

# INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

DIRETORIA DE PESQUISA

PROJETOS DE PESQUISA/INOVAÇÃO

Edital nº 41/2023 PIBIC FAPESQ

## 1 - UNIDADE PROPONENTE

Campus: <b>CAMPUS-JP</b>
-----------------------------

## 2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

Título do projeto: <b>Análise da qualidade de solos regionais para impressão 3D em construções de terra crua</b>	
Grande área de conhecimento: <b>ENGENHARIAS</b>	Área de conhecimento: <b>ENGENHARIA CIVIL</b>
Área temática: <b>Construção civil</b>	Tema: <b>None</b>
Período de execução: <b>Início: 01/11/2023   Término: 31/10/2024</b>	


## 3 - CARACTERIZAÇÃO DOS BENEFICIÁRIOS

Público alvo	Quantidade
--------------	------------

## 4 - EQUIPE PARTICIPANTE

PROFESSORES E/OU TÉCNICOS ADMINISTRATIVOS DO IFPB			
Membro	Contatos	Vínculo	Titulação
Nome: <b>Marcos Alyssandro Soares dos Anjos</b> Matrícula: <b>1372249</b>	Tel.: <b>/ (83) 3612-1300 (ramal: 1300)</b> E-mail: <b>marcos.anjos@ifpb.edu.br</b>	Voluntário	DOUTORADO
Nome: <b>Whelson Oliveira de Brito</b> Matrícula: <b>1867243</b>	Tel.: <b>(83) 9683-5053 / (83) 3612-1274 (ramal: 1274)</b> E-mail: <b>whelson_oliveira@yahoo.com.br</b>	Voluntário	MESTRE+RSC-III (LEI 12772/12 ART 18)

## 5 - DISCRIMINAÇÃO DO PROJETO

<b>Resumo</b>
<b>Introdução</b> O termo “construções em terra” abrange diversas técnicas milenares e contemporâneas como: taipa de mão, taipa de pilão, cob, tijolo de adobe, coordwood, blocos c com terra crua trata-se de um sistema construtivo milenar, datado de cerca de 5.000 anos e que, ainda hoje é o método construtivo mais utilizado em todo o mu construção civil (Silva, 2000). Diferentes populações no mundo ainda vivem em construções em terra, uma das construções em terra mais famosas são as constru UNESCO, apresentada na Figura 1.  Figura 1. Shibam cidade de terra no Yemen (imagem google maps). Um dos princípios primordiais da construção em terra é o fato da matéria-prima não ser calcinada para a produção do material de construção, e por isto ser chamad mais sustentável que se pode ter para a ampla necessidade de moradia no mundo, pois nenhum outro material se apresenta na natureza com tanta abundância como a ‘

construção com terra, o termo “terra” se refere a um solo com características adequadas para se produzir blocos e paredes para a moradia de pessoas. Normalmente a terra crua para construção tem teores de silte e argila em torno de 30% a 65% e de areia de 35% a 70%. Devido a terra crua (chamada também de solo apenas com solo podem sofrer degradação com o tempo e a ação da água, desta forma este material terra crua é normalmente estabilizado com materiais resistentes materiais pozolânicos ou aditivos de origem mineral. Desta forma o avanço desta tecnologia milenar está na adaptação de solos locais de diferentes localidades n desempenho técnico em termos de resistência adequada e durabilidade para uso em habitações.

### Justificativa

O déficit habitacional no Brasil está na ordem de 5,8 milhões de moradias, como aponta o estudo da Fundação João Pinheiro, que também apresenta uma tendência de civil é responsável por 25% das emissões de gases de efeito estufa, que são gerados durante os diversos processos envolvidos na construção civil (LI et al., 2019; W cerca de 7% destas emissões globais de CO<sub>2</sub>, devido ao processo inerente a sua produção, que é a calcinação do carbonato de cálcio.

Segundo o *World Business Council for Sustainable Development* (WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT, 2009) os edifícios são consumo de energia de um edifício ocorre durante o uso em processos de refrigeração, aquecimento e iluminação.

Portanto, juntando-se o déficit habitacional, logo a necessidade urgente em novas construções para a população, principalmente a de baixa renda, e a obrigação da ind apelo para se utilizar construções em terra, pois é um material abundante, de baixo impacto ambiental e somado a isto, torna as habitações com menor necessidade d faz melhorar o conforto térmico dos ambientes interno, principalmente em regiões de clima quente.

No entanto, há de se modernizar esta construção milenar e porque não com o que há de mais moderno na tecnologia da construção civil que é a impressão 3D de habi projeto pretende avaliar a capacidade da impressora 3D para concreto/IFPB em construir peças utilizando misturas de terra crua estabilizada com ligantes hidráulicos e grupo de pesquisa em materiais e construções sustentáveis do IFPB.

### Fundamentação teórica

Na construção do concreto convencional, a montagem e construção das peças são utilizadas moldes à base de fôrmas para a colocação e solidificação de materiais ci de obra e materiais. Mais significativamente, o uso de fôrmas também resulta em maior geração de resíduos, reduzindo assim a sustentabilidade na construção (HAC elementos demandam novas tecnologias para suprir a baixa produtividade, a fim de atender exigências globais (MUHAMMAD SALMAN et al., 2021).

Neste contexto a indústria 4.0 com uso de tecnologias digitais, onde estão incluídas a manufatura aditiva (MA), também conhecida como impressão 3D, vem ganh civil. Este tipo de tecnologia tem como fundamento a junção de materiais, a fim de desenvolver uma estrutura tridimensional elaborada de acordo com um modelo dígi A manufatura aditiva para construção civil, se baseia basicamente na impressão 3D de concreto (3DCP), que é uma técnica que vem se destacando pela inovação e maior liberdade de design, redução de materiais descartados, melhor trabalhabilidade são alguns dos benefícios desse tipo de tecnologia. Entretanto, uma dificuldade aos requisitos da impressão 3D. Por ser uma tecnologia recente, é de difícil acesso, com o custo alto de obtenção e que ainda precisa de muitos estudos, porém, para propor uma mistura sustentável com redução de cimento (LONG et al., 2019).

Muitas perguntas ainda precisam ser respondidas acerca da manufatura aditiva para a construção civil, as principais são: qual o tipo de impressora é a ideal; como obt produtos construídos com manufatura aditiva, pois não há códigos (normas) nacionais e nem internacionais sobre tema. Por isto há muitos grupos de pesquisa trabalhan Contudo, os principais questionamentos foram levantados por Fratello e Rael (2020): “*Como tecnologias como a manufatura aditiva podem impactar a maneira con mais pessoas acesso a tecnologias emergentes, reduzindo custos e tornando o software fácil de usar? Todas essas são preocupações contemporâneas que a arquitetura*” O grupo de pesquisa em materiais e construções sustentáveis têm realizado pesquisas sobre a manufatura aditiva, exatamente para demonstrar como esta tecnologia j própria para proporcionar primeiro, o conhecimento teórico, técnico e científico sobre o assunto, para em seguida aplicá-lo de forma sustentável e duradouro.

### Objetivo geral

O presente projeto consiste em um método de pesquisa experimental que visa estudar a viabilidade de se utilizar misturas de terra crua estabilizada com ligantes mecânicas adequadas à impressão 3D, ou como denominaremos ao longo deste projeto 3D-Terracrua (*3D Earthen construction*).

Objetivos específicos:

- Coletar solos regionais;
- Realizar a caracterização dos solos do ponto de vista físico e mineralógico;
- Realizar a dosagem das misturas 3D-Terracrua;
- Determinar e analisar o comportamento reológico das misturas 3D-Terracrua;
- Avaliar a capacidade de construir peças por impressão das misturas 3D-Terracrua.

### Metas

- 1 - Coletar solos regionais;
- 2 - Realizar a caracterização dos solos do ponto de vista físico e mineralógico;
- 3 - Realizar a dosagem das misturas 3D-Terracrua;
- 4 - Determinar e analisar o comportamento reológico das misturas 3D-Terracrua
- 5 - Avaliar a capacidade de construir peças por impressão das misturas 3D-Terracrua.
- 6 - Relatório

### Metodologia da execução do projeto

Para execução do projeto são necessários analisar a viabilidade de uso de diversos materiais, a princ trabalho são descritos abaixo:

Solo com proporções de argila-silte-areia na faixa ideal para construções com terra. A seleção se dará com a c ensaios de laboratórios

Cimento Portland CP V – ARI

Adições minerais: Filer calcário (F) e metacaulim (MK)

Aditivo químico: Superplastificantes (SP) e modificadores de viscosidade (VMA)

### Métodos e técnicas

#### Etapa 1: Caracterização dos materiais precursores.

Para caracterizar e avaliar as propriedades dos materiais precursores serão utilizados os métodos expost análises descritos na Tabela 1 estão disponíveis no IFPB/campus-João Pessoa e reitoria/IFPB.

Tabela 1. Ensaios a serem realizados

	Propriedade	Método
Agregados, Cimento, adições e minerais	Distribuição granulométrica	Peneiramento
	Massa específica (ME)	Chapman/balança hidrostática
	Teor de Material pulverulento	Lavagem dos agregados
	Absorção de água por imersão	Balança hidrostática
	Limites de atterberg	Limite de liquidez, limite de plasticidade e limite de contração
	Área superficial	BET

### Etapa 2: Avaliação da quantidade de cimento e adições minerais ideais na mistura 3D-TerraCrua

Para o estudo da melhor resposta do comportamento do solo quanto a capacidade de impressão 3D ser:

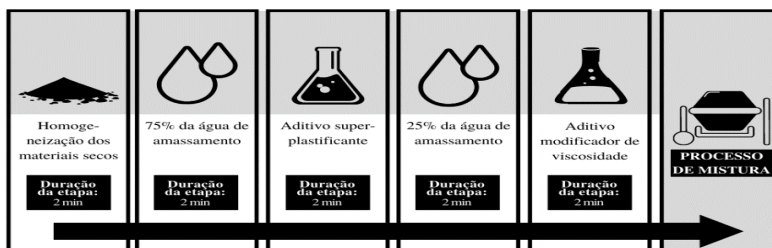
Tabela 2.

Tabela 2. Composição das misturas de análise

Cimento	Filer	MK	Solo	A/C	S
1,00			2,0	A definir	0
1,00			2,0	A definir	1
1,00			2,0	A definir	1,0
0,15	0,65	0,20	2,0	A definir	0
0,15	0,65	0,20	2,0	A definir	1
0,15	0,65	0,20	2,0	A definir	1,0

Em seguida serão realizados os processos de mistura (Figura 2) para obtenção das misturas 3DT (misturadas) para analisar a propriedades no estado fresco descritas na etapa 3 e as propriedades no estado endurecido.

Figura 2. Esquematização do processo de mistura dos compósitos.



Fonte: Barbosa (2022).

**Etapa 3. Avaliação das propriedades reológicas e físicas das misturas 3D-Terra crua.**

A tabela 3 apresenta os testes que serão realizados nas misturas cimentícias definidas na etapa as propriedades físicas das misturas cimentícias em análise.

Tabela 3. Ensaios a serem realizados para a caracterização das propriedades da

Propriedade	Ensaio
Viscosidade aparente	Espalhamento na mesa de c
Viscosidade real	Viscosímetro rotacio
Densidade de massa e teor de ar incorporado	Método gravimétric

**Etapa 4. Determinação da capacidade de construção.**

Para a análise de viabilidade da impressão das misturas 3DTC serão moldadas peças por impressão 3 pelo grupo de pesquisa do orientador deste projeto e que está disponível nos laboratórios de engenharia civil c com base no método proposto em Chen et al. (2020), em que se considera a construção de peças com 400 mm c

**Disseminação dos resultados**

**Acompanhamento e avaliação do projeto durante a execução**

A avaliação será realizada ao longo da execução do projeto com reuniões semanais entre os participantes, com apresentação dos resultados da pesquisa a cada m resultados as metas e atividades serão atualizadas no SUAP. Serão produzidos os relatórios, parcial e final, conforme previsto no edital. Durante a execução da pesq divulgação científica em congressos nacionais e/ou internacionais.

ATIVIDADE	INÍCIO DO PLANO	DURAÇÃO DO PLANO	PERÍODOS																	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11							
Meta 1: Coletar solos regionais;	1	1																		
Meta 2: Realizar a caracterização dos solos do ponto de vista físico e mineralógico;	2	3																		
Meta 3: Realizar a dosagem das misturas 3D-Terracrua;	3	7																		
Meta 4: Determinar e analisar o comportamento reológico das misturas 3D-Terracrua;	4	7																		

**Meta 5: Avaliar a capacidade de construir peças por impressão das misturas 3D-Terracrua.**

8

5



#### Referências bibliográficas

HAGER, I.; GOLONKA, A.; PUTANOWICZ, R. 3D Printing of Buildings and Building Components as t  
**Engineering**, v. 151, p. 292–299, 2016.

LI, Y. L.; HAN, M. Y.; LIU, S. Y.; CHEN, G. Q. Energy consumption and greenhouse gas emissions by bu  
**Environment**, [S. l.], 2019. DOI: 10.1016/j.buildenv.2018.11.003.

MUHAMMAD SALMAN, N. et al. Importance and potential of cellulosic materials and derivatives in extrus  
and challenges. **Construction and Building Materials**, v. 291, p. 123281, jul. 2021.

PINHEIRO, Levi; RANGEL, Bárbara; GUIMARÃES, Ana; SILVA, Adeildo, *Panorama da produção de obr  
últimos 60 anos no brasil*. 2º Congresso internacional de história da construção Luso-Brasileira, 14 a 16 setemb  
SILVA, Cláudia Gonçalves Thaumaturgo da. Conceitos e preconceitos relativos às construções em terra cru  
Pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. **Energy efficiency in buildings: 1**  
10.1108/EUM0000000002227.

WU, Yunpeng; KRISHNAN, Padmaja; YU, Liya E.; ZHANG, Min Hong. Using lightweight cement compc  
energy consumption of buildings. **Construction and Building Materials**, [S. l.], 2017. DOI: 10.1016/j.conbuil

#### 6 - CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Meta	Atividade	Especificação	Indicador(es) qualitativo(s)	Indicador físico		Período de execução	
				Unid.de Medida	Qtd.	Início	Término
1	1	Visita a depósitos de solos regionais e coleta	Coletar diferentes tipos de solos		0	01/11/2023	30/11/2023
2	1	Caracterização dos solos do ponto de vista físico e mineralógico;	Resultados de massa unitária, específica, granulometria, composição química e mineralógica. Limite de liquidez e plasticidade		0	01/12/2023	29/02/2024
3	1	Realizar o estudo teórico da dosagem que solo-cimento e testes preliminares para avaliação da adequação a impressão 3D	Definição das misturas		0	01/01/2024	31/07/2024
4	1	Comportamento reológico das misturas 3D-Terracrua;	realização de ensaios de fluidez e viscosidade das misturas		0	01/02/2024	31/08/2024
5	1	Capacidade de construir peças por impressão das misturas 3D-Terracrua.	Impressão de peças 3D em terra crua com foco na construção de paredes		0	01/06/2024	31/10/2024
6	1	Relatório parcial	Entrega do relatório		0	01/05/2024	31/05/2024
6	2	Relatório Final	Entrega do relatório final		0	01/11/2024	30/11/2024

#### 7 - PLANO DE APLICAÇÃO

Classificação da despesa	Especificação	PROEX (R\$)	DIGAE (R\$)	Campus proponente (R\$)	Total (R\$)
339018	Auxílio Financeiro a Estudantes	0	0	0	0
<b>TOTAIS</b>		<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

#### 8 - CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO

Despesa	Mês 1	Mês 2	Mês 3	Mês 4	Mês 5	Mês 6	Mês 7	Mês 8	Mês 9	Mês 10	Mês 11	Mês 12
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00	700.00

**Anexo A**

## MEMÓRIA DE CÁLCULO

CLASSIFICAÇÃO DE DESPESA	ESPECIFICAÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA	QUANT.	VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL	ATIVO
339018 - Auxílio Financeiro a Estudantes	Pagamento de bolsa a estudante	mês	12	700.00	8400.00	Sim
<b>TOTAL GERAL</b>					<b>8.400,00</b>	