



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

CURSO DE QUÍMICA INDUSTRIAL

**RAMON AUGUSTO PORTO BERANGER VIEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE AVALIAÇÃO DE ANÁLISES DE SOLO PARA  
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ADOBE**

CAMPINA GRANDE - PB

2016

**RAMON AUGUSTO PORTO BERANGER VIEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE AVALIAÇÃO DE ANÁLISES DE SOLO PARA  
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ADOBE**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Químico Industrial.

Orientadora: Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima

CAMPINA GRANDE - PB

2016

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

V658d Vieira, Ramon Augusto Porto Beranger.

Desenvolvimento de avaliação de análises de solo para fabricação de tijolos adobe [manuscrito] / Ramon Augusto Porto Beranger Vieira. - 2016.

72 p. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2016.

"Orientação: Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental".

1. Tijolo adobe. 2. Tijolo - Fabricação. 3. Solo. 4. Análise de solo. I. Título.

21. ed. CDD 693.22

**RAMON AUGUSTO PORTO BERANGER VIEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE AVALIAÇÃO DE ANÁLISES DE SOLO PARA  
FABRICAÇÃO DE TIJOLOS ADOBE**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), ao Departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba como exigência para obtenção do título de Químico Industrial.

Aprovada em: 31 / 10 /2016.

Nota: 9,7 ( nove vírgula sete )

**BANCA AVALIADORA**

Lígia Maria Ribeiro Lima

Profa. Dra. Lígia Maria Ribeiro Lima - DESA/UEPB  
(Orientadora)

Vera

Prof. Dra. Vera Lúcia Meira de Moraes Silva – DQ/UEPB  
(Examinadora)

José Carlos Aguiar da Silva

Engº. Dr. José Carlos Aguiar da Silva – EMBRAPA/Algodão  
(Examinador)

CAMPINA GRANDE - PB

2016

## DEDICATÓRIA

Dedico essa bomba chiando a todos que ajudaram ou atrapalharam minha vida, pois o importante é participar.

*“Afinal, o que seria da igreja se não existisse Satanás?”*

von Fritzen, Guri. (2016)

## AGRADECIMENTOS

Venho por meio dessas singelas palavras fazer meus sinceros agradecimentos a todos que participaram ativamente e de forma positiva na minha evolução profissional, acadêmica e pessoal.

Antes de tudo, agradeço aos meus pais, Hosana e Renato, por construir o senso crítico e fazer uso da dúvida e busca por conhecimento principalmente no dia-a-dia, o que tornou minha vida mais científica e muito mais simples. A minha mãe, por ser pedagoga e aplicar seus conhecimentos profissionais também em casa, mostrando que todos merecem ter acesso ao conhecimento, pois ninguém é melhor que o outro. A meu pai, pelo incentivo prático e aplicações construtivas, mostrando que a vida é um Laboratório de Engenharia Orientada à Gambiarra, projetando e construindo qualquer coisa, por mais que parecesse impraticável.

Agradeço a Isadora Vasconcelos, por me ajudar em todas as etapas desse ~~encosto~~ TCC, sempre acreditando no meu potencial, incentivando e ajudando diretamente, com muita paciência. Agradeço a ela também por ajudar a desenvolver minhas ideias e apresentar-me à Professora Cleone Souza, minha “co-orientadora”, que, mesmo informalmente, foi peça fundamental no ensino das metodologias do design para que pudéssemos aplicar às análises químicas, mostrando que sempre precisamos ser interdisciplinares para promover a inovação tecnológica.

Gratifico minha honrada, estimada, magnânima e querida orientadora Lígia Ribeiro, que sabe encontrar o potencial dos alunos e cultivá-los, até mesmo quando nós não nos damos o devido valor. Pela paciência por meus sumiços e aparente incoerência das minhas ideias, mas que sempre acreditou que poderiam servir pra alguma coisa, e servem.

E, por fim, agradeço todas as boas alminhas sebosas que participam ou participaram da minha vida, tomando cana e “fazendo vários nadas”, aparentemente sem futuro, mas que muitas vezes foram o ponto de partida para ótimos projetos.

Obrigado.

De nada.

A criatividade e interdisciplinaridade são as chaves  
para nunca precisar competir com ninguém.

## RESUMO

Ao promover o resgate e aperfeiçoamento tecnológico de antigas técnicas construtivas, o tijolo adobe, estanca-se esse desenvolvimento pela dificuldade em estabelecer-se quais análises laboratoriais da matéria-prima – o solo, ou simplesmente *terra* – que possam proporcionar dados concisos, práticos e úteis para prever a qualidade do produto final: o tijolo. O presente trabalho tem como principal objetivo elaborar um método de avaliação de relevância dessas análises de solo focando nas necessidades e limitações de recursos disponíveis ao usuário: o analista. O método desenvolvido baseia-se na adaptação dos métodos de desenvolvimento de projetos de produtos de design, estudados por Gustavo Amarante Bomfim e Guy Bonsiepe, de forma que se estabeleçam critérios desejáveis ao analista, subdividindo-os em critérios menores e estabelecendo níveis, cujo valor mais alto é quando a análise atinge as características desejadas pelo avaliador. A validação se deu por comparação entre quais análises foram mais citadas em outros trabalhos da área e seus respectivos níveis atingidos na avaliação elaborada.

**Palavras-chave:** Tijolo adobe. Tijolo – Fabricação. Solo. Análise de solo.

## **ABSTRACT**

On the way to encourage the rescue and technological improvement of ancient techniques of construction – the adobe – may get stuck during this development because of the difficulty in establishing which laboratory analysis of the raw material – soil (earth) - could provide concise, practical and useful data to predict quality of the brick. The main objective of this paper is to develop a method to evaluate the relevance of soil analysis, focusing on the analyst's needs. The method was developed by adapting the methods of development of projects for design product, studied by Gustavo Amarante Bomfim and Guy Bonsiepe, in order to establish criterias based on the needs of the analyst, subdividing these criterias into smaller ones and setting levels; higher levels mean that the analisys reaches the characteristics desired by the analyst. The method was validated by comparing which analisys were most frequently cited in other works of the area and their respective levels achieved in the evaluation elaborated.

**Keywords:** Adobe brick. Brick manufacturing. Soil. Soil analysis.

## SUMÁRIO

RESUMO.....	6
ABSTRACT.....	7
1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 CONSTRUÇÕES EM TERRA CRUA.....	12
2.1.1 Solo para Construção (terra).....	18
2.1.1.1 Interações físicas e químicas entre as partículas do solo.....	20
2.1.1.2 Análises de solo.....	22
2.1.2 Adobe.....	23
2.2 METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE DESIGN... 27	
3 METODOLOGIA.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1 ANÁLISES DO GRUPO D.....	40
4.2 ANÁLISES DO GRUPO I.....	42
4.3 ANÁLISES DO GRUPO G.....	44
4.4 ANÁLISES DO GRUPO C.....	46
4.5 VALIDAÇÃO DO MÉTODO.....	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
6 PERSPECTIVAS.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A – Detalhamento das avaliações das análises por grupo (D, I, G, C)... 56	
Análises do Grupo D.....	56

<u>Análises do Grupo I.....</u>	<u>60</u>
<u>Análises do Grupo G.....</u>	<u>65</u>
<u>Análises do Grupo C.....</u>	<u>70</u>
<u>APÊNDICE B – Detalhamento da obtenção do histograma das citações das análises em outros trabalhos.....</u>	<u>72</u>

## 1 INTRODUÇÃO

A escassez de roteiros e fluxogramas sistemáticos e padronizados para análises focadas na cadeia produtiva do tijolo adobe é um fator que dificulta otimizar sua produção e limita a sua qualidade, em qualquer escala. Essa falta de padronização ou, sequer, organização mais clara e objetiva das análises necessárias dificultam o *feedback* de informações e consequente evolução do processo como um todo, ao contrário do que ocorre nas cadeias produtivas do aço e do concreto armado, por exemplo, padronizados pelas normas ISO e NBR (SINDICATO..., 2015). O que há atualmente são roteiros muito simples e de baixa precisão ou apenas análises mais elaboradas adaptadas de outras áreas, principalmente da Ciência dos Materiais, Engenharia Civil e Agronomia, mas que dão resultados aparentemente fragmentados ou pouco relacionáveis com os de técnicas mais rudimentares. Outro fator limitante é que muitos dos roteiros são destinados a regiões específicas (BRAGA, 2003), demandando conhecimento prévio, muitas vezes popular endêmico, dificultando a aplicação em outras regiões.

Existem muitos tipos de testes expeditos e análises de solo que podem nos fornecer resultados úteis à fabricação de tijolos adobe (NEVES *et al.*, 2005), porém, é pouco provável que todas essas análises estejam acessíveis no que se diz respeito aos recursos materiais e financeiro, por exemplo. Há uma grande dificuldade em se estabelecer quais análises ou testes são mais ou menos relevantes, para cada contexto de recursos disponíveis. Mesmo para trabalhos acadêmicos avançados, torna-se difícil avaliar se os métodos, análises e dados citados por outros autores estão bem estruturados e válidos, já que não há padronização, e sim, apenas adaptação dos métodos de outras áreas. Dentre os trabalhos analisados, somente dois – Neves *et al.* (2005) e Achenza (2008) – apresentaram justificativas referentes às análises citadas, não sendo recorrente, em outros trabalhos, a discussão da utilidade das análises indicadas por eles. Nenhum autor promoveu a discussão sobre estabelecer quais análises são mais relevantes frente às outras.

Dentro desse contexto, observou-se a necessidade de desenvolver uma metodologia para avaliar análises de solo para a fabricação de tijolo adobe e, então, estabelecer níveis de relevância a essas análises.

## 1.1 OBJETIVOS

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Desenvolver metodologia para avaliar análises de solo para a fabricação de tijolo adobe.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Desenvolver um método prático e adaptativo para avaliar as análises de solo em função do contexto de necessidades do analista;
- Validar o método por comparação da avaliação criada com as citações de análises em outros trabalhos sobre construções em terra crua.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 CONSTRUÇÕES EM TERRA CRUA

Entende-se por “construções em terra crua” aquelas que têm como principal matéria-prima o solo – simplesmente chamado de “terra” - que não passa pelo processo de cozimento ou queima (FARIA, 2002). Não se tem certeza da origem, mas considera-se a técnica ser oriunda do Norte da África e Oriente Médio, sendo difundida na Europa principalmente pelos Mouros. Segundo Braga (2003), os índios brasileiros não conheciam as construções de terra, usavam apenas madeira roliça e palha. No processo de invasão e ocupação do Brasil pelos portugueses, em regiões que a pedra era escassa, fez-se uso da taipa-de-pilão (Figura 1) – principalmente em São Paulo – e do adobe – a maioria em Minas Gerais (Figura 2) e Goiás. Apenas por volta da década de 1850 houve declínio nas novas construções de terra crua, sendo substituídas pelo tijolo cozido, antigo material da época do Império Romano, mas só então tornou-se adaptado e viável industrial e economicamente.

Figura 1 – Capela Morumbi, em São Paulo, construída em taipa-de-pilão, datada de 1825.



Fonte: <http://myartguides.com/wp-content/uploads/2015/07/capelamorumbi-13-09.jpg> Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Figura 2 – Construção em adobe tombada pelo patrimônio histórico em Minas Gerais.



Fonte: <http://www.iepha.mg.gov.br/images/stories/BensProtegidos/009casaruadireita002.jpg> Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Os métodos que utilizam a terra crua exigem baixo consumo energético na cadeia de produção, geram pouco impacto ambiental comparado ao de outras técnicas construtivas, pode utilizar matéria-prima do próprio local da construção (Figura 3), baixa contaminação ambiental e seus produtos são totalmente recicláveis (MINKE apud PISANI, 2004).

Figura 3 – Construção utilizando-se da terra do próprio local da obra (Muyinga, Burundi, 2012).



Fonte: [http://images.adsttc.com/media/images/52d5/fdea/e8e4/4e52/6900/0117/large\\_jpg/LibraryCommunity\\_%C2%A9BCarchitects\\_studies-6.jpg](http://images.adsttc.com/media/images/52d5/fdea/e8e4/4e52/6900/0117/large_jpg/LibraryCommunity_%C2%A9BCarchitects_studies-6.jpg) Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Faria (2002) descreve vários aspectos positivos do desempenho da terra como matéria-prima, dentre eles, o bom isolamento térmico e acústico, adsorção de odores, dissolução de gorduras e boa interação higroscópica com a umidade ambiente. Neves *et al.* (2005) afirma que grande parte dos solos são aptos à construção, ou seja, virtualmente existe mais material disponível do que as técnicas mais utilizadas atualmente (tijolo cozido e cimento). Nolasco (1998) fala que a matéria-prima é barata e abundante, gerando impacto positivo socialmente, tornando as moradias mais acessíveis também aos mais pobres. Faria (2002) cita em seu trabalho várias construções em terra mais rebuscadas e de alto valor, além de possuírem arquiteturas mais atuais, mostrando que pode ser reinserida ao contexto urbano atual (Figuras 4, 5 e 6).

Figura 4 – Biblioteca de Muyinga, Burundi, construída em adobe e usando arquitetura atual (2012).



Fonte: [http://images.adsttc.com/media/images/52d5/ff89/e8e4/4ef8/bf00/011b/large\\_jpg/MuyingaLibrary\\_%C2%A9BCarchitectsandstudies-4.jpg](http://images.adsttc.com/media/images/52d5/ff89/e8e4/4ef8/bf00/011b/large_jpg/MuyingaLibrary_%C2%A9BCarchitectsandstudies-4.jpg) Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Figura 5 – Casa de alto nível construída em taipa-de-pilão, em Quito.



Fonte: [http://images.adsttc.com/media/images/549a/eb88/e58e/ce50/c800/01fb/large\\_jpg/Casa\\_Colinas-14.jpg](http://images.adsttc.com/media/images/549a/eb88/e58e/ce50/c800/01fb/large_jpg/Casa_Colinas-14.jpg)  
Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Figura 6 – Capela no México, construída com adobe e concreto armado.



Fig 6 <http://images.adsttc.com/media/images/566a/33ce/e58e/ce7a/a500/005e/slideshow/10.jpg> Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Como limitações tem-se que a terra crua é permeável à água, suscetível à erodir e tornar-se plástico na presença de água, sofre retração durante a secagem. No Brasil, exceto o solo-cimento, as técnicas não são padronizadas (PISANI, 2004).

A manutenção deve ser prioritariamente preventiva, evitando-se o contato direto com a água, utilizando telhados mais longos ou impermeabilização externa. Toda construção exige manutenção, preventiva ou curativa, mas isso não é hábito comum no Brasil (FARIA, 2002). A terra sempre terá um teor mínimo de umidade, devido à água de constituição inerente às partículas de argila (LEPSCH, 2010), tornando-se mais suscetível à expansão caso encontre-se em temperaturas próximas ao congelamento e cristalização da água. De acordo com Faria (2002), o adobe se mostra frágil a sismos, principalmente quando possui função estrutural; sugeriu-se o uso associado com outros materiais, como a madeira.

No Brasil Colônia, as técnicas em terra crua mais utilizadas eram a taipa-de-pilão, o pau-a-pique e o adobe, todas muito bem estabelecidas na Europa e com certo grau de padronização, porém, com o progressivo abandono dessas técnicas e a quebra na transmissão de conhecimento de forma mais aprofundada, a qualidade das construções de terra decaiu, tornando-se estigmatizadas erroneamente como material pobre, de baixa qualidade e insalubre (BRAGA, 2003) (Figura 7).

Figura 7 – Exemplo de casa em pau-a-pique, onde não foram empregadas boas práticas de execução e de manutenção.



Fonte: <http://blog.tnh1.com.br/nidelins/wp-content/uploads/2016/01/blog-ilha-do-ferro19.jpg> Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Em parte da Europa, principalmente na França, após a Segunda Guerra Mundial, incentivou-se o resgate das técnicas em terra crua, destacando-se a taipa e o adobe, agregando-se novas tecnologias e mecanização, atualmente ainda em evolução (FARIA, 2002). Na década de 1950, o Engenheiro e Pesquisador colombiano G. Ramirez desenvolveu uma prensa manual para melhorar as características físicas do adobe, além de padronizar e gerar encaixes, tornando opcional o uso de argamassas de assentamento. A denominação a esse método é BTC, Bloco de Terra Comprimida, mostrado na Figura 8 (BARBOSA, 2003).

Figura 8 – Exemplo de bloco de terra comprimida, com furos e encaixe.

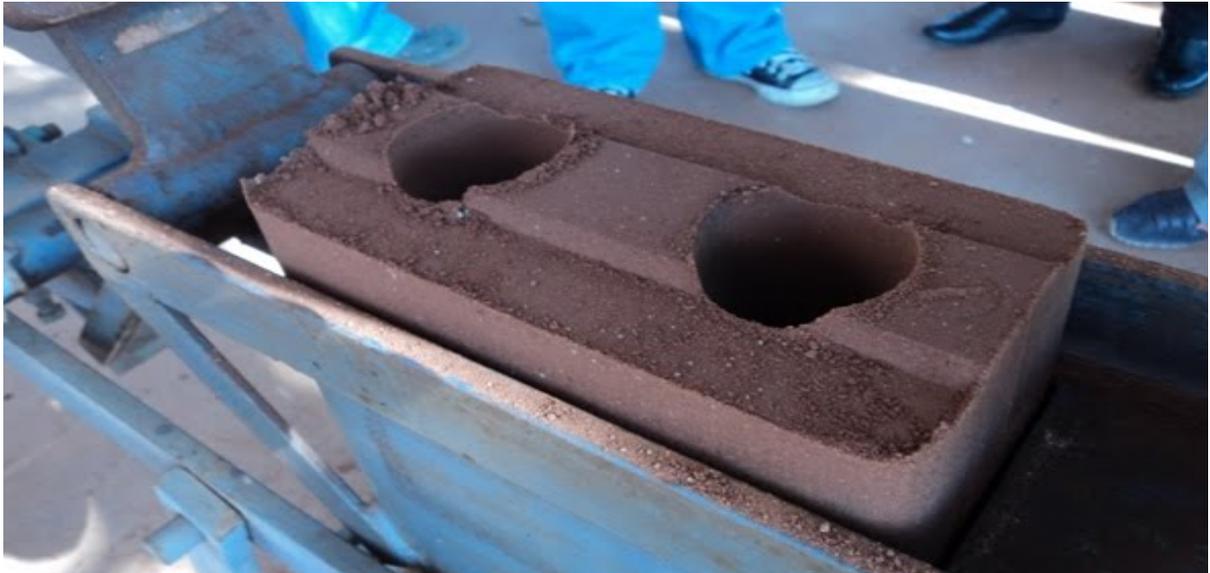
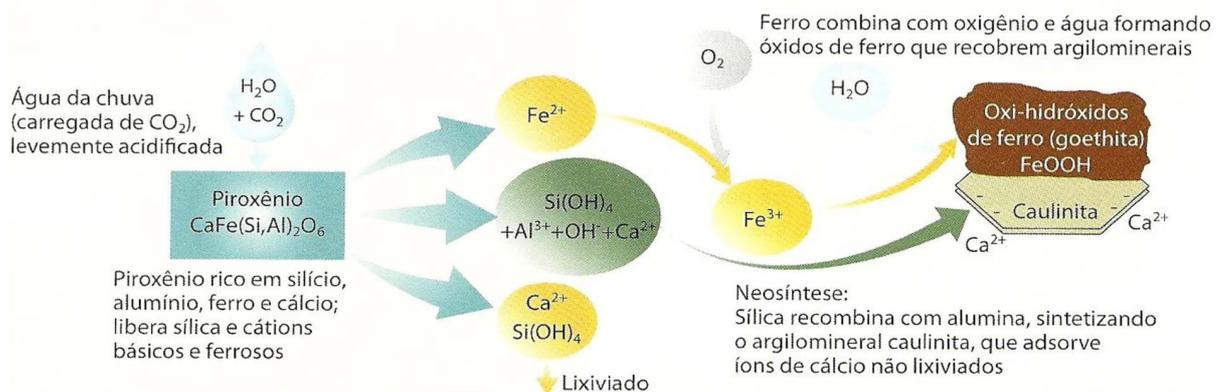


Fig 8 [http://1.bp.blogspot.com/-KDbLe7f\\_gU/TmZRALoYJil/AAAAAAAAABM/xLjBFswfHrM/s760/DSC08096.JPG](http://1.bp.blogspot.com/-KDbLe7f_gU/TmZRALoYJil/AAAAAAAAABM/xLjBFswfHrM/s760/DSC08096.JPG) Acesso em 28 de Outubro de 2016.

### 2.1.1 Solo para Construção (terra)

Lepsch (2010) define que Solo é a camada mais externa da Litosfera, mas que cada área de conhecimento tem sua própria definição. A formação do solo se dá pelo intemperismo físico (desagregação das partículas) e pelo intemperismo químico (decomposição e transformação dos minerais). As rochas mais próximas à atmosfera tornam-se instáveis às variações de temperatura, pressão e umidades diferentes de quando originaram-se. As dilatações variáveis, erosão do vento e lixiviação pelo escoamento de água causa a desagregação, sendo a principal responsável pelas porções de pedras, areia e silte – partículas que contém as mesmas características, porém, em escalas diferentes. O principal agente para a decomposição química é o ataque ácido promovido pela chuva, já que a água em contato com o gás carbônico produz ácido carbônico. Os minerais de origem sofrem quebra em algumas ligações, liberando diferentes grupos como sílicas e íons diversos; alguns são lixiviados e outros recombinados também com oxigênio atmosférico, formando novos minerais, dentre eles, as argilas, como ilustrado na Figura 9.

Figura 9 – Representação da decomposição e recombinação de minerais que originam caulinita.



Fonte: Extraído de Lepsch (2010, p. 24).

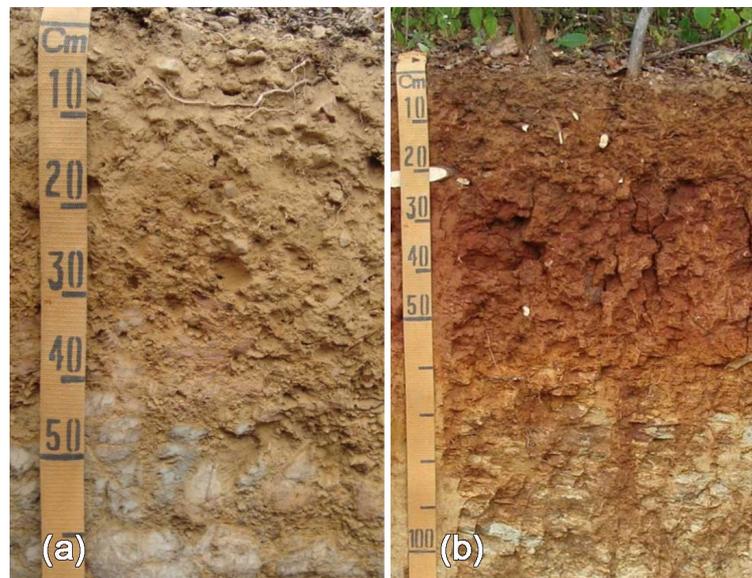
De acordo com a NBR 6502 (ABNT, 1995), solo é definido como “material proveniente da decomposição das rochas pela ação de agentes físicos ou químicos, podendo ou não conter matéria orgânica”. Lepsch (2010) cita ainda que, para a Engenharia Civil, tem-se solo definido como a porção da crosta terrestre escavável

sem uso de explosivo, útil como material de construção ou mineração. No âmbito das construções, o solo é chamado simplesmente por “terra” (FARIA, 2002). Souza (1997) classifica a terra como material cerâmico seco ao ar, ou seja, não passa por processo artificial para evaporação da água de constituição, nem para vitrificar a argila.

Em termos gerais, muitas das propriedades do solo podem ser previstas por sua composição granulométrica (NEVES *et al.*, 2005). De acordo com a NBR 6502 (ABNT, 1995), para cada faixa de diâmetros das partículas do solo há a denominação de: pedregulhos (de 60 a 2 mm), areias (de 2 a 0,06 mm), silte (de 0,06 a 0,002 mm) e argilas (partículas lamelares coloidais abaixo de 0,002 mm). De acordo com vários autores (Hernandez *et al.*, 1983; Martinez, 1979; Veloso, 1985 citados por Aguiar Jr. 2013), o solo ideal às construções de terra deve ter partículas abaixo de 2mm, ou seja, ser composto apenas por areia, silte e argilas. Neves *et al.*, (2005) diz que qualquer solo pode ser utilizado para construção, excluindo os solos com excesso de matéria orgânica ou com predominância de argilas expansivas; caso a granulometria não se mostre adequada, indica-se adicionar outras terras ou produtos estabilizantes. A argila promove a união das partículas do solo, enquanto que a areia é responsável pela estabilidade na distribuição de forças.

Segundo Araújo Filho (2014), entre as classes de solos mais comuns no Nordeste Brasileiro estão os Neossolos, cujo representante da região semi-árida é o Neossolo Litólico (Figura 10a). Derivado de rochas básicas e/ou calcárias, possui pequena profundidade (frequentemente menor que 50cm), difícil uso agrícola por ser pedregoso e muito suscetível à erosão, pode ser útil à construção civil convencional como material complementar (piçarreira). Francisco (2010) apresenta que esse solo ocupa cerca de 27% do território do Estado da Paraíba. O solo predominante na Paraíba, segundo Francisco (2010) é o Bruno não Cálcico (antiga denominação para Luvissole (Figura 10b), segundo Lepsch (2010)), ocupando 37,9% do território. Este solo caracteriza-se por ser pouco profundo, apresenta pedregosidade superficial, é rico em argila, porém suscetível a erosão e salinização (LEPSCH, 2010).

Fig 10 – Solos comuns no Estado da Paraíba: a) Neossolo Litólico, b) Luvissole.

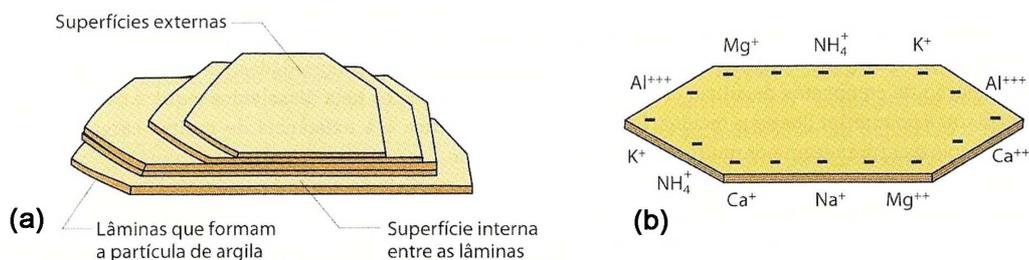


Fonte: Extraído de Araújo Filho (2014).

#### 2.1.1.1 Interações físicas e químicas entre as partículas do solo

Lepsch (2010) explica que as argilas são combinações de camadas minerais em estruturas lamelares, possuindo vasta superfície específica, onde a atividade de cargas elétricas é acentuada. Essas partículas lamelares podem se agrupar formando cristais (Figura 11a), cujas superfícies externas interagem com cargas elétricas positivas. Na presença de água, ocorre o deslocamento de outras partículas carregadas – sejam elas íons, argila ou areia, por exemplo – promovendo a união destes (Figura 11b).

Figura 11 – Representação das partículas de argila: a) formação de cristais, b) interação com íons nos sítios ativos.



Fonte: Extraído de Lepsch (2010).

Quanto maior a afinidade entre as partículas e esses sítios carregados, maior a força de interação. Nas argilas expansivas – como a montmorilonita e vermiculita – há fraca interação entre as partículas lamelares, mesmo na forma de cristais, fazendo com que suas superfícies internas também sejam ativas, atraindo partículas, água e íons, separando essas camadas umas das outras – promovendo a expansão. No processo de secagem, a água que sai deixa espaços vazios, ou seja, as rachaduras (LEPSCH, 2010).

Torraca apud Braga (2003) afirma que a argila pode ter distribuição heterogênea de forma coagulada, sugere então que o material seja imerso em água por algum tempo até que disperse os cristais e obtenha-se maior plasticidade.

No âmbito da construção civil, SOUZA (1997) classifica a argila crua como aglomerante quimicamente inerte, enquanto os ativos seriam cal, gesso e cimento. De acordo com Torraca (apud BRAGA, 2003), os minerais não argilosos servem de carga neutra, reduzindo a contração na secagem e evitando fissuras. O silte tem a mesma composição que a areia, porém, por ter dimensões tão diminutas, torna-se mais suscetível a interações de campo elétrico, quando em presença de água; ao retirar-se a água, perde essa coesão (ACHENZA, 2008; NEVES *et al.*, 2005). Souza (1997) descreve que a argila envolve os grãos do agregado do concreto, diminuindo a adesão e homogeneidade do material.

Souza (1997) cita que impurezas orgânicas (comumente húmus) exercem ação prejudicial à pega das argamassas e concretos. Lepsch (2010) afirma que a matéria orgânica possui alta higroscopicidade e grande capacidade de troca de íons, que pode interagir com a argila, formando colóides quimicamente ativos. Isso indica que o adobe pode absorver água mais facilmente e deslocar as cargas das partículas de argila, desestabilizando o material. A matéria orgânica é de aspecto esponjoso: ainda que útil a absorver pequenos impactos, é pouco resistente à compressão e ao cisalhamento. Blucher (1951) apud AGUIAR Jr. (2013) estabelece que o limite máximo de matéria orgânica deve ser de 2%.

Os sais solúveis que mais acometem as construções são os cloretos e sulfatos, que normalmente são inerentes à água utilizada no processo de fabricação (OLIVEIRA, 2005; SOUZA, 1997). Não é raro encontrar solos salinos na região

Nordeste do Brasil. Os maiores inconvenientes às construções são a higroscopicidade elevada – mobilizando cargas e partículas de argila indesejadamente – e a facilidade de lixiviação desses íons, deixando vazios na estrutura do material (OLIVEIRA, 2005).

#### 2.1.1.2 Análises de solo

O comportamento da construção está ligado diretamente às propriedades da matéria-prima e da técnica de produção. No que concerne ao solo (matéria-prima), pode-se caracterizá-lo quimica e fisicamente através de análises laboratoriais que utilizam os fundamentos da Ciência dos Materiais, por vezes adaptadas da Geologia, Agronomia e Construção de Estradas (NEVES *et al.*, 2005).

A análise mais recomendada para investigar a distribuição dos tamanhos das partículas do solo é a Análise Granulométrica, que consiste basicamente em peneiramento para separar a porção de areia (Figura 12a) e determinação da quantidade de argila por sedimentação e aferição da densidade da solução de solo e água (Figura 12b) (ABNT, 1988).

Figura 12 – Etapas da análise de granulometria do solo: a) peneiramento, b) ensaio de sedimentação.



Fonte: Autor (2016).

Tradicionalmente, antes do advento da aplicação de métodos mais científicos às construções, os materiais eram submetidos a testes expeditos, de cunho vernacular e empírico, possuindo baixa precisão, porém bem estabelecido há séculos (BRAGA, 2003). Neves *et al.* (2005) e Faria (2002) incentivam o uso combinado das práticas laboratoriais aos testes expeditos, obtendo-se um método mais consistente.

### 2.1.2 Adobe

Denomina-se Adobe o método construtivo que utiliza-se de terra crua moldada em blocos, comumente em formato de paralelepípedo (Figura 13). A origem do nome Adobe vem da adaptação da palavra árabe *atob* ou *al-tub*, que significa “bloco de terra crua” (ACHENZA, 2008).

Figura 13 – Exemplo de blocos adobe de fabricação artesanal.



Fonte: [http://images.adsttc.com/media/images/55e8/a20a/46fe/9fff/7f00/011e/slideshow/dsc\\_0521.jpg](http://images.adsttc.com/media/images/55e8/a20a/46fe/9fff/7f00/011e/slideshow/dsc_0521.jpg) Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Não há certeza da origem, mas sabe-se que há construções na Turquia, Assíria e Oriente Médio por volta de 9000 a 5000 a.C. (MINKE, 2001 apud PISANI, 2004). Trechos iniciais da muralha da China em terra socada, que posteriormente foram reforçadas com cobertura de pedras e tijolos (MINKE, 2000 apud SILVA). As

ruínas da cidade de Chan Chán (Figura 14) – antiga capital do Império Chimú, destruído pelos Incas no Século 16 –, em Trujillo, Peru, é a maior obra arquitetônica em adobe no mundo (FARIA, 2002). Várias casas na cidade histórica de Tiradentes, Minas Gerais (Figura 15), são em adobe.

Figura 14 – Vista aérea das ruínas de Chan Chán, capital do Império Chimú.



Fonte: [http://4.bp.blogspot.com/-uzD0v\\_\\_9\\_ps/USM30c2oWCI/AAAAAAAAAPQw/G9gX4IT0PtU/s1600/chan+chan.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-uzD0v__9_ps/USM30c2oWCI/AAAAAAAAAPQw/G9gX4IT0PtU/s1600/chan+chan.jpg) Acesso em 28 de Outubro de 2016.

Figura 15 – Casas na cidade histórica de Tiradentes, Minas Gerais, das quais a maioria foram construídas em adobe.



Fonte: Autor (2014).

Qualquer solo que não possua excesso de matéria orgânica ou argilas expansivas são aptas à fabricação do adobe (NEVES *et al.*, 2005). A granulometria ideal diverge entre vários autores, como exposto na Tabela 1.

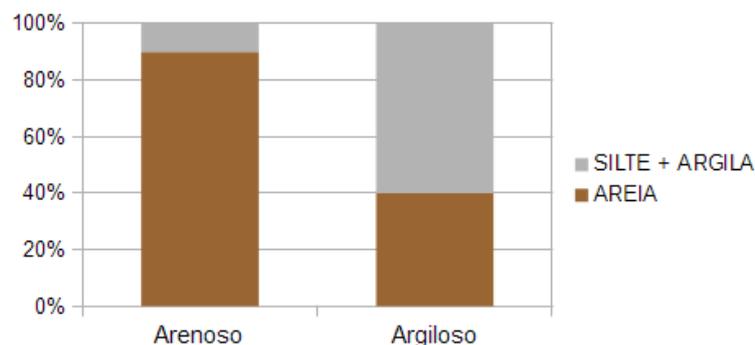
Tabela 1 – Granulometria ideal sugerida (expresso em %).

	AREIA	SILTE	ARGILA	SILTE+ARGILA
ESALQ (1998)	60	–	–	40
OLIVEIRA (2005)	60 a 80	–	–	20 a 40
<b>CEPED (1999)</b> apud SILVA	45 a 90	–	≤ 20	10 a 55
<b>MARTINEZ (1979)</b> apud CORRÊA (2006)	40 a 55	–	20	45 a 60
<b>HERNANDEZ <i>et al.</i> (1983)</b> apud CORRÊA (2006)	50	30	20	50
CIC TERRA apud VIANA NETO (2013)	60	15 a 20	20 a 25	40
MOTTA (2004) apud VIANA NETO (2013)	70 a 80	–	–	20 a 30
<b>ISAIA <i>et al.</i> (2007)</b> apud VIANA NETO (2013)	–	–	≥ 15	–
ACHENZA (2008)	55 a 75	10 a 35	12 a 18	25 a 45

Fonte: Autor (2016).

Os dados da Tabela 1 podem ser interpretados graficamente, mostrando que os dados dos autores citados estão incluídos entre os dois casos indicados no gráfico da Figura 16: o caso de maior teor de areia (Solo Arenoso) e o caso de menor teor de areia (Solo Argiloso), demonstrando a ampla faixa de granulometria apta à fabricação do adobe.

Figura 16 – Representação da divergência entre as granulometrias indicadas como ideal.



Fonte: Autor (2016).

O método construtivo do adobe faz uso de blocos empilháveis, tornando mais simples a padronização, armazenamento e transporte, fácil assimilação da produção e do uso, além de ser de fácil substituição ou reparo na construção. É um produto bastante resistente a compressão, segundo SOUZA (1997) o adobe suporta até 70 kg/cm<sup>2</sup>, enquanto que Corrêa (2006) obteve adobes com cerca de 45 kg/cm<sup>2</sup>, com apenas 35 dias de secagem. Faria (2002) cita como vantagens o fato do adobe ser reciclável e possuir bom comportamento térmico e acústico.

Corrêa (2006) afirma que o consumo de água para a produção de adobes é sessenta vezes menor que para produção de cimento. Faria (2002) cita dados apresentados por Le Centre de la Culture et des Techniques de la Terre (2002) que comparam o consumo energético para produzir alguns materiais comumente utilizados na construção civil, expressos na Tabela 2, comprovando que o adobe é uma ótima opção objetivando-se o baixo impacto ambiental. O assentamento dos tijolos deve ser feito com a mesma terra dos tijolos, dispensando cimento. Blocos encaixáveis podem dispensar uso de argamassas de assentamento.

Tabela 2 – Energia consumida na produção de 1kg de materiais comuns na construção civil.

MATERIAL	ENERGIA REQUERIDA (KW.H/KG)
Cimento	2,43
Concreto	0,27
Tijolo cozido	0,90
Solo-cimento	0,013
Adobe artesanal	0

Fonte: Adaptado de Faria (2002).

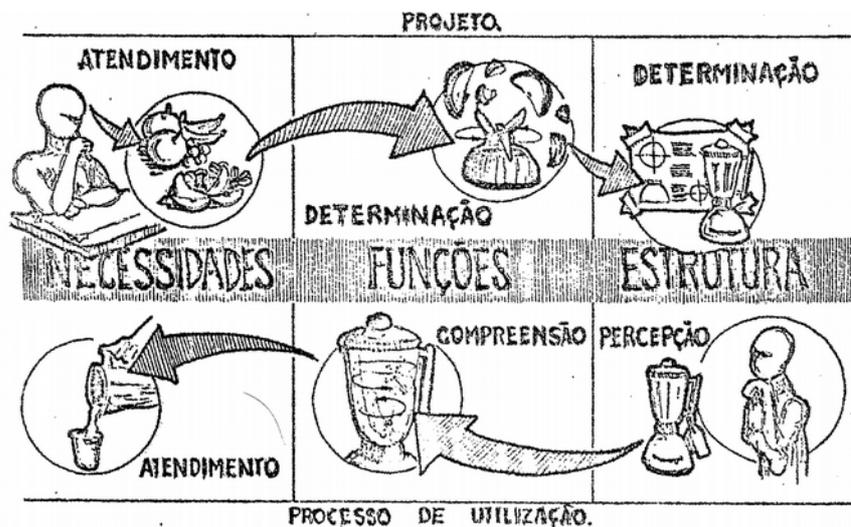
Por ter formato de blocos, a área exposta por unidade é maior, se comparada à taipa, tornando-se mais suscetível às modificações de umidade ambiente. O assentamento deve ser feito preferencialmente com a mesma terra, para evitar dilatações irregulares entre tijolos e argamassa. As limitações e desvantagens são as mesmas existentes às outras construções em terra crua (FARIA, 2002).

## 2.2 METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE DESIGN

De acordo com Bomfim (1995): "Metodologia é o estudo de métodos, técnicas e ferramentas, e de suas aplicações à definição, organização e solução de problemas teóricos e práticos". Por mais simples que seja uma tarefa, ela obedece a uma sequência de etapas. Em Design, o mesmo autor descreve: "a metodologia para desenvolvimento de projetos de produto é uma disciplina direcionada à aplicação de métodos a problemas específicos e concretos". Esta metodologia compreende inúmeros métodos, técnicas e ferramentas, dos quais algumas etapas podemos adaptar e aplicar neste presente trabalho.

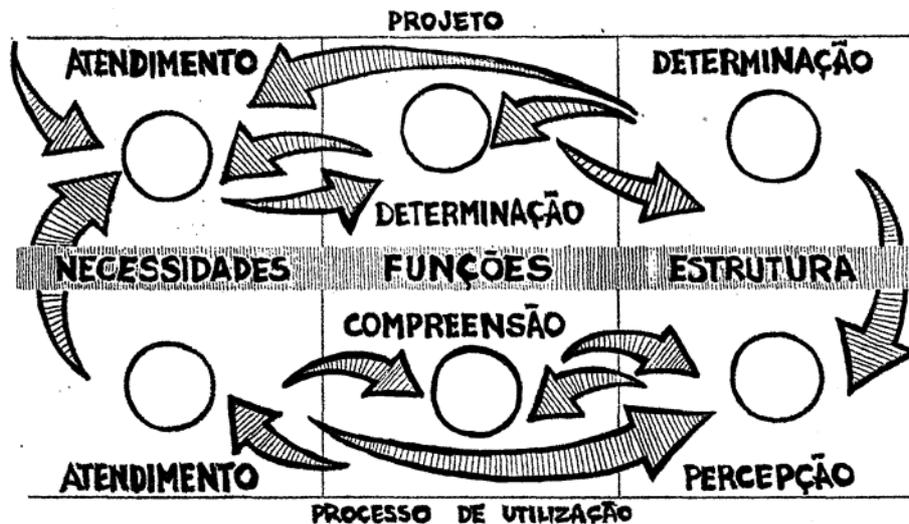
Bomfim (1995) cita ainda que a análise do projeto pode ter suas etapas dispostas linearmente (Modelo Clássico) (Figura 17) ou multidirecional (Modelo Cibernético) (Figura 18). O modelo multidirecional mostra-se mais representativo à realidade, onde as etapas teóricas e práticas (projeto e utilização, respectivamente) podem modificar os critérios anteriormente adotados, de acordo com as respostas (feedback) que forem obtidas na etapa que estiver sendo executada.

Figura 17 – Modelo clássico (linear) de desenvolvimento de projetos.



Fonte: Extraído de Bomfim (1995).

Figura 18 – Modelo Cibernético de desenvolvimento de projetos.

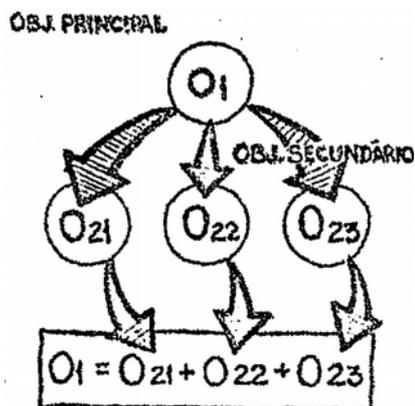


Fonte: Extraído de Bomfim (1995).

Estabelecendo-se a necessidade (N) do usuário, o produto (P) pode, ou não, atender à essas necessidade. Se temos  $P=N$ , significa que essa é a situação ideal. Na situação real, o produto poderá atender apenas parcialmente à necessidade (BOMFIM, 1995).

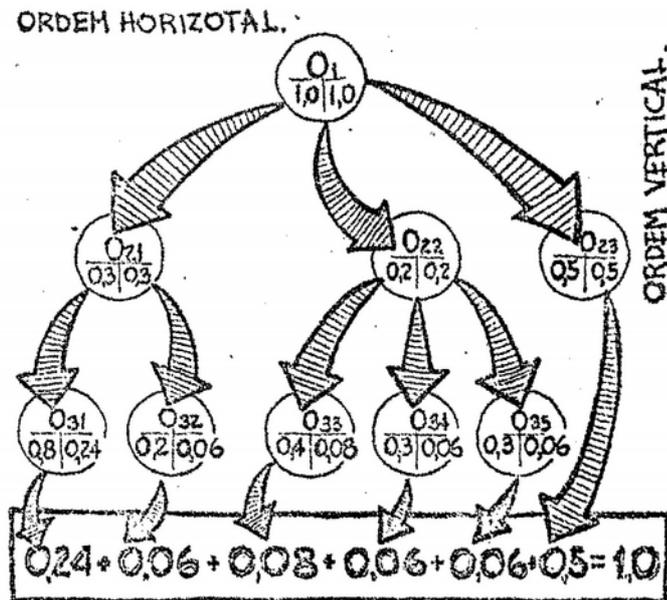
Uma das análises de objetivos de projeto citadas por Bomfim (1995) propõe uma hierarquização dos objetivos, entre Objetivo Principal, composto por Objetivos Secundários (Figura 19), fazendo-se útil a ponderação (pesos) para cada objetivo (Figura 20).

Figura 19 – Hierarquia de Objetivos Principal e Secundários.



Fonte: Extraído de Bomfim (1995).

Figura 20 – Exemplo de ponderação dos objetivos.



Fonte: Extraído de Bomfim (1995).

Bonsiepe (1984) estabelece que, em um projeto de design de produto, deve-se construir uma tabela onde relacionam-se os objetivos ("o que procurar?"), seus requisitos ("o que fazer?", qualitativo) e seus parâmetros ("como fazer?", quantitativo). Aos parâmetros são estabelecidos níveis e valores decrescentes, de forma que o maior valor represente que essa característica atende totalmente à necessidade estabelecida do usuário.

Relacionando a metodologia de Bonsiepe (1984) com a metodologia de Bomfim (1995), temos que:

- os Objetivos são denominados Objetivos Principais;
- os Requisitos são os Objetivos Secundários, de valor qualitativo;
- os Parâmetros são os delimitadores técnicos, as variáveis mensuráveis, quantitativas, que satisfazem os Requisitos.

### 3 METODOLOGIA

A fim de otimizar o processo de avaliação das análises, foi aplicada a ideia da engenharia reversa do processo de fabricação do tijolo, partindo-se, então, do tijolo como produto final e determinando quais as principais características desejadas. A palavra-chave mais presente a respeito das características do tijolo é "resistente". Refinando a ideia geral de resistência, as palavras relacionadas mais relevantes encontradas foram "peso", "intempéries" e "impacto". Esses três aspectos principais de resistência (aspectos qualitativos) foram então associadas aos seguintes tipos de esforços ou condições (fatores quantitativos), conforme destacado na Tabela 3:

Tabela 3 – Aspectos qualitativos de resistência e seus fatores quantitativos relacionados.

<b>PALAVRA - CHAVE</b>	<b>ASPECTOS QUALITATIVOS</b>	<b>FATORES QUANTITATIVOS</b>
<b>RESISTÊNCIA</b>	Peso	Compressão
	Intempéries	Umidade
		Temperatura
		Vento
		Vibração
Impacto	Cisalhamento	

Fonte: Autor (2016).

Essas resistências do tijolo são influenciadas principalmente pelo material constituinte e pelo processo de produção. Nesse trabalho, o foco está na matéria-prima, a terra. Assim, a fim de prever a qualidade do produto final (tijolo adobe) tomando apenas a matéria-prima, faz-se o uso de análises de solo.

Foi realizado um levantamento de quais testes e análises de solo são comumente indicados para produção de tijolos adobes, cobrindo preferencialmente vários níveis tecnológicos, interpretando os resultados das análises desenvolvidas. Com base nas interpretações dos resultados podemos dizer que as análises nos darão resultados principalmente sobre as presenças de partículas desejadas (areia, silte e argila), de minerais ou compostos indesejados que podem comprometer a estabilidade (por exemplo, a malacacheta, matéria orgânica e sais solúveis) e sobre

o comportamento e interações do solo.

Construindo uma sequência lógica de análises, deve-se partir de determinações mais abrangentes para determinações mais específicas, como detalhadas a seguir.

Inicialmente, deve-se investigar se o solo possui os compostos desejados, que são areia e argila. A ausência total de qualquer um desses compostos já torna a terra inapta a ser a única fonte de matéria-prima para a fabricação de adobes, encerrando as análises. Caso deseje-se usar essa terra com materiais corretivos, devem-se continuar as análises, porém, detalhes sobre esses corretivos não serão abordados neste trabalho. O silte não é obrigatório, mas raramente se fará ausente. Análises que fornecem resultados que determinam Compostos Desejados compõem o grupo D.

Sequencialmente, investigou-se a presença de compostos Indesejados, que são aqueles que podem comprometer a estabilidade do material e, conseqüentemente, a estabilidade do produto. Os compostos mais citados são aqueles que diminuem a coesão das partículas, principalmente a matéria orgânica (minerais que se desintegram), representada pela malacacheta (mica) e argilas expansivas, a exemplo da montmorilonita (bentonita). O solo é dito inapto caso haja excesso desses compostos. Análises que fornecem resultados determinando Compostos Indesejados formam o grupo I.

Considerando que há compostos desejados, bem como que não há excesso de compostos indesejados, faz-se útil quantificar a areia, silte e argila, para que se certifique que essas quantidades são apropriadas para a fabricação do adobe. Análises com essa determinação (Granulometria) compõem o grupo G.

O último grupo de análises é composto por análises que fornecem determinações referentes às propriedades e comportamento do tijolo ditadas pela matéria-prima, em menor escala. Servem como refinamento das análises dos três grupos anteriores, considerando-se como uma validação prévia do tijolo adobe. Análises que fornecem resultados relacionados ao Comportamento do Solo integram o grupo C.

O resultado de uma análise pode atender a um ou mais grupos estabelecidos. Na Tabela 2 estão relacionadas às análises, interpretações dos seus respectivos resultados e, conseqüentemente, seus grupos afins.

Tabela 4 – Classificação dos testes por parâmetros e requisitos.

<b>ANÁLISE</b>	<b>INTERPRETAÇÃO DO RESULTADO DA ANÁLISE</b>	<b>GRUPOS ATENDIDOS</b>
Coloração	Identifica solos orgânicos e solos inorgânicos	D; I
Brilho	Identifica terra argilosa, siltosa, arenosa e presença de mica	D; I
Tato	Identifica areia, silte, argila e matéria orgânica	D; I; G
Teste do Vidro	Verifica quantidade de areia, silte e argila; identifica matéria orgânica	D; I; G
Teste da Bola	Identifica terras arenosas e argilosas; verifica a coesão	D; C
Catação	Determina quantidades de areia e de argila+silte; identifica se há argila	G; D
Teste do Cordão	Determina plasticidade <sup>1</sup> , identifica matéria orgânica	G; I
Teste da Fita	Determina plasticidade <sup>1</sup>	G
Teste do Rolo	Determina teor de argila	G
Exsudação	Determina plasticidade <sup>1</sup>	G
Resistência Seca	Avalia coesão, retração, fissuras, resistência à compressão e cisalhamento	C
Presença de Matéria Orgânica	Identifica presença de matéria orgânica	I
Teor de Matéria Orgânica	Determina teor de matéria orgânica	I
Teor de Sais Solúveis	Determina teor de sais solúveis	I
Granulometria	Determina teor de areia, silte e argila	G
Umidade e Compactação	Avalia indiretamente a resistência	C
Difração de Raios-X	Determina os minerais argilosos presentes, incluindo argilas expansivas	D; I

Fonte: Autor (2016).

<sup>1</sup>Nesse contexto, a determinação da plasticidade serve para, indiretamente, determinar a textura da terra, ou seja, teores de areia, silte e argila a grosso modo (NEVES *et al.*, 2005).

Após essa classificação, as análises foram agrupadas de acordo com os requisitos relativos ao tipo de resultado (D, I, G e C), como descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Análises agrupadas conforme os requisitos relativos.

<b>D</b>	<b>I</b>	<b>G</b>	<b>C</b>
Coloração	Coloração	Brilho	Teste da Bola
Brilho	Brilho	Tato	Resistência Seca
Tato	Tato	Teste do Vidro	Retração
Teste do Vidro	Teste do Vidro	Catação	Umidade e Compactação
Teste da Bola	Teste do Cordão	Teste do Cordão	
Catação	Presença de Matéria Orgânica	Teste da Fita	
Difração de Raios-X	Teor de Matéria Orgânica	Teste do Rolo	
	Teor de Sais Solúveis	Exsudação	
	Difração de Raios-X	Granulometria	
		Ensaio de Plasticidade	

Fonte: Autor (2016).

Adaptando-se os métodos propostos por Bomfim (1995) e Bonsiepe (1984), estruturamos uma avaliação de cada teste expedito e análise de solo.

A metodologia proposta por Bomfim (1995) analisa inicialmente se um produto atende ou não a um cenário ideal, ou seja, se um produto atende plenamente às necessidades do usuário. Analogamente, podemos avaliar as análises de solo em relação a quanto ela está próxima da situação ideal. A situação é definida pelo usuário (analista), de acordo com as limitações do seu contexto, tais como custos, conhecimento específico, tempo ou quaisquer outros aspectos.

Estabelecemos então a situação ideal a partir de pressupostos (frases) que a descreva. Desses pressupostos enfatizamos e extraímos palavras-chave. Essas palavras-chave foram então relacionadas com seus sinônimos, até encontrarmos outras palavras que possuam uma raiz comum, termos mais abrangentes que chamaremos aqui de “critérios principais”. Os critérios têm caráter

qualitativo e fazem analogia aos Objetivos Principais, descrito por Bomfim (1995).

Nesse desenvolvimento, encontramos palavras que se relacionam a termos analíticos, variáveis de valor qualitativo, que são análogos aos Requisitos, descritos por Bonsiepe (1984).

Estabelecemos, então, condições ou possibilidades que atendam aos requisitos determinados na etapa anterior, de forma que sejam (preferencialmente) termos mensuráveis, para que se atribuam níveis a esses termos. Essas condições fazem analogia aos Parâmetros apresentados por Bonsiepe (1984).

Aos níveis atribuíram-se valores (chamados de "Notas"), onde o maior valor foi dado ao parâmetro que atende totalmente à necessidade, análogo ao que foi proposto por Bomfim (1995), sabendo-se que: "Produto = Necessidade". Pode-se aplicar a ponderação em qualquer etapa que se faça útil.

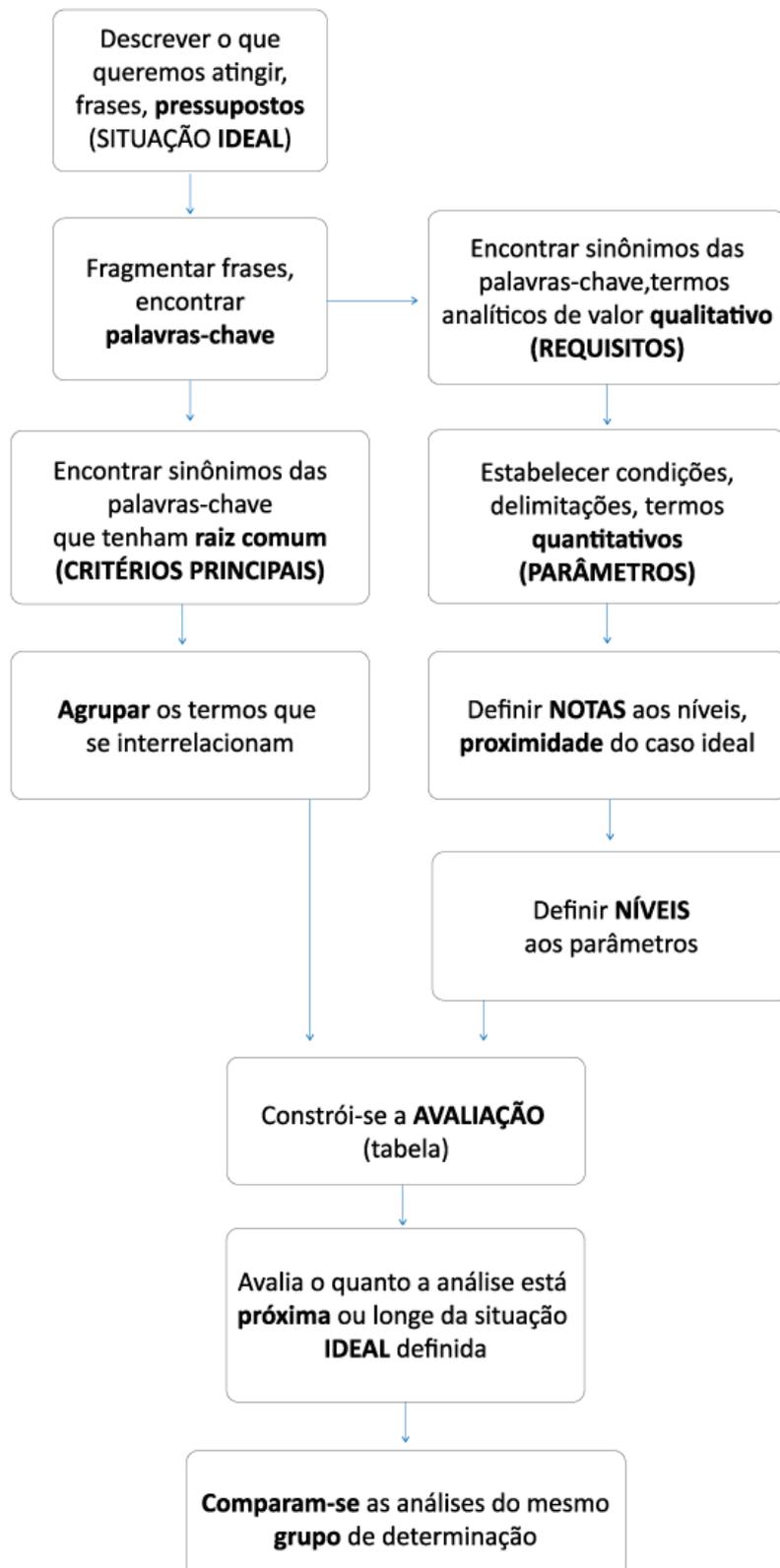
Em resumo, podemos relacionar as variáveis da seguinte forma:

- Objetivo → "O que procurar?" → Avaliar o critério principal.
- Requisito → "O que fazer?" → Avaliar as variáveis de cada critério.
- Parâmetro → "Como fazer?" → Atribuindo níveis mensuráveis.

Cabe ressaltar que os critérios adotados não são imutáveis, mas sim adaptáveis à necessidade do usuário e do resultado desejado. Conforme a avaliação é desenvolvida, sempre surgirão novas necessidades ou problemas, exigindo modificações antes mesmo de executá-la na prática.

Um esquema geral da construção da avaliação encontra-se representado no diagrama exposto na Figura 21.

Figura 21 – Guia de construção da avaliação das análises.



Aplicando-se o método elaborado, deve-se partir de uma hipótese de um roteiro de testes e análises ideal. De modo geral, foram formuladas frases que descrevem as expectativas do que se deseja atingir, conforme apresentadas a seguir:

- Um solo **inapto** deve ser excluído com um **mínimo possível de etapas**;
- Obter o máximo de **certeza** da aptidão do solo com **menores custos** e **tempo** necessários;
- Caso envolvam **materiais**, sejam **comuns**, **baratos** e **acessíveis**, preferencialmente; e
- Permitir **mão de obra** com **mínimo de conhecimento específico**.

As palavras-chave da descrição da situação ideal foram destacadas em negrito para facilitar o entendimento. Em seguida, desenvolveu-se a relação com seus sinônimos a fim de encontrar os critérios principais, destacados em negrito e caixa alta ao final de cada desenvolvimento. Os termos analíticos (requisitos) foram destacados em itálico.

- Inapto → resultado → *precisão* e exatidão → **PRECISÃO**
- Mínimo possível de etapas → próximo do início → *local* inicial da amostra → campo → local qualquer → não específico → **COMPLEXIDADE**
- Certeza → resultado → *determinação direta* → **PRECISÃO**
- Menor *custo* → **CUSTO**
- Menor *tempo* → **TEMPO**
- Materiais → equipamentos, reagentes, ferramentas e materiais de laboratório → mão-de-obra → *serviço* → **CUSTO**
- *Materiais* comuns → simples → acessível → não específico → **COMPLEXIDADE**
- Materiais baratos → **CUSTO**
- Mínimo de conhecimento específico → básico → não específico → **COMPLEXIDADE**
- *Mão de obra* → está na mesma frase que a expressão anterior → **COMPLEXIDADE**

Em resumo, a partir desse desenvolvimento, pode-se concluir que os fatores levados em consideração para a construção de um roteiro ideal seriam:

- Análises de maior precisão.
- Análises de menor custo.
- Análises de menor complexidade.
- Análises em menor tempo.

Na Tabela 5 estão relacionados os requisitos encontrados, com os critérios fundamentais estabelecidos.

Tabela 5 – Classificação dos requisitos de acordo com os critérios fundamentais.

<b>CRITÉRIOS PRINCIPAIS</b>	<b>REQUISITOS</b>
Precisão	Precisão dos Resultados
	Determinação Direta dos Resultados
Custo	Serviço
Complexidade	Local
	Mão de Obra
	Equipamentos
	Reagentes
	Materiais
Tempo	Tempo Necessário

Fonte: Autor (2016).

Para cada requisito foram estabelecidos parâmetros que satisfizessem os requisitos, de forma que se imponham níveis para comparação com a situação ideal; determinando suas respectivas notas. Para simplificar, considerou-se que os quatro critérios principais tivessem pesos iguais.

Como exemplo ilustrativo aos parâmetros, avaliou-se a necessidade de um local para execução de análise: a análise pode ser efetuada em um lugar qualquer, em laboratório, ou em um laboratório com condições específicas. Ou seja, para o requisito “local de análise” definimos seus parâmetros como sendo “local não específico”, “específico” e “muito específico”.

Se no caso ideal a execução de análises deve ser em local não específico e verificou-se que a análise avaliada não exige local de execução, ou seja, atendeu à situação ideal, esse parâmetro receberá a maior nota. O mesmo pensamento aplica-se aos demais parâmetros, especificando as condições (níveis) e atribuindo-lhes valores (notas).

Ainda que um parâmetro seja subjetivo, deve-se torná-lo mensurável de alguma forma, para que seja aplicável a qualquer análise, de forma padronizada.

O critério Precisão foi dividido em dois requisitos: Precisão dos Resultados e Determinação Direta. Algumas análises possuem alta precisão dos resultados, porém, eles estão relacionados indiretamente às grandezas que desejamos. Assim, os testes e análises que têm como resposta termos de plasticidade serão, então, convertidos para grandezas mais relacionáveis com granulometria. O mesmo ocorre com os testes que se relacionam com textura do solo, sendo então convertidos em termos de granulometria. Essa determinação indireta reduz a eficácia do teste e, portanto, está longe do caso ideal estabelecido.

O requisito inerente ao critério “custo” envolve os custos de materiais, equipamentos, reagentes e mão de obra que estejam envolvidos na análise avaliada. O cenário ideal é que, caso envolvam materiais, equipamentos, reagentes ou mão de obra, que eles tenham o menor custo, tendendo a zero. Como os testes laboratoriais, em geral, envolvem todas essas variáveis e possuem um custo individual elevado, preferiu-se condensá-los como o custo cobrado para que a análise fosse efetuada por um laboratório especializado, em que, o custo individual das análises por amostra é muito menor que, por exemplo, o custo de adquirir alguns equipamentos.

Por fim, foi feita a média ponderada de cada critério principal que em seguida foram somados, obtendo-se uma nota total para a análise. O esquema geral dessa avaliação está ilustrado na Tabela 6.

Tabela 6 – Modelo para avaliação das análises de solo.

<b>ANÁLISE:</b>					
<b>RESUMO:</b>					
<b>CRITÉRIO</b>	<b>REQUISITO</b>	<b>PARÂMETRO</b>	<b>NOTA</b>	<b>MÉDIA PONDERADA</b>	<b>NOTA TOTAL</b>
Precisão	Precisão dos resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta – Nota 5</li> <li>Média – Nota 3</li> <li>Baixa – Nota 1</li> </ul>		$\Sigma$ Nota/2	$\Sigma$ Médias Ponderadas
	Determinação Direta	<ul style="list-style-type: none"> <li>Direta – Nota 5</li> <li>Indireta – Nota 1</li> </ul>			
Custo	Serviço	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baixo (até R\$10,00 por amostra) – Nota 5</li> <li>Médio (até R\$30,00 por amostra) – Nota 3</li> <li>Alto (maior que R\$30,00 por amostra) – Nota 1</li> </ul>		Nota	
Complexidade	Local da Análise	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não Específico – Nota 5</li> <li>Específico – Nota 3</li> <li>Muito Específico – Nota 1</li> </ul>		$\Sigma$ Nota/5	
	Mão de obra	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não Especificada - 5</li> <li>Especializada - 3</li> <li>Muito Especializada – 1</li> </ul>			
	Equipamentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Não Específico – Nota 5</li> <li>Específico – Nota 3</li> <li>Muito Específico – Nota 1</li> </ul>			
	Reagentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comuns em uma residência – Nota 5</li> <li>Comuns em laboratório simples – Nota 3</li> <li>Muito Específico – Nota 1</li> </ul>			
	Materiais	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comuns em uma residência – Nota 5</li> <li>Comuns em laboratório simples – Nota 3</li> <li>Muito Específico – Nota 1</li> </ul>			
Tempo	Tempo Necessário	<ul style="list-style-type: none"> <li>Até 1h – Nota 5</li> <li>Até 1 dia – Nota 3</li> <li>Mais de 1 dia – Nota 1</li> </ul>		Nota	

Fonte: Autor (2016).

Por não existir uma padronização, os parâmetros são definidos pelo avaliador, desde que esse mesmo critério de avaliação seja aplicado a todas as análises. O mesmo ocorre para os critérios fundamentais, requisitos e valores atribuídos aos parâmetros, podendo acrescentar ou subtraí-los, desde que seja seguido um desenvolvimento lógico, como foi apresentado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido ao grande número de análises avaliadas (30), as avaliações detalhadas de cada análise encontram-se no Apêndice A. Nas tabelas 7, 8, 9 e 10, estão relacionados os parâmetros e as análises com as respectivas notas, além de suas notas finais. As tabelas representam os grupos de determinação de resultados, D, I, G e C, respectivamente. A sequência foi reordenada segundo suas notas, usando as notas dos critérios fundamentais como critérios de desempate, na sequência de precisão, custo, complexidade e tempo.

### 4.1 ANÁLISES DO GRUPO D

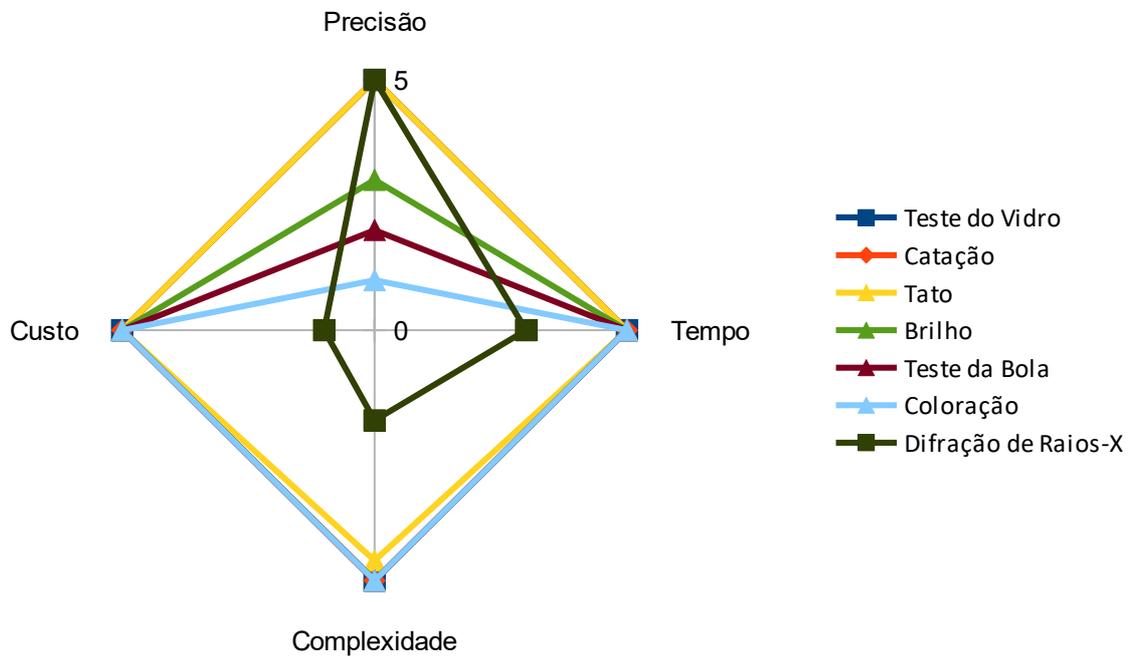
Tabela 7 – Conjunto de notas das análises do grupo D.

		ANÁLISES						
		Teste do Vidro	Catãção	Tato	Brilho	Teste da Bola	Coloraçã	Difração de Raios-X
Precisão	Precisão dos Resultados	5	5	5	5	3	1	5
	Determinação Direta	5	5	5	1	1	1	5
<b>Nota Ponderada da Precisão</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>Custo</b>	Serviço	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
	Local	5	5	5	5	5	5	1
Complexidade	Mão de obra	5	5	3	5	5	5	1
	Equipamentos	5	5	5	5	5	5	1
	Reagentes	5	5	5	5	5	5	3
	Materiais	5	5	5	5	5	5	3
<b>Nota Ponderada da Complexidade</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4,6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1,8</b>
<b>Tempo</b>	Tempo Necessário	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
<b>Nota Total</b>		20,0	20,0	19,6	18,0	17,0	16,0	10,8

Fonte: Autor (2016).

Para auxiliar na interpretação dos dados relatados na Tabela 7, foram feitos gráficos que relacionam as análises com as notas ponderadas de cada critério fundamental (destacadas em negrito).

Figura 22 - Comportamento das avaliações dos critérios fundamentais das análises do grupo D.



Fonte: Autor (2016).

Na representação do gráfico, Figura 22, é possível destacar que os valores observados mais próximos da borda significa que a análise está mais próxima do ideal estabelecido. Cada segmento do eixo, partindo-se da origem, representa um critério principal: quanto mais próximo da origem, representa que a análise tem notas baixas naquele critério (tendendo ao valor 1); quanto mais longe da origem, maior a nota daquele critério (tendendo ao valor 5), indicando estar mais próxima à situação ideal.

Os gráficos individuais das análises encontram-se no Apêndice A (páginas 56 a 59), logo após suas respectivas tabelas de avaliação.

## 4.2 ANÁLISES DO GRUPO I

Tabela 8 – Conjunto de notas das análises do grupo I.

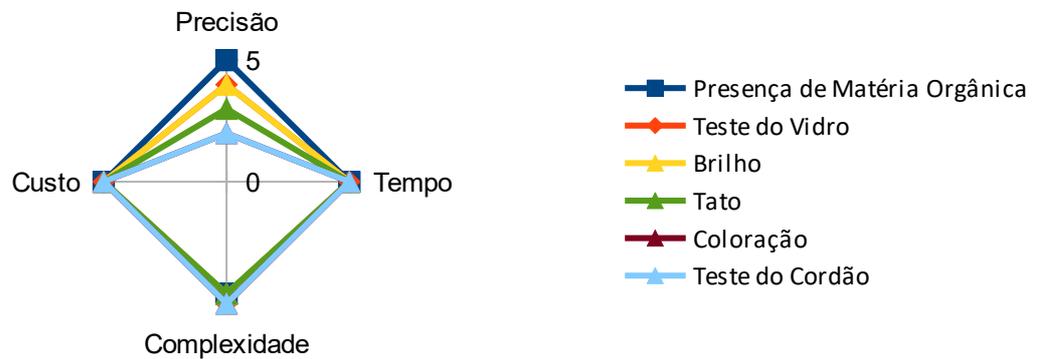
		ANÁLISES								
		Presença de M.O. <sup>2</sup>	Teste do Vidro	Brilho	Tato	Coloração	Teste do Cordão	Teor de Sais Solúveis	Teor de M.O. <sup>2</sup>	Difração de Raios-X
Precisão	Precisão dos Resultados	5	3	3	5	3	3	5	5	5
	Determinação Direta	5	5	5	1	1	1	5	5	5
<b>Nota Ponderada da Precisão</b>		<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Custo</b>	Serviço	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>1</b>
Complexidade	Local	5	5	5	5	5	5	3	3	1
	Mão de obra	3	5	3	3	5	5	3	3	1
	Equipamentos	5	5	5	5	5	5	3	3	1
	Reagentes	5	5	5	5	5	5	5	5	3
	Materiais	5	5	5	5	5	5	5	5	3
<b>Nota Ponderada da Complexidade</b>		<b>4,6</b>	<b>5</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3,8</b>	<b>3,8</b>	<b>1,8</b>
<b>Tempo</b>	Tempo	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Nota total</b>		<b>19,6</b>	<b>19,0</b>	<b>18,6</b>	<b>17,6</b>	<b>17,0</b>	<b>17,0</b>	<b>16,8</b>	<b>14,8</b>	<b>10,8</b>

Fonte: Autor (2016).

2 M.O.: Matéria Orgânica do solo.

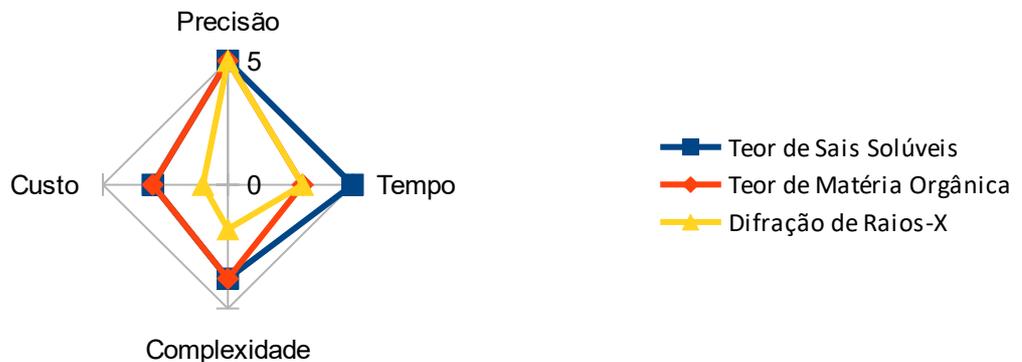
Para auxiliar na interpretação dos dados relatados na Tabela 8, foram feitos gráficos que relacionam as análises com as notas ponderadas de cada critério fundamental (destacadas em negrito). A Figura 23 apresenta o comportamento gráfico das análises não-laboratoriais, a Figura 24 apresenta o gráfico das análises laboratoriais.

Figura 23 - Comportamento das avaliações dos critérios fundamentais das análises do grupo I.



Fonte: Autor (2016).

Figura 24 - Comportamento das avaliações dos critérios fundamentais das análises do grupo I.



Fonte: Autor (2016).

Na representação do gráfico, Figura 23, é possível destacar que as análises de menor complexidade (notas próximas a 5) têm os comportamentos muito próximos, exceto pela precisão. Na Figura 24 observa-se que as análises laboratoriais são muito precisas mas divergem em custo e tempo. A análise de Difração de Raios-X se mostrou com o desempenho muito abaixo das demais.

Os gráficos individuais das análises encontram-se no Apêndice A (p. 60 a 64), logo após suas respectivas tabelas de avaliação.

### 4.3 ANÁLISES DO GRUPO G

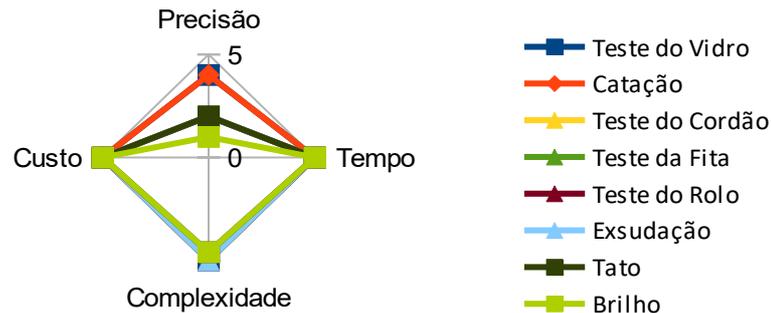
Tabela 9 – Conjunto de notas das análises do grupo G.

		ANÁLISE									
		Teste do Vidro	Catação	Teste do Cordão	Teste da Fita	Teste do Rolo	Exsudação	Tato	Brilho	Granulometria	Ensaio de Plasticidade
Precisão	Precisão dos Resultados	3	3	3	3	3	3	3	1	5	3
	Determinação Direta	5	5	1	1	1	1	1	1	5	1
<b>Nota Ponderada da Precisão</b>		<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
<b>Custo</b>	Serviço	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
Complexidade	Local	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3
	Mão de obra	5	5	5	5	5	5	3	3	3	1
	Equipamentos	5	5	5	5	5	5	5	5	3	1
	Reagentes	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3
	Materiais	5	5	5	5	5	5	5	5	3	3
<b>Nota Ponderada da Complexidade</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4,6</b>	<b>4,6</b>	<b>3</b>	<b>2,2</b>
<b>Tempo</b>	Tempo	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Nota total</b>		<b>19,0</b>	<b>19,0</b>	<b>17,0</b>	<b>17,0</b>	<b>17,0</b>	<b>17,0</b>	<b>16,6</b>	<b>15,6</b>	<b>14,0</b>	<b>10,2</b>

Fonte: Autor (2016).

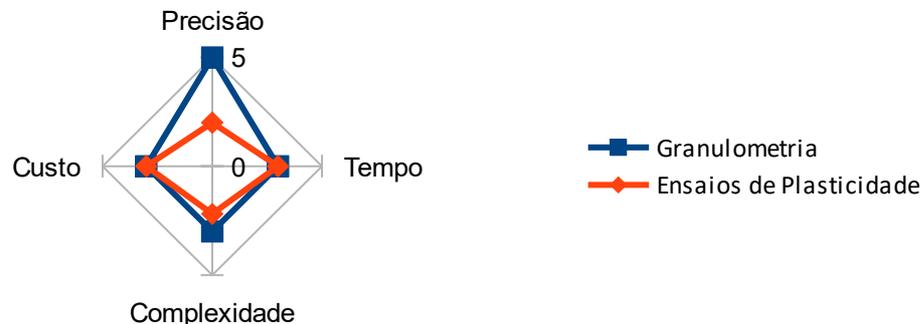
Para auxiliar na interpretação dos dados relatados na Tabela 9, foram feitos gráficos que relacionam as análises com as notas ponderadas de cada critério fundamental (destacadas em negrito).

Figura 25 – Comportamento das avaliações dos critérios fundamentais das análises do grupo G.



Fonte: Autor (2016).

Figura 26 – Comportamento das avaliações dos critérios fundamentais das análises do grupo G.



Fonte: Autor (2016).

Na representação gráfica das avaliações das análises não-laboratoriais, na Figura 25, todas as análises têm comportamento próximo, exceto pela precisão. O Teste do Vidro e a Catação se destacaram das demais. Na Figura 26 observam-se os comportamentos das análises laboratoriais, demonstrando que a Granulometria teve melhor precisão dentre todas as análises do mesmo grupo, porém todos os outros critérios obtiveram notas medianas. Os Ensaios de Plasticidade tiveram baixo desempenho frente às demais.

Os gráficos individuais das análises encontram-se no Apêndice A (p. 65 a 69), logo após suas respectivas tabelas de avaliação.

#### 4.4 ANÁLISES DO GRUPO C

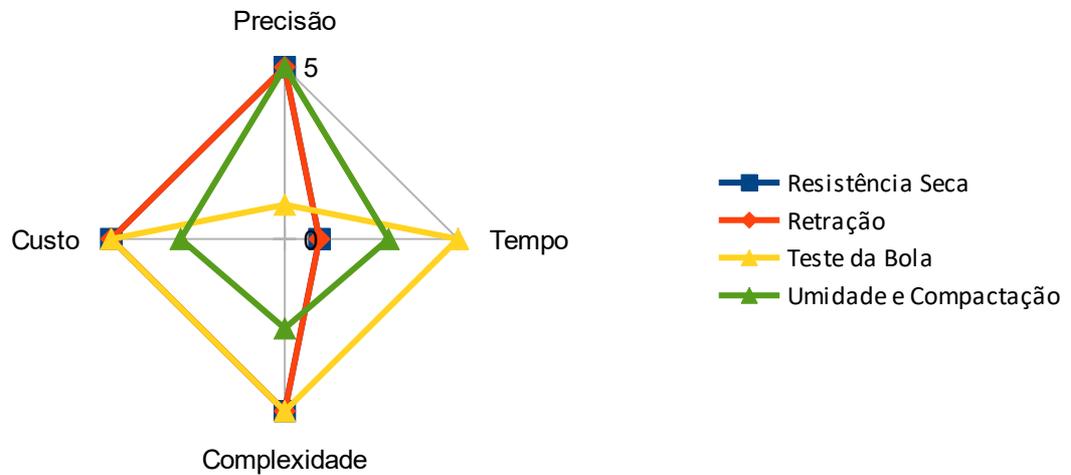
Tabela 10 – Conjunto de notas das análises do grupo C.

		ANÁLISES			
		Resistência Seca	Retração	Teste da Bola	Umidade e Compactação
Precisão	Precisão dos Resultados	5	5	1	5
	Determinação Direta	5	5	1	5
<b>Nota Ponderada da Precisão</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>5</b>
<b>Custo</b>	Serviço	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
Complexidade	Local	5	5	5	1
	Mão de obra	5	5	5	3
	Equipamentos	5	5	5	1
	Reagentes	5	5	5	5
	Materiais	5	5	5	3
<b>Nota Ponderada da Complexidade</b>		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>2,6</b>
<b>Tempo</b>	Tempo	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>
<b>Nota total</b>		16,0	16,0	16,0	13,6

Fonte: Autor (2016).

Para auxiliar na interpretação dos dados relatados na Tabela 10, foram feitos gráficos que relacionam as análises com as notas ponderadas de cada critério fundamental (destacadas em negrito).

Figura 27 - Comportamento dos critérios fundamentais das análises do grupo C.



Fonte: Autor (2016).

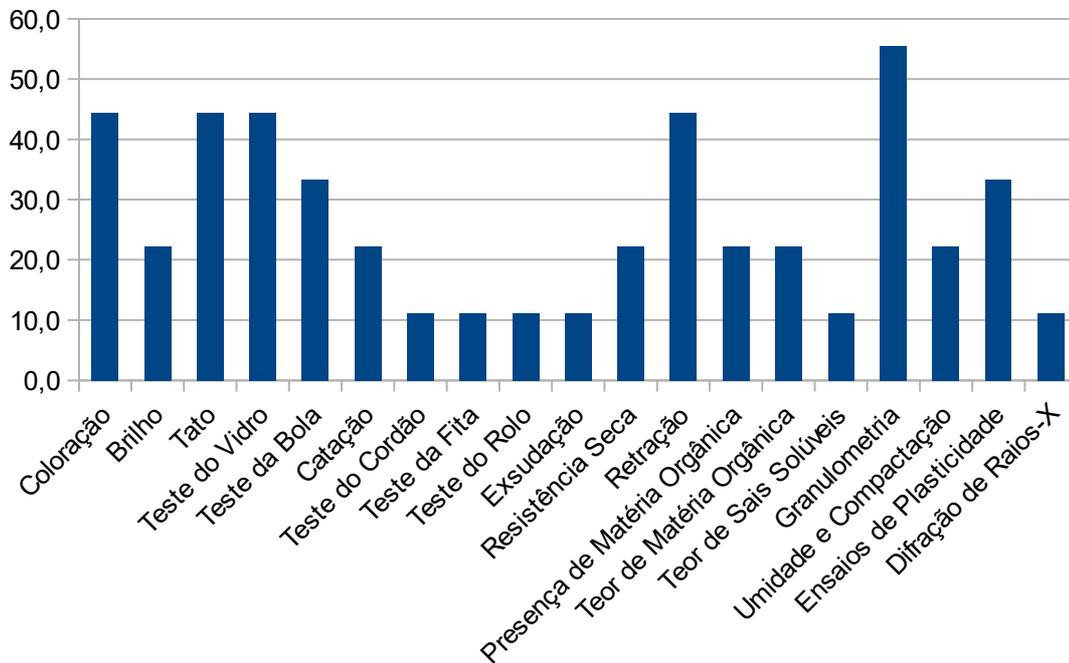
Na representação do gráfico, Figura 27, é possível observar que todas as análises divergem bastante. Os Testes de Resistência Seca e Retração mostraram-se com bom desempenhos exceto pelo longo tempo necessário. O Teste da Bola mostrou ter bom desempenho exceto pela baixa precisão, enquanto a análise de Umidade e Compactação – única análise laboratorial deste grupo – mostrou desempenho mediano em todos os critérios, exceto pela alta precisão.

Os gráficos individuais das análises encontram-se no Apêndice A (p. 70 e 71), logo após suas respectivas tabelas de avaliação.

#### 4.5 VALIDAÇÃO DO MÉTODO

Para validar o método criado, fez-se um levantamento de quais análises foram citadas em alguns artigos sobre construções em terra crua, onde encontraram-se nove trabalhos, no total, especialmente sobre tijolos adobe (NOLASCO, 1998; OLIVEIRA, 2011; PISANI, 2004, AGUIAR Jr., 2013; LAREDO, 2013; BRAGA, 2003; ACHENZA, 2008; NEVES *et al.*, 2005; FARIA, 2002). Para facilitar essa validação, elaborou-se um gráfico, ilustrado na Figura 26, com o percentual de trabalhos citados anteriormente. Os detalhes da elaboração do histograma encontram-se no Apêndice B.

Figura 28 - Percentual das citações de análises em outros trabalhos.



Fonte: Autor (2016).

A média percentual de citações que cada análise teve foi de 26,3%. As análises com citações acima da média foram: Granulometria (55,6%); Coloração (44,4%); Tato (44,4%); Teste do Vidro (44,4%); Retração (44,4%); Teste da Bola (33,3%) e Plasticidade (33,3%).

Observa-se que as nove análises mais citadas nesses trabalhos atende a todos os quatro grupos de análises: Busca por compostos desejados (D), compostos indesejados (I), granulometria (G) e comportamento do solo (C).

O Teste do Vidro atende a três dos quatro grupos (D, I e G), ocupando nesses grupos a primeira ou segunda posição.

Os Testes do Tato e da Coloração fazem parte do grupo de Testes Táctil-Visuais, proposto por Neves *et al.* (2005), indicados como testes preliminares para escolha do solo.

O Teste da Cor atende aos grupos D e I, enquanto, o Teste do Tato atende aos grupos D, I e G, porém, no grupo G tem uma posição bem inferior, mostrando-se mais adequado às determinações dos dois primeiros grupos.

A granulometria mostra-se o teste de maior precisão no grupo G. A retração tem a melhor nota do seu grupo (C).

O Teste da Bola atende ao grupo D, mas em posição bem inferior aos testes do Vidro e de Tato. Atende também ao grupo C, mas é o teste com menor precisão do grupo.

Os Ensaio de Plasticidade obtiveram a menor nota no seu grupo (G). A fim de organizar essas observações, montou-se uma tabela (Tabela 10) relacionando as notas totais de cada análise com suas respectivas posições nos devidos grupos.

Tabela 11 – Notas totais e respectivas posições das análises dentro dos grupos D, I, G e C.

	<b>Granulo- metria</b>	<b>Coloração</b>	<b>Tato</b>	<b>Teste do Vidro</b>	<b>Retração</b>	<b>Teste da Bola</b>	<b>Plasti- cidade</b>
<b>Nota em D (posição)</b>	–	16,0 (6)	19,6 (3)	20,0 (1)	–	17,0 (5)	–
<b>Nota em I (posição)</b>	–	17,0 (5)	18,0 (4)	19,0 (2)	–	–	–
<b>Nota em G (posição)</b>	14,0 (9)	–	16,6 (7)	19,0 (1)	–	–	10,2 (10)
<b>Nota em C (posição)</b>	–	–	–	–	16,0 (1)	16,0 (3)	–

Fonte: Autor (2016).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- O método mostrou-se de fácil entendimento, mesmo envolvendo várias análises e requisitos a serem julgados individualmente.
- A análise e interpretação inicial da qualidade dos resultados mostraram-se essenciais, a fim de dividir as análises em grupos menores.
- O método mostra-se totalmente flexível para qualquer tipo de análise ou projeto.
- O método mostrou-se flexível à adaptação ao contexto do usuário, ainda que se deseje maior abrangência ou maior detalhamento de cada análise.
- Como principal desvantagem observou-se que o método torna-se muito extenso e às vezes cansativo.
- Tem a desvantagem de tratar com muitos julgamentos subjetivos ou com aspectos difíceis de quantificar.
- O grupo I demonstrou que deveria ser sub-dividido, para que comparassem-se análises que tratam dos mesmos compostos (sais solúveis, matéria orgânica ou argilas expansivas).
- Critérios que possuem vários requisitos mostraram-se consistentes e comparáveis com os critérios que possuem apenas um ou dois requisitos.
- A validação do método mostrou-se satisfatória, mostrando que os julgamentos de relevância das análises devem levar em conta suas notas gerais combinadas com as notas dos critérios fundamentais, além de, por vezes, ser útil considerar as suas posições em relação às outras análises no mesmo grupo de determinação.

## 6 PERSPECTIVAS

O presente trabalho demonstrou possibilidade de ampliação na validação do método, visando analisar o produto final (tijolo adobe) que tenha sido fabricado levando em consideração as análises indicadas após as avaliações.

O método mostra-se, grosso modo, apto à programação computacional, facilitando a automação dos julgamentos de seus requisitos e, principalmente, julgar quais análises tornam-se mais relevantes às condições (contexto) dadas pelo avaliador, preenchendo dados de entrada simples, como tempo disponível e limite de custos.

A abordagem interdisciplinar mostrou-se inovadora e promissora, mostrando-se aplicável às etapas avançadas da produção e construção em terra crua, ajudando a estruturar análises e métodos mais concisos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 7181. **Solo - Análise Granulométrica**. Comitê Brasileiro de Construção Civil. Comissão de Estudo de Identificação e Compactação de Solo. Rio de Janeiro, 1988.

\_\_\_\_\_. NBR 6502. **Rochas e Solos**. Comitê Brasileiro de Construção Civil. Comissão de Estudo de Rochas e Solos. Rio de Janeiro, 1995.

ACHENZA, Maddalena; CIRILLO, Atzeni; SILVIA, Mocchi; SANNA, Ulrico. **I Manuali del recupero dei centri storici della sardegna: Il Manuale tematico della terra cruda**. Regione Autonoma della Sardegna. ITACA (Interventi di trasferimento di Attività e Competenze Ambientali), 2008.

AGUIAR JUNIOR, A. L. ; FURTINI, M. B. . **Utilização de capim-santo na fabricação de tijolos de solo cimento em Bom Jesus-PI**. In: XXII Seminário de Iniciação Científica da UFPI, 2013, Teresina-PI. XXII Seminário de Iniciação Científica da UFPI, 2013.

ARAÚJO FILHO, J. C. ; ARAUJO, M. S. B. ; MARQUES, F. A. ; LOPES, H.L. . **Solos**. In: Fernanda Soares de Miranda Torres; Pedro Augusto dos Santos Pfaltzgraff. (Org.). Geodiversidade de Pernambuco. 1ed.Recife: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2014, v. , p. 109-138.

BARBOSA, N. P.; FORMOSO, C. T.; INO, A. **Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. Porto Alegre, ANTAC, 480p. 2003.

BOMFIM, G. A. **Metodologia para desenvolvimento de projeto**. 1984.

BONSIEPE, G; KELLNER, P; POESSNECKER, H. **Metodologia experimental: desenho industrial**. Brasília: CNPq/Coordenação editorial. 1984.

BRAGA, Márcia. **Conservação e restauro**. 2003. Disponível em: [http://www.marciabraga.arq.br/vo/images/stories/pdf/MarciaBraga\\_arq\\_bras.pdf](http://www.marciabraga.arq.br/vo/images/stories/pdf/MarciaBraga_arq_bras.pdf)  
Acesso em 22 de Outubro de 2016.

CORRÊA, A. A. R. ; Teixeira, Vitor Hugo ; Lopes, Sebastião Pereira ; Oliveira, Marcelo Silva de . **Avaliação das propriedades físicas e mecânicas do adobe (tijolo de terra crua)**. Ciência e Agrotecnologia (UFLA) , v. 30, p. 503-515, 2006.

DONAGEMA, Guilherme Kangussú. **Manual de Métodos de Análise de Solos / organizadores, Guilherme Kangussú Donagema... [et al.]**. — Dados eletrônicos. — Rio de Janeiro : Embrapa Solos. 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 132). 2011.

FARIA, Obede Borges. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 199 p. 2002.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e Mapeamento de mecanização das terras do estado da Paraíba utilizando sistema de informações geográficas**. Areia: UFPB/CCA, 2010. 107 p. 2010.

LAREDO, Gustavo. **Como fazer tijolo sem queima**. Revista Globo Rural, 2013: Disponível em: <http://revistagloborural.globo.com/vida-na-fazenda/como-fazer/noticia/2013/12/como-fazer-tijolo-sem-queima.html> Acesso em: 15 de Outubro de 2016.

LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos/ Igo F. Lepsch**. -2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

NEVES, Célia Maria Martins; FARIA, Obede Borges; ROTONDARO, Rodolfo; CEVALLOS, Patricio S.; HOFFMANN, Márcio. **Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra – práticas de campo. Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo**. In: IV SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE CONSTRUÇÃO COM TERRA, 4. E SEMINÁRIO ARQUITECTURA DE TERRA EM PORTUGAL, 3., 2005, Monsaraz (Portugal). Atas... Vila Nova de Cerveira (Portugal): Escola Superior Galaecia, 2005.

NOLASCO, Adriana Marla; NOLASCO, Arnaldo César; SOFFNER, Maria de Lourdes A. P.; SILVA, José Orodino da. **Adobe: como produzir o tijolo sem queima reforçado com fibra de bananeira**. Piracicaba : ESALQ, (Série Produtor Rural, 11). 24 p. 1998.

OLIVEIRA, M. M. de. **Tecnologia da conservação e da restauração - materiais e estruturas : um roteiro de estudos**. -4 ed. Salvador : EDUFBA : PPGAU, 2011.

PISANI, M. A. J. **Taipas: A arquitetura de terra**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

SILVA, S. R. da. **Tijolos de solo-cimento reforçado com serragem de madeira**. Dissertação (mestrado). 2005.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Principais normas técnicas para edificações**. 4. ed. Belo Horizonte: Sinduscon-MG/CBIC, 2015.

SOUZA, Jorge Luiz Moretti de. **Manual de Construções Rurais**. / Jorge Luiz Moretti de Souza, -- Curitiba : DETR/SCA/UFPR, 165 p. 1997.

VIANA NETO, Ivaldo Brasileiro. **Adaptação de tijolos de adobe para o Agreste de Pernambuco: matérias-primas** / Ivaldo Brasileiro Viana Neto. - Caruaru: O Autor, 2013.

## **APÊNDICE**

## APÊNDICE A – Detalhamento das avaliações das análises por grupo (D, I, G, C)

Nesta seção encontram-se as avaliações das análises apresentadas neste trabalho. A sequência se dá pela ordem que aparecem no trabalho. Abaixo das tabelas há seus respectivos gráficos com o comportamento dos seus critérios fundamentais. Quanto maior a área e quanto mais próximo das pontas, mais próximo da situação ideal estabelecida.

### Análises do Grupo D

Tabela 12 – Avaliação do teste de coloração para determinar compostos desejados.

#### Análise: **Coloração**

Resumo: Solos inorgânicos possuem coloração clara e brilhante (NEVES *et al.*, 2005), cores vermelhas ou roxas (PISANI, 2004).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Baixa	1	1	16,0
	Determinação Direta	Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
Materiais	Comum Res.	5			
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 29 – Comportamento gráfico do teste de coloração no grupo D (Autor, 2016).



Tabela 13 – Avaliação do teste de brilho para determinar compostos desejados.

#### Análise: **Brilho**

Resumo: Superfícies brilhantes indicam terra argilosa, pouco brilho indica terra siltosa, opaca indica ser arenosa (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	3	18,0
	Determinação Direta	Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
Materiais	Comum Res.	5			
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 30 – Comportamento gráfico do teste do brilho no grupo D (Autor, 2016).

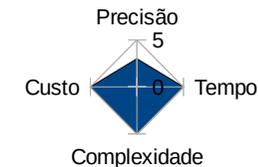


Tabela 14 – Avaliação do teste do tato para determinar compostos desejados.

**Análise: Tato**

Resumo: Esfregando um punhado de terra na mão, avalia a sensação: abrasivo indica presença de areia, pegajosidade indica argila (ACHENZA, 2008).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	19,6
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	4,6	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 31 – Comportamento gráfico do teste do tato no grupo D (Autor, 2016).

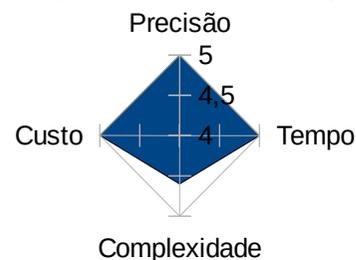


Tabela 15 – Avaliação do teste do vidro para determinar compostos desejados.

**Análise: Teste do Vidro**

Resumo: Coloca-se a terra até altura de  $\frac{1}{4}$  (ACHENZA, 2008),  $\frac{1}{3}$  (NEVES *et al.*, 2005) ou até metade de um pote de vidro com tampa (NOLASCO, 1998), adicionando água até cerca de  $\frac{2}{3}$  da altura do vidro. Tampa e agita-o vigorosamente por vários segundos, em seguida coloca-o em repouso em local plano e espera a terra decantar. Haverá segregação da areia, silte e argila. A espessura de cada camada é proporcional à porcentagem de cada fração (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	20,0
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 32 – Comportamento gráfico do teste do vidro no grupo D (Autor, 2016).

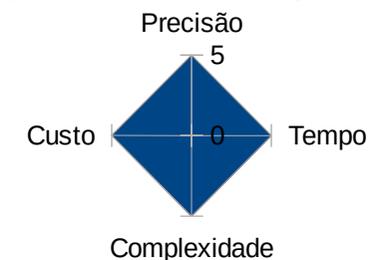


Tabela 16 – Avaliação do teste da bola para determinar compostos desejados.

**Análise: Teste da Bola**

Resumo: Faz-se uma bola com um punhado de terra úmida e então solta-a da altura aproximada de 1m. Quanto mais coesa após a queda, mais argila; quanto mais espalhada, arenosa (FARIA, 2002).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Média	3	2	17,0
		Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 33 – Comportamento gráfico do teste da bola no grupo D (Autor, 2016).

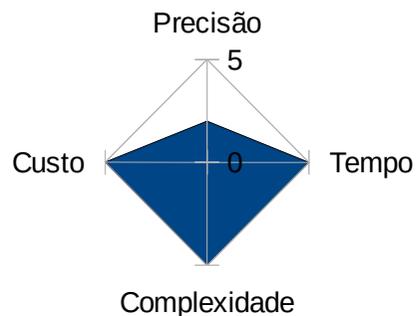


Tabela 17 – Avaliação do teste de catação para investigar compostos desejados.

**Análise: Catação**

Resumo: Cata-se as partículas distinguíveis a olho nu, separando de acordo com o diâmetro e avalia-se as quantidades de cada fração. Areia terá entre 2 e 0,08mm, partículas menores serão silte e argila (ACHENZA, 2008).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Alta	5	5	20,0
		Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 34 – Comportamento gráfico do teste de catação no grupo D (Autor, 2016).

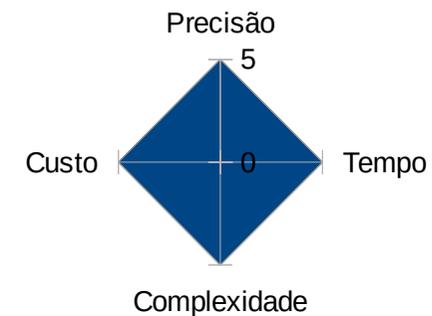


Tabela 18 – Avaliação da análise de difração de raios-x para determinar compostos desejados.

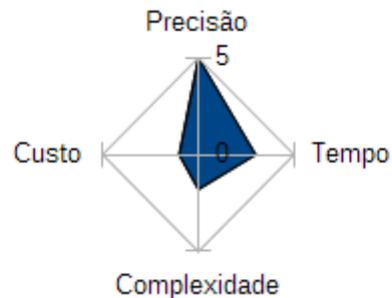
**Análise: Difração de Raios-X**

Resumo: Identifica minerais planares e não planares através de análise dos picos registrados pelo difratômetro de raios-X. A amostra de argila é previamente separada e tratada para esse fim (DONAGEMA, 2011).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	10,8
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Alto	1	1	
Comple- xidade	Local da Análise	Muito Específ.	1	1,8	
	Mão-de-obra	Muito Especial	1		
	Equipamentos	Muito Específ.	1		
	Reagentes	Comum Lab.	3		
	Materiais	Comum Lab.	3		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1 dia	3	3	

Fonte: Autor (2016).

Figura 35 – Comportamento gráfico da análise de difração de raios-x no grupo D (Autor, 2016).



## Análises do Grupo I

Tabela 19 – Avaliação do teste da coloração para determinar compostos indesejados.

### Análise: **Coloração**

Resumo: Cores próximas ao preto indicam presença de matéria orgânica (BRAGA, 2003); cores marrom escuro, verde oliva ou preta são cores características de solos orgânicos (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Média	3	2	17,0
		Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 36 – Comportamento gráfico do teste da coloração no grupo I (Autor, 2016).

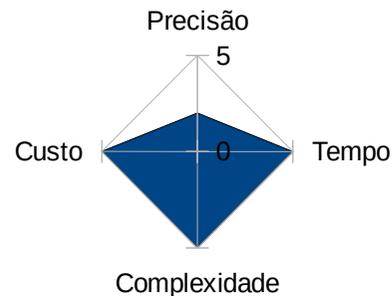


Tabela 20 – Avaliação do teste de brilho para determinar compostos indesejados.

### Análise: **Brilho**

Resumo: Minerais folhosos, de fácil descamação, como a malacacheta (mica) tem brilho facilmente identificável (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Média	3	4	19,0
		Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 37 – Comportamento gráfico do teste do brilho no grupo I (Autor, 2016).

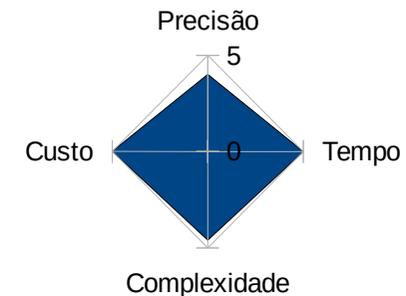


Tabela 21 – Avaliação do teste do tato para determinar compostos indesejados.

**Análise: Tato**

Resumo: Terra fofa indica presença de matéria orgânica (BRAGA, 2003), textura esponjosa indica terra orgânica (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	3	17,6
	Determinação Direta	Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	4,6	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 38 – Comportamento gráfico do teste do tato no grupo I (Autor, 2016).

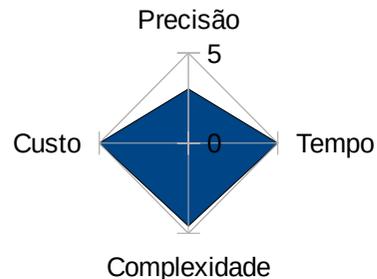


Tabela 22 – Avaliação do teste do vidro para determinar compostos indesejados.

**Análise: Teste do Vidro**

Resumo: Coloca-se a terra em um pote de vidro com tampa (NOLASCO, 1998), adicionando água até cerca de 2/3 da altura do vidro. Tampa e agita-o vigorosamente por vários segundos, em seguida coloca-o em repouso até a terra decantar. A matéria orgânica ficará boiando, turvando a água e/ou resíduos mais densos decantam sobre a camada de argila (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Média	3	4	19,0
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 39 – Comportamento gráfico do teste do vidro no grupo I (Autor, 2016).

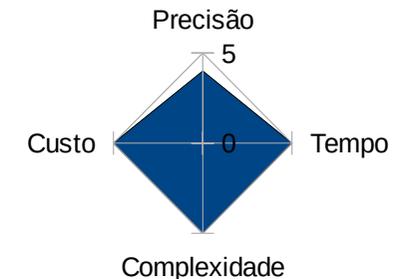


Tabela 23 – Avaliação do teste do cordão para determinar compostos indesejados.

**Análise: Teste do Cordão**

Resumo: Avalia a resistência e plasticidade, relacionando então à textura da terra. Toma-se uma porção de terra, umedece aos poucos e rola em uma superfície lisa até que se forme um cordão que se quebre com 3mm de diâmetro. Em seguida forma-se uma bola e verifica a resistência ao esmagá-la entre os dedos. Se a bola é esponjosa e suave, indica solo orgânico (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Média	3	2	17,0
	Determinação Direta	Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 40 – Comportamento gráfico do teste do cordão no grupo I (Autor, 2016).

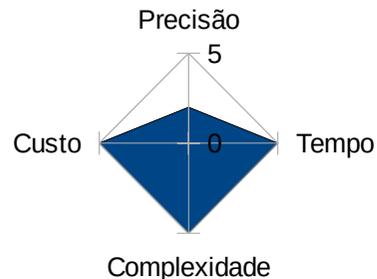


Tabela 24 – Avaliação de presença de matéria orgânica indesejada.

**Análise: Presença de Matéria Orgânica**

Resumo: Adiciona-se um pouco de água oxigenada a uma pequena porção de terra; caso haja efervescência, indica presença de matéria orgânica (sendo oxidada pela água oxigenada) (DONAGEMA, 2011).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	20,0
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 41 – Comportamento gráfico do teste de presença de M.O. (Autor, 2016).

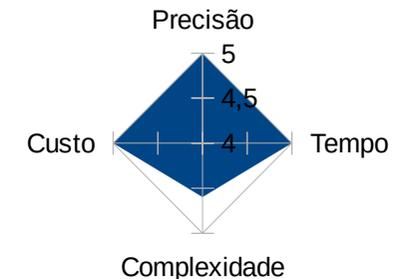


Tabela 25 – Avaliação da análise do teor de matéria orgânica indesejada.

**Análise: Teor de Matéria Orgânica**

Resumo: Oxida a matéria orgânica utilizando dicromato de potássio em meio sulfúrico, com aquecimento. O excesso de dicromato é então titulado com sulfato ferroso amoniacal (DONAGEMA, 2011).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	14,8
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Médio	3	3	
Comple- xidade	Local da Análise	Específico	3	3,8	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Específicos	3		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1 dia	3	3	

Fonte: Autor (2016).

Figura 42 – Comportamento gráfico da análise de teor de M.O. no grupo I (Autor, 2016).

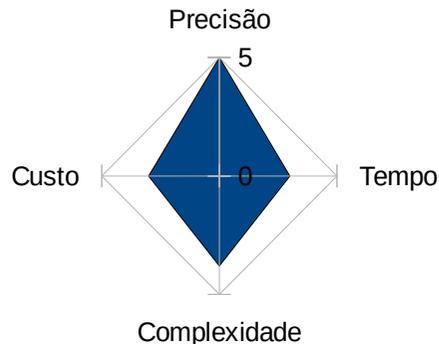


Tabela 26 – Avaliação da análise de teor de sais solúveis indesejáveis.

**Análise: Teor de Sais Solúveis**

Resumo: Salinidade é obtida pela medição da condutividade elétrica da pasta saturada da terra em água (DONAGEMA, 2011).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	16,8
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Médio	3	3	
Comple- xidade	Local da Análise	Específico	3	3,8	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Específicos	3		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 43 – Comportamento gráfico do teste de sais sol. no grupo I (Autor, 2016).

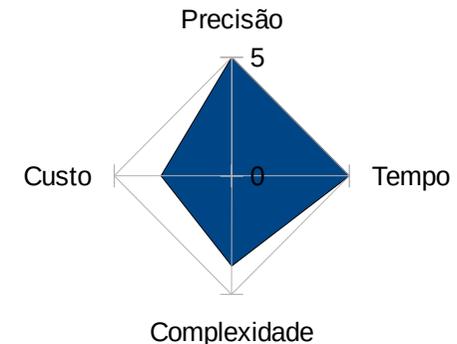


Tabela 27 – Avaliação da análise de difração de raios-x para determinar compostos indesejados.

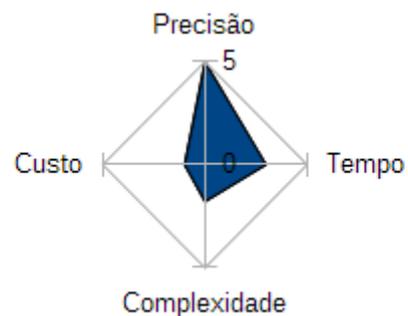
**Análise: Difração de Raios-X**

Resumo: Identifica minerais planares e não planares através de análise dos picos registrados pelo difratômetro de raios-X. A amostra de argila é previamente separada e tratada para esse fim (DONAGEMA, 2011). É a forma mais precisa de determinar argilas expansivas e outros minerais que prejudicam a liga da terra.

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	10,8
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Alto	1	1	
Comple- xidade	Local da Análise	Muito Específ.	1	1,8	
	Mão-de-obra	Muito Especial	1		
	Equipamentos	Muito Específ.	1		
	Reagentes	Comum Lab.	3		
	Materiais	Comum Lab.	3		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1 dia	3	3	

Fonte: Autor (2016).

Figura 44 – Comportamento gráfico da análise de difração de raios-x no grupo I (Autor, 2016).



## Análises do Grupo G

Tabela 28 – Avaliação do teste do brilho para determinar granulometria do solo.

### Análise: **Brilho**

Resumo: Avalia a presença da argila ao cortar uma bola de terra úmida e compacta. Superfícies brilhosas indicam terra argilosa, pouco brilho indica terra siltosa, superfícies opacas indicam terra arenosa (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Baixa	1	1	15,6
		Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	4,6	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 45 – Comportamento gráfico do teste do brilho no grupo G (Autor, 2016).

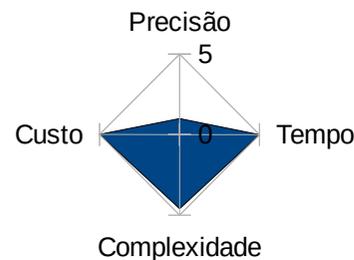


Tabela 29 – Avaliação do teste do tato para determinar granulometria do solo.

### Análise: **Tato**

Resumo: Esfregando a terra seca entre os dedos, verifica se é abrasiva (indicando areia) ou suave como talco (indicando silte). Ao umedecer, se tornar-se pegajosa, indica presença de argila. Ao secar, a argila tona-se resistente (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Média	3	2	16,6
		Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	4,6	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 46 – Comportamento gráfico do teste do tato no grupo G (Autor, 2016).

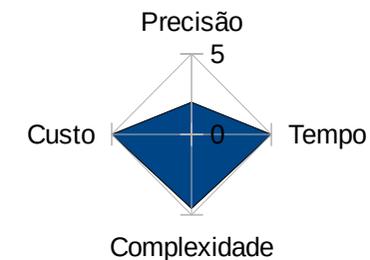


Tabela 30 – Avaliação do teste do vidro para determinar granulometria do solo.

**Análise: Teste do Vidro**

Resumo: Coloca-se a terra em um pote de vidro com tampa (NOLASCO, 1998), adicionando água até cerca de 2/3 da altura do vidro. Tampa e agita-o vigorosamente por vários segundos, em seguida coloca-o em repouso até a terra decantar. A areia decanta primeiro, seguida do silte e, por último, a argila. A espessura de cada camada é proporcional à quantidade da respectiva fração (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Média	3	4	19,0
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 47 – Comportamento gráfico do teste do vidro no grupo G (Autor, 2016).

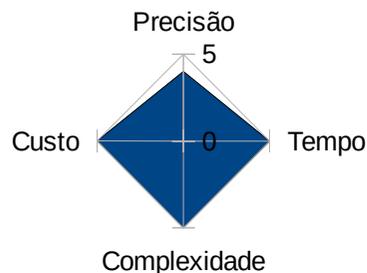


Tabela 31 – Avaliação do teste de catação para a granulometria do solo.

**Análise: Catação**

Resumo: Cata-se as partículas distinguíveis a olho nu, separando de acordo com o diâmetro e avalia-se as quantidades de cada fração. Areia terá entre 2 e 0,08mm, partículas menores serão silte e argila (ACHENZA, 2008).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Média	3	4	19,0
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 48 – Comportamento gráfico do teste de catação no grupo G (Autor, 2016).

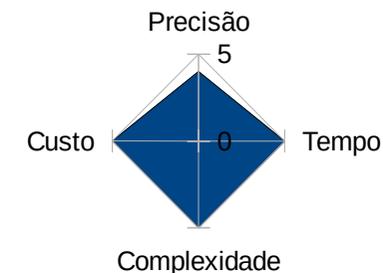


Tabela 32 – Avaliação do teste do cordão para determinar granulometria do solo.

**Análise: Teste do Cordão**

Resumo: Avalia a resistência e plasticidade, relacionando então à textura da terra. Toma-se uma porção de terra, umedece aos poucos e rola em uma superfície lisa até que se forme um cordão que se quebre com 3mm de diâmetro. Em seguida forma-se uma bola e verifica a resistência ao esmagá-la entre os dedos. Quanto mais difícil de quebrar a bola e mais plástica, maior o teor de argila, mais frágil e menos plástica, indica mais areia (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Média	3	2	17,0
		Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 49 – Comportamento gráfico do teste do cordão no grupo G (Autor, 2016).

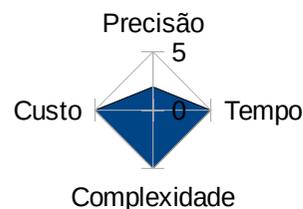


Tabela 33 – Avaliação do teste da fita para determinar granulometria do solo.

**Análise: Teste da Fita**

Resumo: Avalia a plasticidade e relaciona-se com o tipo (textura) do solo. O procedimento é semelhante ao teste do cordão, mas formando um cilindro semelhante a um cigarro e, então, amassá-lo até obter uma fita de 3 a 6mm de espessura e maior comprimento possível. Se é possível fazer uma fita com mais de 25cm sem dificuldade, indica muita plasticidade e, portanto, muita argila; fita curta (5 a 10cm) indica plasticidade média; se não forma fita indica pouca plasticidade e pouca argila (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Média	3	2	17,0
		Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 50 – Comportamento gráfico do teste da fita no grupo G (Autor, 2016).

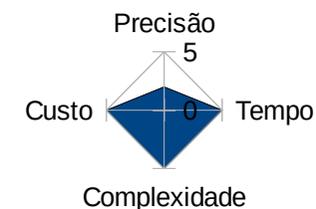


Tabela 34 – Avaliação do teste do rolo para determinar granulometria do solo.

**Análise: Teste do Rolo**

Resumo: Umedece e amassa uma porção de terra até formar um cilindro com 200mm de comprimento e 25mm de diâmetro. Deslizá-lo pra fora da superfície de uma mesa até que o rolo dobre-se o suficiente para iniciar rachaduras. Caso rompa-se com menos de 80mm, há pouca argila; acima de 120mm indica excesso de argila (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Média	3	2	17,0
	Determinação Direta	Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 51 – Comportamento gráfico do teste do rolo no grupo G (Autor, 2016).

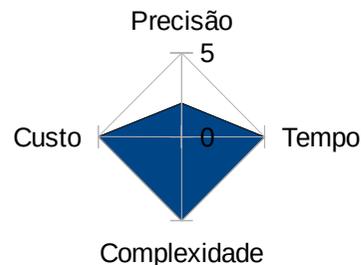


Tabela 35 – Avaliação do teste de exsudação para det. granulometria do solo.

**Análise: Exsudação**

Resumo: Avalia a capacidade de a massa manter a água dispersa no seu volume (SOUZA, 1997). Ao golpear uma bola de terra bastante úmida, na mão, quanto mais fácil liberar água (5 a 10 golpes), indica pouca plasticidade e, conseqüentemente, indica que a terra tende a ser arenosa; se acima de 30 golpes a bola quase não tem mudança, tem-se alta plasticidade, indicando ser argiloso (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Média	3	2	17,0
	Determinação Direta	Indireta	1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 52 – Comportamento gráfico do teste de exsudação no grupo G (Autor, 2016).

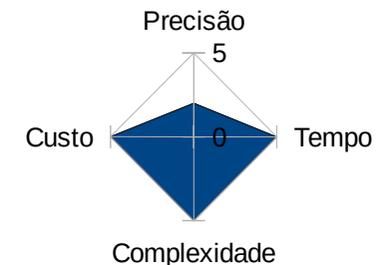


Tabela 36 – Avaliação da análise granulométrica padrão.

**Análise: Granulometria**

Resumo: Faz-se separação das areias e porções mais grossas através de peneiramento e então pesadas e determinadas cada fração; as frações finas (silte e argila) são determinadas pelo método de Bouyocos, medindo a densidade da solução de solo, água e dispersante, em tempos determinados (DONAGEMA, 2011). É tido como método padrão pra determinação laboratorial das quantidades das partículas de solo (ABNT 1988, 1995).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Alta Direta	5	5	14,0
			5		
Custo	Serviço	Médio	3	3	
Comple- xidade	Local da Análise	Específico	3	3	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Específicos	3		
	Reagentes	Comum Lab.	3		
	Materiais	Comum Lab.	3		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1 dia	3	3	

Fonte: Autor (2016).

Figura 53 – Comport. gráfico do teste da análise de granulometria no grupo G (Autor, 2016).

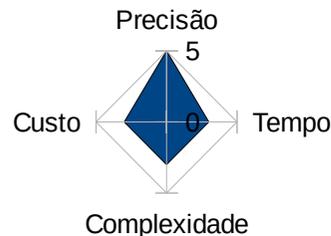


Tabela 37 – Avaliação da análise dos ensaios de plasticidade sobre granulometria.

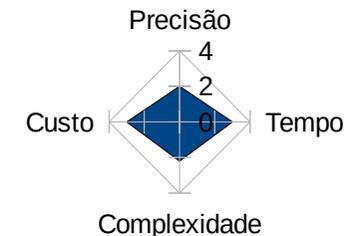
**Análise: Ensaios de Plasticidade**

Resumo: Determinação da umidade necessária para a terra mudar do estado líquido para o estado plástico (limite de liquidez) e relacionar com o teor de umidade referente à mudança do estado plástico ao estado semi-sólido (limite de plasticidade). A diferença ente esses limites é o índice de plasticidade (DONAGEMA, 2011). Pode-se relacionar o índice de plasticidade com a quantidade de argila (alta plasticidade) ou de areia (baixa plasticidade). O silte é intemediário nessa relação (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Média Direta	3	2	10,2
			1		
Custo	Serviço	Médio	3	3	
Comple- xidade	Local da Análise	Específico	3	2,2	
	Mão-de-obra	Muito Especial	1		
	Equipamentos	Muito Especif.	1		
	Reagentes	Comum Lab.	3		
	Materiais	Comum Lab.	3		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1 dia	3	3	

Fonte: Autor (2016).

Figura 54 – Comportamento gráfico do teste do tato no grupo G (Autor, 2016).



## Análises do Grupo C

Tabela 38 – Avaliação do teste da bola sobre o comportamento do solo.

### Análise: **Teste da Bola**

Resumo: Ao formar uma bola com terra úmida, solta-a de altura próxima a 1m e observa sua fragmentação. Quanto mais concisa, indica que o solo tem boa coesão; caso esfarele-se e espalhe bastante, indica pouca coesão de suas partículas (NEVES *et al.*, 2005).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Baixa Indireta	1	1	16,0
			1		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1h	5	5	

Fonte: Autor (2016).

Figura 55 – Comportamento gráfico do teste da bola no grupo C (Autor, 2016).

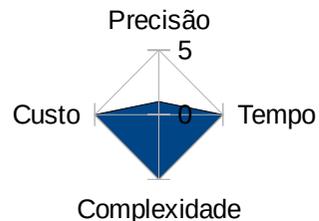


Tabela 39 – Avaliação do teste de resistência seca sobre o comport. do solo.

### Análise: **Resistência Seca**

Resumo: Produzem-se discos de terra com aproximadamente 8cm de diâmetro e 1cm de espessura e seca-os ao sol por alguns dias. Avalia-se a resistência ao cisalhamento, quebrando os discos com as mãos. Quanto mais difícil quebrá-lo, maior a coesão das partículas e mais resistente ao cisalhamento, que é uma característica desejada no produto final (ACHENZA, 2008).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result. Determinação Direta	Alta Direta	5	5	16,0
			5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Mais de 1 dia	1	1	

Fonte: Autor (2016).

Figura 56 – Comport. gráfico do teste de resistência seca no grupo C (Autor, 2016).

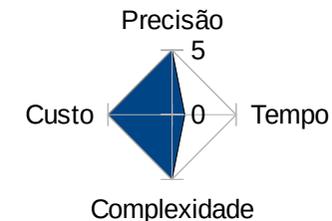


Tabela 40 – Avaliação do teste de retração sobre o comportamento do solo.

**Análise: Retração**

Resumo: Preenchem-se formas de tamanhos definidos com terra em estado não muito pastoso e, então, são postos a secar por alguns dias à sombra. Quanto menos retração e menor quantidade de fissuras, indica o como o tijolo (produto final) se comportará ao secar (NEVES *et al.*, 2005; ACHENZA, 2008).

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	16,0
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Baixo	5	5	
Comple- xidade	Local da Análise	Ñ-Específico	5	5	
	Mão-de-obra	Ñ-Especificada	5		
	Equipamentos	Ñ-Específico	5		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Res.	5		
Tempo	Tempo Necessário	Mais de 1 dia	1	1	

Fonte: Autor (2016).

Figura 57 – Comportamento gráfico do teste de retração no grupo C (Autor, 2016).

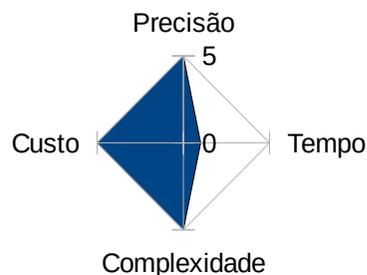


Tabela 41 – Avaliação da análise de umidade e compactação no comp. do solo.

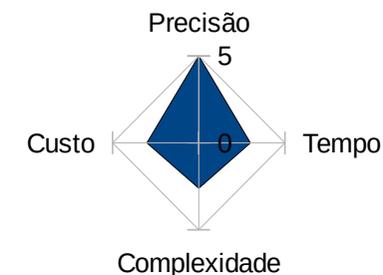
**Análise: Umidade e Compactação**

Resumo: Determina-se a umidade ótima de compactação, ponto em que se obtém maior densidade do material, diminuindo a porosidade e aumentando a resistência à compressão (SOUZA, 1997). Corrêa (2006) recomenda esta determinação principalmente na produção de blocos de terra comprimida – BTC.

Critério	Requisito	Parâmetro	Nota	Média Ponderada	Nota Total
Precisão	Precisão dos Result.	Alta	5	5	13,6
	Determinação Direta	Direta	5		
Custo	Serviço	Médio	3	3	
Comple- xidade	Local da Análise	Muito Especif.	1	2,6	
	Mão-de-obra	Especializada	3		
	Equipamentos	Muito Especif.	1		
	Reagentes	Comum Res.	5		
	Materiais	Comum Lab.	3		
Tempo	Tempo Necessário	Até 1 dia	3	3	

Fonte: Autor (2016).

Figura 58 – Comp. gráfico do teste de umidade e compact. no grupo C (Autor, 2016).



## APÊNDICE B – Detalhamento da obtenção do histograma das citações das análises em outros trabalhos

Foram analisados nove trabalhos sobre construções em terra crua e analisados quanto a indicarem ou citarem testes e análises de solo. Inicialmente, criamos uma tabela e foram marcados com “X” os testes citados por cada trabalho avaliado. Em seguida, contabilizaram-se essas citações, como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Diagrama das análises deste trabalho com outros trabalhos da área de construção em terra crua.

	Cor	Brilho	Tato	Teste Vidro	Teste Bola	Catação	Teste Cordão	Teste Fita	Teste Rolo	Exsudação	Resist. Seca	Retração	Pres. M.O.	Teor M.O.	Teor de Sais	Granulometria	Umid. e Comp.	Plasticidade	Difração Raios-X
<b>NOLASCO (1998)</b>				X									X			X			
<b>OLIVEIRA (2011)</b>	X											X		X	X	X	X	X	X
<b>PISANI (2004)</b>	X	X	X										X						
<b>AGUIAR Jr. (2013)</b>														X		X			
<b>LAREDO (2013)</b>					X														
<b>BRAGA (2003)</b>	X		X																
<b>ACHENZA (2008)</b>			X	X		X					X	X							
<b>NEVES et al. (2005)</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	
<b>FARIA (2002)</b>				X	X							X				X		X	
<b>Total de citações</b>	4	2	4	4	3	2	1	1	1	1	2	4	2	2	1	5	2	3	1
<b>% de citações</b>	44,4	22,2	44,4	44,4	33,3	22,2	11,1	11,1	11,1	11,1	22,2	44,4	22,2	22,2	11,1	55,6	22,2	33,3	11,1

Fonte: Autor (2016).

Com base nesses dados percentuais, construiu-se o gráfico apresentado na Figura 28.