três

marcas comercializadas chamadas de X, Y e Z pelo autor, é de no mínimo 90 reais como pode ser visto na tabela a seguir.

Tabela 4: Tabela comparativa entre os dados obtidos para as amostras.

Amostras	Aproveitamento %	Mineralogia	Análise Química								Colorimetria			Tintas
			Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Relação Fe/Al	L*	a*	b*	
P1	80,36	Caulinita, Quartzo e Hematita	30,637	56,117	0,426	3,087	-----	0,327	8,151	0,189606644	70,8	13,08	18,38	
P2-1	98,45	Quartzo e Hematita	4,878	68,401	1,881	0,069	0,125	-----	24,195	4,9600246	53,3	18,11	39,43	
P2-2	96,51	Caulinita, Quartzo, Hematita e Anatásio	29,294	34,585	0,479	0,323	0,14	-----	33,725	1,151259644	52,6	20,21	19,95	
P6-2	90,02	Caulinita, Quartzo, Illita, Montmorilonita e Anatásio.	18,91	64,31	0,572	4,12	0,559	1,243	9,167	0,484769963	58,5	4,62	18,6	
P7	95,53	Goethita, Quartzo e Hematita	5,835	32,825	0,553	0,422	0,107	-----	59,737	10,23770351	39,6	24,79	28,05	
P8-1	37,47	Caulinita, Quartzo e Hematita	36,328	48,895	0,45	0,429	0,111	-----	12,757	0,351161638	79,8	10,18	37,18	
P8-2	87,03	Caulinita, Quartzo, Hematita, Illita e Goethita.	38,667	46,471	0,447	0,226	0,119	-----	13,34	0,344997026	66	18,76	22,19	
P9	55,68	Caulinita e Hematita.	42,989	54,364	0,447	0,308	0,136	-----	1,237	0,028774803	89,6	3,95	9,33	
P10	91,6	Caulinita, Muscovita, Hematita, Illita e Anatásio.	27,783	33,33	0,831	1,874	0,157	0,244	34,253	1,232876219	48,6	11,95	13,38	
P10-C	94,09	Caulinita, Muscovita, Goethita, Illita e Quartzo.	15,786	20,961	1,129	0,711	0,098	-----	59,868	3,792474344	53,8	16,62	34,09	

5. Conclusão

Com a realização desta pesquisa nota-se que a porção nordeste do Estado do Amazonas, pode ser uma potencial fornecedora de material pigmentante, para a indústria de tintas, encontrando-se nesta região pigmentos com cores que variam de branco a roxo, devido a sua composição química e mineralógica.

As argilas aceitam bem a formula utilizada na técnica do barreamento, onde a proporção ideal é de 1:2:2 para produção das tintas é de uma medida de resina (cola branca ou grude que são de mais fácil obtenção), para duas medidas de terra e duas medidas de água (CARDOSO, 2015), gerando tintas de boa qualidade, como obtiveram-se neste trabalho, a novidade porém parte da utilização da Crosta Ferruginosa, que não era utilizada como alternativa de pigmentos para essa técnica. Mesmo não rendendo como a argila, sendo necessária a alteração da fórmula para 1:2:1, diminuindo-se a proporção de água, sua utilização é possível não só no Brasil e na região amazônica, como em todos os países tropicais onde são abundantes e não tem em grande partes deles uma destinação, podendo assim servir de matéria-prima barata para elaboração de tintas.

Constatou-se que a caulinita é responsável pela luminosidade e consequentemente a tonalidade das cores, enquanto o óxido de ferro é responsável pela coloração pela migração para o campo do vermelho no eixo a.

Atualmente pode-se afirmar que tais materiais podem ser utilizados como tecnologia social, pintando edificações das comunidades próximas as áreas onde afloram, sendo assim uma alternativa barata a tintas comercializadas. São também alternativas ecologicamente corretas a partir do momento que o pigmento e o solvente não impactam a natureza da mesma forma que as tintas industrializadas derivadas de subprodutos do petróleo impactam. Sugere-se o estudo da viabilidade da substituição da resina PVA por produtos regionais, biodegradáveis e ecologicamente corretos.

Visando a industrialização sugiro estudos voltados a aplicação de técnicas mais modernas de geração de tintas e também um estudo de

viabilidade econômica, estrutural e técnica da instalação de indústrias extratoras de pigmentos, aumentando assim o leque de oportunidades industriais para o polo Manauara. Também a realização de novos estudos na bacia amazônica visando encontrar outras fontes de matéria-prima com novas cores a serem aproveitadas.

6. Referências

ABRAFATI. Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. Disponível em: <https://www.abrafati.com.br/indicadores-do-mercado/numeros-do-setor/>.

Acesso: em 15 de Março 2018.

BARCELOS, I. O. Remoção de cor de soluções corantes reativos com cinzas de casca de arroz. *Dynamis revista tecno-científica*, 2009.

CARDOSO, F. P. Desenvolvimento de processos de produção e avaliação do desempenho de tintas para a construção civil manufaturadas com pigmentos de solos/ Fernanda de Paula Cardoso. – Viçosa, MG, 2015.

CONSELHO REGIONAL DE QUÍMICA IV REGIÃO. **Corantes e Pigmentos**. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.crq4.org.br/quimicaviva_corantespigmentos. Acesso em 11 de jan. 2016.

COSTA, M. L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. **Revista Brasileira de Geociências**, Curitiba, v. 21, n. 2, p. 146-160, 1991.

D'ANTONA R. de J.G., REIS N. J., ARAÚJO I. de B., MAIA, M.A.M., ROSA S.F., NAVA, D.B. Projeto Materiais de Construção da Área de Manacapuru – Iranduba – Manaus – Careiro (Domínio Baixo Solimões). CPRM-Serviço Geológico do Brasil. Manaus, 2006.

KOOGAN HOUAISS. **Enciclopédia e Dicionário digital**, 3 Cds, Editora Delta, 2007. Positivo informática.

LEITE, L. V., PACHECO, R. C., ANTUNES, W. L. Avaliação do Processo de Produção de Tintas à Base de Argila. *Revista de Engenharias da Faculdade Salesiana*, 2016.

PEREIRA, A. R. P.; SILVA, M. J. de S. F. da; OLIVEIRA, J. A. dos S.. Análise química de pigmentos minerais naturais de Itabirito (MG). **Cerâmica**, São Paulo, v.53, n.325, p.35-41, Mar. 2007.

SEPLAN-CTI. Perfil da Região Metropolitana de Manaus, 2015. Link: <http://www.seplancti.am.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/Perfil-da-Regiao-Metropolitana-da-Manaus.pdf>. 2016.

SILVA, S. A. B. Estudo para a utilização dos argilominerais das jazidas de gipsita do Araripe PE para a produção de pigmentos naturais/ Sheila Alves Bezerra da Silva – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Pernambuco. CCEN. Química Fundamental, 2008.

SILVA, Q. V. Análise da Aplicação de Ferramentas de P+L em uma Empresa De Tintas Imobiliárias. Trabalho submetido ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UNISINOS. São Leopoldo, 2010.

SRMM – SECRETARIA DE ESTADO DESENVOLVIEMTNO DA REGIÃO METROPOLITANA DE MANAUS. <http://www.srmm.am.gov.br/institucional/a-instituicao/>. Acesso em : 21/04/2018.