

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO DO USO DE ÓLEO DE COCO BABAÇU COMO DESMOLDANTE
PARA FORMAS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**

PAULO RICARDO ALVES DOS REIS SANTOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. HUDSON CHAGAS DOS SANTOS

TERESINA
2021

PAULO RICARDO ALVES DOS REIS SANTOS

**AVALIAÇÃO DO USO DE ÓLEO DE COCO BABAÇU COMO DESMOLDANTE
PARA FORMAS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Materiais.

Área de Concentração: Processamento e Caracterização de Materiais

Orientador: **Profº. Dr. Hudson Chagas dos Santos**

**TERESINA
2021**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Santos, Paulo Ricardo Alves dos Reis

S237a Avaliação do uso de óleo de coco babaçu como desmoldante para formas de estruturas de concreto / Paulo Ricardo Alves dos Reis Santos. - 2021. 58 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central, 2021.

Orientador : Prof. Dr. Hudson Chagas dos Santos.

1. Desmoldante. 2. Babaçu. 3. Concreto. I. Título.

CDD - 620.1

Elaborado por Sindya Santos Melo CRB 3/1085



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ - IFPI
CAMPUS TERESINA CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MATERIAIS / PPG-EM
Praça da Liberdade, 1597 - Centro - Teresina - PI CEP. 64.000-040
Fone: (86) 3131 – 9468, endereço eletrônico: <http://ppgem.ifpi.edu.br/home>

PAULO RICARDO ALVES DOS REIS SANTOS

AVALIAÇÃO DO USO DE ÓLEO DE COCO BABAÇU COMO DESMOLDANTE

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais do Instituto Federal do Piauí, como parte integrante dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Materiais.

Aprovada em: 26/11/2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hudson Chagas dos Santos (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

Prof. Dr. Vicente Galber Sousa Viana (Avaliador Interno)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí - IFPI

Prof. Dr. José Sebastião Cidreira Vieira (Avaliador Externo)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão- IFMA

AGRADECIMENTOS

As diversas dificuldades que foram enfrentadas ao longo da realização deste trabalho somente puderam ser transpostas com o apoio de pessoas queridas do meu convívio. Assim, venho por meio deste agradecer:

A Deus pela oportunidade.

Aos meus pais, Luzinete Alves dos Reis e Paulo Sérgio Pereira da Silva Santos, meus pilares de suporte para enfrentar todas as batalhas da vida.

À minha companheira, Lirana Lamara Barreto da Silva, pela força, companheirismo, confiança, paciência, amor e incentivo em todos os momentos ao longo dessa trajetória.

Aos meus irmãos, Carlos Eduardo e Leonardo pelo fraternalismo e amizade.

Ao Professor Dr. Hudson Chagas dos Santos, pelas orientações, amizade, confiança e incentivo.

Ao Professor Dr. Haroldo Reis Alves de Macêdo, pela disponibilidade e atenção em realizar as medidas de ângulo de contato.

Ao Coordenador do PPGE M Gilvan Moreira da Paz pelo apoio, incentivo, ensinamentos e disponibilidade em nos receber.

Aos colegas da turma de 2019.1 do PPGE M pelos momentos de alegria, descontração e companheirismo.

A todos os professores do PPGE M-IFPI pela dedicação em nos repassar suas experiências, incentivos e ensinamentos.

Ao amigo Francílio pela disponibilidade e eficiência em seu trabalho.

A instituição UniFacema, pela disponibilização do espaço do laboratório de Tecnologia dos Materiais.

Enfim, a todos que falei e aos demais que não lembrei, mas que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

Se formos pelo caminho mais fácil, nunca mudamos.

(Marina Abramovic)

RESUMO

Os desmoldantes são produtos que têm a capacidade de formar uma fina camada oleosa entre o elemento moldado e a forma, evitando a aderência entre estes e consequentemente promovendo uma desforma facilitada. Nos canteiros de obra, um fato bem comum, é a utilização de desmoldantes de baixo custo, geralmente provenientes da mistura de óleos residuais à base de petróleo, com o intuito de 'baratear' os custos de execução. No entanto, esses tipos de produtos provocam reações prejudiciais ao concreto, favorecendo o aparecimento de manchas, microporos e até mesmo quebras de parte da seção do elemento, comprometendo a estética e vida útil do elemento. Esta pesquisa, buscou avaliar a aplicabilidade do óleo vegetal extraído do coco babaçu como desmoldante para formas empregadas na execução de elementos de concreto. Realizou-se um estudo experimental comparando-se o óleo de babaçu (OB) com outros dois tipos de desmoldantes comumente utilizados nos canteiros de obras, o óleo residual (OR) e o óleo mineral (OM). O programa experimental consistiu em determinar as propriedades físico-químicas de cada um dos óleos (índice de acidez, índice de saponificação, viscosidade e densidade), realizar a medição do ângulo de contato dos óleos, moldar corpos de prova com dimensões (25cm x 50cm x 5cm) e analisar qualitativamente a qualidade da superfície do elemento de concreto e das formas após a remoção do molde, verificar a capacidade de espalhamento e recobrimento dos óleos na superfície da forma e avaliar o grau de dificuldade de desforma. A análise qualitativa revelou uma maior quantidade de microporos na superfície dos corpos de provas moldados com o OB, porém obteve-se com o uso deste óleo uma desforma mais fácil quando comparado aos demais tipos de óleos aqui estudados (OR e OM). Além disso, o OB apresentou uma boa capacidade de recobrimento e espalhamento na superfície da forma, além de uma menor degradação dos moldes após desforma, sendo isto importante no aspecto econômico das obras, uma vez que irá possibilitar um reaproveitamento maior das formas na produção de novos elementos. Assim, a partir dos resultados apresentados, foi constatado que o óleo de coco babaçu possui aplicabilidade como um produto desmoldante na indústria da construção civil.

Palavras-chave: desmoldante, babaçu, concreto, forma.

ABSTRACT

Release agents are products that have the ability to form a thin oily layer between the molded element and the mold, preventing adhesion between them and consequently promoting an easier demolding. In construction sites, a very common fact is the use of low-cost mold release agents, usually from the mixture of petroleum-based residual oils, in order to 'cheapen' the cost of execution. However, these types of products cause harmful reactions to concrete, favoring the appearance of stains, micropores and even breakage of part of the element section, compromising the aesthetics and life of the element. This research aimed to evaluate the applicability of vegetable oil extracted from babassu coconut as a mold release agent for molds used in the execution of concrete elements. An experimental study was conducted comparing babassu oil (OB) with two other types of mold release agents commonly used on construction sites, waste oil (WO) and mineral oil (OM). The experimental program consisted in determining the physical-chemical properties of each oil (acidity index, saponification index, viscosity and density), measuring the contact angle of the oils, molding specimens with dimensions (25cm x 50cm x 5cm) and qualitatively analyzing the surface quality of the concrete element and the molds after removal from the mold, verifying the spreading and coating capacity of the oils on the mold surface, and evaluating the degree of difficulty in demolding. The qualitative analysis revealed a greater amount of micropores on the surface of the specimens molded with OB, but the use of this oil resulted in easier demolding when compared to the other types of oils studied here (OR and OM). In addition, OB showed good coating and spreading capacity on the surface of the mold, as well as less degradation of the molds after demolding, which is important from the economic aspect of the works, since it will enable greater reuse of the molds in the production of new elements. Thus, from the results presented, it was found that babassu coconut oil has applicability as a mold release agent in the construction industry.

Keywords: release agent, babassu, concrete, form.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01.	Manchas na superfície de concreto do elemento.....	17
Figura 02.	Bolhas na superfície do elemento de concreto.....	18
Figura 03.	Floresta de babaçu.....	22
Figura 04.	Ocorrência da Mata dos Cocais nos estados do Piauí e Maranhão.....	23
Figura 05.	Partes constituintes do fruto do babaçu.....	24
Figura 06.	Quebradeiras de coco.....	25
Figura 07.	Óleo de coco babaçu.....	26
Figura 08.	Fluxograma processual de obtenção tradicional do óleo de babaçu.....	27
Figura 09.	Óleos desmoldantes em estudo (da esquerda para direita: OM, OR, OB).....	21
Figura 10.	Molde de madeira plastificada 25x50x5cm.....	35
Figura 11.	Corpos de prova moldados.....	32
Figura 12.	Tensiômetro/goniômetro Krüss DAS 100.....	33
Figura 13.	Pincel e rolo utilizados na aplicação dos óleos.....	34
Figura 14.	Molde de madeira (à esquerda); Molde após aplicação das gotas (à direita).....	26
Figura 15.	Evolução do formato da gota em função do tempo para a amostra de OB.....	39
Figura 16.	Evolução do formato da gota em função do tempo para a amostra de OM.....	40
Figura 17.	Evolução do formato da gota em função do tempo para a amostra de OR.....	40
Figura 18.	Estado da superfície da forma após espalhamento do OM com rolo.....	42
Figura 19.	Estado da superfície da forma após espalhamento do OR com rolo.....	42
Figura 20.	Estado da superfície da forma após espalhamento do OB com rolo.....	42
Figura 21.	Estado da superfície da forma após o gotejamento do óleo de babaçu (OB).....	43
Figura 22.	Estado da superfície da forma após o gotejamento do óleo residual (OR).....	43
Figura 23.	Estado da superfície da forma após o gotejamento do óleo mineral (OM).....	43
Figura 24.	Aspecto superficial do elemento de concreto com aplicação do OB.....	46
Figura 25.	Aspecto superficial do elemento de concreto com aplicação do OR.....	47
Figura 26.	Aspecto superficial do elemento de concreto com aplicação do OM.....	47
Figura 27.	Estado da superfície da forma após aplicação do OB.....	47
Figura 28.	Estado da superfície da forma após aplicação do OR.....	48
Figura 29.	Estado da superfície da forma após aplicação do OM.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 01.	Tipos de agentes desmoldantes.....	20
Tabela 02.	Composição do óleo de babaçu.....	28
Tabela 03.	Características físico-químicas do óleo de babaçu.....	28
Tabela 04.	Propriedades físico-químicas a serem determinadas.....	32
Tabela 05.	Critérios de análise qualitativa da superfície do concreto e das formas.....	36
Tabela 06.	Propriedades físico-químicas das amostras.....	38
Tabela 07.	Análise de espalhamento e recobrimento dos desmoldantes.....	41
Tabela 08.	Análise de rendimento dos desmoldantes.....	44
Tabela 09.	Análise qualitativa da superfície do concreto e das formas.....	46
Tabela 10.	Avaliação do grau de porosidade apresentado pelos elementos de concreto.	48
Tabela 11.	Comparação de preços dos óleos de babaçu, mineral e residual.....	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01.	Valores médios para o ângulo de contato para os óleos OB, OM e OR.....	40
Gráfico 02.	Nível de dificuldade de desforma – Nº de golpes para remoção do molde.....	45
Gráfico 03.	Correlação entre a Viscosidade e o Nível de dificuldade de desforma.....	49
Gráfico 04.	Correlação entre o índice de acidez e o aspecto da superfície do elemento de concreto.....	50
Gráfico 05.	Correlação entre o Índice de saponificação e a porosidade dos elementos de concreto.....	51

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	JUSTIFICATIVA	14
3.	OBJETIVOS	15
3.1	OBJETIVO GERAL	15
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
4.	REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1	DESMOLDANTES	16
4.1.1	Defeitos associados ao processo de desforma	16
4.1.2	Tipos de desmoldantes	19
4.2	COCO BABAÇU	22
4.3	ÓLEO DE COCO BABAÇU	25
5.	MATERIAIS E MÉTODOS	30
5.1	MATERIAIS	30
5.2	PROCEDIMENTOS DE PREPARO DOS CORPOS DE PROVAS	31
5.3	PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS	32
5.3.1	Caracterização Físico-química	32
5.3.2	Medição do Ângulo de Contato	33
5.3.3	Método do Espalhamento	34
5.3.4	Método da Gota	35
5.3.5	Análise de rendimento.....	35
5.3.6	Avaliação da dificuldade de desforma.....	36
5.3.7	Análise do aspecto da superfície do concreto e da forma.....	36
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
6.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	38
6.2	MEDIÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO.....	39
6.3	MÉTODO DO ESPALHAMENTO.....	41
6.4	MÉTODO DA GOTA.....	43
6.5	ANÁLISE DE RENDIMENTO	44
6.6	AVALIAÇÃO DA DIFICULDADE DE DESFORMA.....	44
6.7	ANÁLISE QUALITATIVA DO ASPECTO DA SUPERFÍCIE DO CONCRETO E DA FORMA.....	45
6.8	CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES E O DESEMPENHO DOS ÓLEOS DESMOLDANTES.....	49
6.8.1	Viscosidade x Dificuldade de desforma.....	49

6.8.2	Índice de acidez x Aspecto superficial do concreto.....	50
6.8.3	Saponificação x Porosidade.....	51
6.9	ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DOS PRODUTOS	52
7.	CONCLUSÕES.....	53
	REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

A utilização das estruturas de concreto armado ainda predomina na indústria da construção civil brasileira. Sua execução é composta por uma série de etapas bem definidas, sendo empregados materiais como: forma, concreto e aço, principalmente. Uma destas etapas consiste na moldagem dos elementos de concreto, sendo recomendável a utilização de desmoldantes na superfície das formas, para que seja impedida a aderência entre a forma e o concreto, garantindo uma desforma fácil, de tal modo que, durante sua remoção, não ocorram danos a seção do elemento estrutural (ASSALI, 2012).

Na produção dos desmoldantes podem ser empregadas diversas matérias-primas, como banha animal, óleos minerais, óleos vegetais, ceras, entre outras. O uso destes produtos poderá agregar uma série de benefícios durante a execução das estruturas, porém, quando utilizados de modo inadequado, sem que se conheça suas propriedades, esses materiais poderão desencadear uma série de problemas à superfície do concreto, dentre os quais podemos citar: poros na superfície do elemento depois do concreto atingir a fase endurecida, quebras de partes da seção da peça de concreto, manchas na superfície, entre outros (MOREIRA, 2009).

Um fato comum na indústria da construção civil, é a aplicação de desmoldantes de baixo custo, geralmente resultantes da mistura de resíduos de óleos à base de petróleo, visando 'baratear' os custos de execução. Porém, estes produtos acabam provocando reações prejudiciais ao concreto, favorecendo o aparecimento de manifestações patológicas nos elementos, comprometendo a sua vida útil. Além disso, esses óleos exalam vapores tóxicos que são nocivos à saúde do trabalhador, afetando suas vias respiratórias, bem como podem afetar o meio ambiente quando descartados de forma inapropriada, podendo contaminar o solo e as águas (ASSALI, 2012).

Diante disso, a utilização de óleos vegetais como alternativa aos produtos comumente empregados como agente de desforma, vem ganhando espaço no mercado da construção civil, a fim de melhorar a qualidade final dos elementos de concreto, além de reduzir os impactos ambientais e doenças laborais decorrentes do uso de outros tipos de desmoldantes.

2. JUSTIFICATIVA

Apesar dos desmoldantes à base de óleo vegetal estarem ganhando espaço dentro da indústria da construção civil, há poucos estudos científicos voltados para a análise da utilização destes com essa finalidade e que, de fato, possam justificar tecnicamente o seu uso.

As poucas informações sobre estes produtos estão presentes em recomendações quanto a sua aplicação em manuais de fabricantes e descrições em normas americanas, a exemplo das normas ASTM D 6237(1998), ASTM D 6279(2003) e ASTM E 1857(1997). Algumas das pesquisas científicas que tratam sobre os desmoldantes foram realizadas por Libessart (2006) e por Djelal et al. (2002, 2008 e 2010). Estes autores analisaram a influência desses produtos na qualidade da superfície de elementos de concreto aparente. A pequena quantidade de estudos científicos e consequente produção de conhecimento técnico relacionados aos agentes de desforma, faz com que sua aplicação seja feita de forma empírica, o que reforça a necessidade da realização de estudos desta natureza.

Outro ponto que torna relevante este estudo, é a possibilidade da valorização socioeconômica de um produto regional, neste caso o óleo proveniente da amêndoa do coco babaçu, que é fonte de renda para inúmeras famílias nos estados do Maranhão e Piauí. Assim, os resultados aqui encontrados poderão contribuir para a geração de mais uma aplicação do óleo de coco babaçu, favorecendo a ampliação da cadeia de produção dos produtos derivados do fruto e suas aplicações na indústria. Vale ressaltar que, após buscas na literatura, não foram identificados estudos que analisassem o óleo de babaçu como desmoldante.

Podemos destacar também, a contribuição desta pesquisa na perspectiva ambiental, pois, os óleos vegetais, neste caso, o de coco babaçu, minimizam os impactos que seriam causados pelos demais tipos de óleos que são empregados como desmoldantes, a exemplo do óleo residual (proveniente principalmente de descarte de óleos utilizados na lubrificação de motores de veículos) e do óleo mineral, os quais quando manejados de forma inadequada e/ou são descartados indevidamente agredem severamente o solo e as águas.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a aplicabilidade do óleo vegetal extraído do coco babaçu como desmoldante para formas empregadas na execução de elementos de concreto.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Comparar o desempenho do óleo de babaçu com os desmoldantes convencionalmente empregados na construção civil.
- ✓ Avaliar o nível de dificuldade de desforma para os óleos estudados.
- ✓ Analisar qualitativamente a superfície de acabamento do concreto após a retirada do molde.
- ✓ Correlacionar as propriedades tensoativas do óleo com seu desempenho como desmoldante.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. DESMOLDANTES

Os desmoldantes são produtos capazes de formar uma camada oleosa fina entre o elemento moldado e as fôrmas, impedindo que haja a aderência entre estes, facilitando o processo de desforma, sem que ocorram danos à superfície de concreto (MARANHÃO, 2000). Segundo Abbate (2003), a formação da fina película na interface forma-concreto, além de facilitar a retirada da forma, aumenta a possibilidade de reaproveitamento da mesma e propicia uma melhor superfície aparente para o concreto.

Conforme Libessart (2006), o agente desmoldante deve ser escolhido levando-se em conta o tipo de forma a ser utilizado, o período de utilização e principalmente as condições de aplicação do produto, sendo estes fatores determinantes para que os produtos sejam eficazes na finalidade para a qual serão aplicados.

A ABNT NBR 14.931: 2004 – Execução de Estruturas de Concreto: Procedimento – recomenda que os desmoldantes devem ser aplicados somente na fôrma, antes da colocação da armadura e de tal forma que não ocasione danos a superfície do concreto do elemento moldado. Além disso, esta norma orienta ainda, que a aplicação destes produtos deve ser feita seguindo as recomendações do próprio fabricante e as normatizações nacionais, havendo o cuidado para que seja aplicado na dosagem ideal, de modo que não haja excesso e nem quantidade insuficiente do produto aplicado na superfície da fôrma.

A mesma norma, ressalta ainda, o fato de que os produtos empregados com fins desmoldantes não devem deixar resíduos na superfície do concreto ou reagir com a mesma. Caso isso ocorra, poderá gerar efeitos negativos a superfície do elemento, como alteração de cor da superfície de concreto aparente e perda da aderência do revestimento a ser aplicado posteriormente à desmoldagem do elemento de concreto.

4.1.1 Defeitos associados ao processo de desforma

Embora existam as especificações informadas pelos fabricantes e as normas que orientem acerca da utilização destes produtos, muitas das vezes há uma negligência por parte dos construtores, os quais visando lucrar na execução de seus

empreendimentos, acabam por optar pelo produto de menor custo, ou mesmo fazer uso de óleos residuais (querosene, óleo de motor, etc.) como agente de desforma.

Em decorrência da utilização inapropriada de produtos desmoldantes, isto é, sem que conheça tecnicamente suas propriedades para uma aplicação adequada, alguns defeitos poderão surgir nos elementos moldados, como por exemplo: manchas e bolhas na região superficial do elemento moldado e quebras de parte da seção do mesmo.

As manchas nas peças de concreto, conforme ilustra a Figura 01, podem surgir em consequência da solubilidade de alguns produtos desmoldantes em água que, quando utilizados em ambientes expostos à chuva, podem ser removidos antes de atingir o tempo de moldagem adequado, e, conseqüentemente, a superfície do elemento acaba por apresentar manchas (MOREIRA, 2009).

Figura 01 – Manchas na superfície de concreto do elemento.



Fonte: Milani et. al, 2012.

Já as bolhas, mostradas na Figura 02, surgem em decorrência do tipo de desmoldante aplicado às formas. Por exemplo, a utilização de óleos e graxas residuais como agente de desforma ocasiona a retenção de água superficial, originando assim, bolhas e vazios depois que o elemento de concreto atinge o estado endurecido (FACHINETTO E CAMARGO, 2002). Joukoski et. al (2002), após terem realizados ensaios em óleo reciclados de motor, constataram que estes, quando utilizados como desmoldantes, reagem com os álcalis do concreto, havendo assim saponificação

incompleta, o que leva, portanto, a produção de uma espuma semelhante a bolhas de sabão, as quais acabam impregnando a peça de concreto.

Ainda com relação as bolhas, sabe-se que estas são altamente prejudiciais à durabilidade dos elementos, pois são portas de entrada para a penetração de umidade, água e gases para a região interior do concreto, podendo atingir à armadura, o que consequentemente acaba comprometendo a capacidade resistente da estrutura, reduzindo assim, sua vida útil. Além disso, as bolhas acabam comprometendo a estética do elemento, nos casos em que se opta por deixar o concreto aparente, pois são defeitos visíveis a olho nu (MOREIRA, 2009).

Figura 02 – Bolhas na superfície do elemento de concreto.



Fonte: Milani et. al, 2012.

Outro defeito nos elementos de concreto, que pode estar associado ao uso inadequado de produtos desmoldantes são as quebras de parte da seção do elemento, as quais segundo Moreira (2009) têm origem na má desmoldagem, associada a utilização de um tipo de desmoldante incompatível com a forma, o que prejudica o mecanismo de remoção da fôrma, provocando, por exemplo, a quebra de alguns pontos localizados do concreto.

4.1.2 Tipos de desmoldantes

Atualmente existem diversos produtos desmoldantes no mercado, produzidos a partir de matérias-primas como: óleos minerais, óleos vegetais, ceras, etc., sendo comercializados em diferentes misturas e composições, as quais buscam fornecer um produto que seja eficaz no processo de desmoldagem das peças de concreto e que ao menos tempo interfiram o mínimo possível na qualidade final destas.

Uma das classificações dos produtos desmoldante é a realizada por Baty e Reynolds (2009), os quais subdividem os produtos desmoldantes em duas categorias: os não-reativos e os quimicamente ativos.

Os não reativos, também chamados de passivos, funcionam criando uma barreira entre a forma e o concreto fresco. A criação desta barreira, demanda de aplicações pesadas desses produtos, o que na grande maioria das vezes provocam o aparecimento de manchas na superfície do concreto. São exemplos: óleo diesel, óleos de uso doméstico, cera de parafina, óleo de motor novo, entre outros.

Os agentes desmoldantes denominados de quimicamente ativos, são aqueles que contém um ingrediente que reage quimicamente com o cálcio presente na pasta de cimento fresco. Tipicamente, a parte reativa desse tipo de desmoldante é algum tipo de ácido graxo, sendo comumente dissolvido em um óleo de petróleo, que quando formulado e aplicado corretamente, produz menos bolhas, manchas e irregularidades de superfície do que os agentes não reativos.

Já a classificação abordada na pesquisa de Abbate (2003), categoriza os desmoldantes em dois tipos: os que são óleos puros, seja ele de base mineral, vegetal ou animal; e os que são emulsões, provenientes da mistura de óleo mineral, vegetal ou animal com água.

Segundo este autor, os agentes de desforma formados por óleos puros são mais adequados para formas de madeira e de metal, pois conseguem formar um filme mais homogêneo e contínuo entre a superfície da forma e do elemento moldado, o que garante uma desforma mais facilitada. Já as emulsões, são mais indicadas para a aplicação apenas em formas de madeira, pois nas metálicas, devido à presença de água em sua composição, pode desencadear um processo de oxidação.

A Tabela 01 a seguir, contém uma classificação mais geral dos agentes de desforma (CONCRETE CONSTRUCTION, 1984).

Tabela 01 – Tipos de agentes desmoldantes

TIPOS DE AGENTES DESMOLDANTES	
Óleos de petróleo	- Propiciam boa desforma e coloração uniforme no concreto; - Pode deixar mais bolhas e manchas no concreto. -Relativamente barato. -Podem ser utilizados em todos os tipos de formas.
Emulsões	As emulsões contêm uma fase da água e uma fase hidrofóbica. Geralmente custam menos do que desmoldantes à base de óleos. Água em Petróleo: Emulsões de água em óleo de petróleo onde a fase externa é o óleo. Utilizados para todos os tipos de forma, exceto as metálicas; Petróleo em Água: Emulsões de óleo de petróleo em água onde a fase externa é a água. A aplicação excessiva pode causar retardo grave, descoloração e quebras. Outras emulsões: Emulsões com pequena quantidade ou ausência de óleo de petróleo.
Produtos não reativos com solventes voláteis	O solvente volátil é derivado do petróleo. Os ingredientes ativos podem ser ceras, silicones, resinas sintéticas ou sabonetes insolúveis em água. O solvente do petróleo evapora, assim não pode manchar o concreto. Tendem a ser mais caros do que óleos ou emulsões.
Ceras	Excelentes características de desmoldagem, mas dificulta a aplicação. Os resíduos da cera na superfície concretada podem reduzir a aderência da pintura. Ceras emulsionadas são mais fáceis de aplicar.
Agentes quimicamente ativos contendo ácidos graxos	Reagem com os alcalis do concreto. Reduz os furos. Aqueles suspensos no destilado volátil secam a superfície da forma e resistem a lavagem pela chuva. O excesso de aplicação pode causar a varredura do concreto. Mais caro para o volume dado, porém a taxa de cobertura é muitas vezes maior.

Fonte: Adaptado de CONCRETE CONSTRUCTION, 1984.

Em pesquisas realizadas por Djelal et al. (2010) e Libessart (2006) foi comparada a utilização de óleos minerais e vegetais como desmoldantes para a obtenção de concreto aparente e avaliação da superfície a ser revestida posteriormente à desmoldagem. Para isso, foram analisados alguns critérios que serão definidos a seguir.

Nos estudos realizados por Libessart (2006), os critérios analisados foram: molhabilidade; ângulo de contato; e adesão dos tipos de óleos supracitados em três diferentes tipos de formas (polido, novo e usado). Para a obtenção de um concreto aparente, esses critérios são fundamentais, pois, para que o elemento possua uma superfície sem defeitos após a desforma, os desmoldantes devem apresentar fácil espalhamento e boa capacidade de recobrimento na superfície da forma, de modo que haja uma homogeneidade na sua aplicação. Além disso, o produto deve possuir boa adesão sobre a superfície da forma, assim, o concreto não será capaz de removê-lo quando moldado.

Libessart (2006), fez uso dos seguintes métodos:

- Molhabilidade: este parâmetro foi determinado por meio da medição do ângulo de contato formado entre a superfície da forma e o desmoldante através de um goniômetro DIGIDROP. Os resultados expressam as médias dos ângulos encontrados após o gotejamento dos produtos sobre a forma utilizando uma seringa.
- Adesão: a adesão foi medida tomando por base a tensão superficial de líquido/vapor (L/V), sendo esta medida por meio de uma lâmina de Wihelmy. Logo após, calculou-se a energia de adesão Líquido/Sólido.

Nos resultados alcançados por Libessart (2006), foi constatado que o produto à base de óleo mineral, apresentou menor ângulo de contato, logo maior molhabilidade. Porém, isto não influenciou diretamente na sua capacidade de adesão à forma, quando comparado ao produto à base de óleo vegetal.

Na pesquisa de Djelal et al. (2010), foram analisados o aspecto da superfície do concreto do elemento e espessura do filme dos desmoldantes utilizados (à base de óleo mineral e vegetal) quando aplicados em formas metálicas, anterior e posteriormente ao processo de moldagem do corpo de prova de concreto.

Para a determinação da espessura do filme formado pelos desmoldantes na superfície da forma, os autores realizaram inicialmente uma pesagem e

posteriormente compararam os resultados obtidos com os valores encontrados por meio de uma variação do método PIXE (Emissão Induzida de Raios-X por Partículas), pois a fluorescência X do aço é alterada pela atenuação do raio X decorrente do filme do desmoldante. Desta forma, os pesquisadores estimaram a espessura do filme dos óleos mineral e vegetal formado na superfície da forma metálica.

Djelal et al. (2010), obtiveram que o óleo mineral forma um filme de maior espessura do que o óleo vegetal, o que consequentemente influencia de forma direta na quantidade de resíduos de óleo deixado na superfície de concreto, sendo maior para os óleos minerais. Isso pode comprometer a qualidade do elemento moldado e acarretar uma série de problemas ao mesmo, como o risco de descolamento de argamassa, por diminuir a aderência na superfície, ou a ocorrência de manchas na superfície do concreto aparente.

Os estudos discutidos acima, evidenciam o quão importante é a escolha assertiva do tipo de desmoldante a ser empregado na moldagem de elementos de concreto, pois as suas propriedades têm influência no aspecto da superfície de concreto do elemento moldado, além de apresentarem comportamentos distintos.

4.2 COCO BABAÇU

Babaçu é o nome genérico dado as palmeiras oleaginosas que fazem parte da família *Palmae* e integrante do gênero *Orbignya*. A espécie *Orbignya phalerata* é a de maior distribuição e a de maior variação morfológica, sendo tida como a de maior importância econômica (ALBIERO et. al, 2007). Dependendo da região, o babaçu recebe outras denominações, como: coco-palmeira, coco-de-macaco, coco-pindoba, baguaçu, uauaçu, catolé, andaiá, andajá, indaia, pindoba, pindobassu, entre outros (CARRAZZA et. al., 2012).

Figura 03 – Floresta de babaçu.

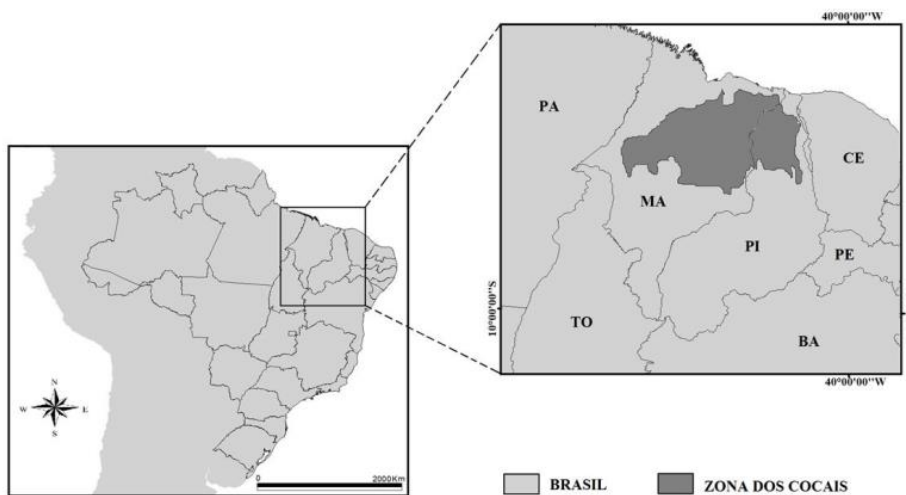


Fonte: Batistella et al. (2013)

O babaçu é uma palmeira de tronco simples que pode atingir até 20 metros de altura. É uma palmeira predominantemente nativa da região norte e nordeste do Brasil. É encontrado com maior frequência na região Nordeste, que possui área de aproximadamente 17 milhões de hectares com babaçu, sendo que a maior parte (54,2%) se concentra nos estados do Maranhão e Piauí, formando uma região homogênea e densa, conhecida como a Mata dos Cocais, conforme ilustrado na Figura 03 (ALBIERO et al., 2007). O estado do Maranhão é responsável por 90% da produção nacional do Brasil, e em seguida tem-se o Piauí e o Tocantins (IEPAGRO, 2010).

A mata dos cocais é um bioma de transição entre os climas semiárido, equatorial e tropical, apresentando características da floresta amazônica, cerrado e caatinga. É constituída, principalmente, pela palmeira babaçu, e por outras espécies arbóreas florestais (NUNES et al, 2012). A Figura 04, destaca as principais regiões de ocorrência da Mata dos Cocais, entre os estados do Maranhão e Piauí.

Figura 04 – Ocorrência da Mata dos Cocais nos estados do Piauí e Maranhão.



Fonte: Adaptado de SANTOS – FILHO (2013).

O principal produto do babaçu é o seu fruto, o qual é um pequeno coco que pendem de cachos. Cada palmeira produz ao menos quatro cachos por estação, contendo cada um de 150 a 250 frutos de coco, os quais possuem um formato elipsoidal, com tamanho variando de 8 a 15cm e pesando em média entre 90 e 280 gramas (TEIXEIRA, 2008).

A época e a intensidade de frutificação das palmeiras variam de acordo com a safra e, dentro de uma mesma região, em função da localização dos babaçuais, populações e as condições meteorológicas existentes. Por exemplo, no Maranhão, a época de coleta dos frutos está entre os meses de julho a dezembro e o pico máximo da safra compreende-se entre os meses de setembro a novembro (COSTA et. al, 2015).

O fruto do babaçu, ou o coco babaçu, possui uma estrutura característica. Externamente, o fruto possui uma camada rígida fibrosa chamada de epicarpo, que corresponde a 12,6% do fruto. Este, envolve uma camada secundária, o mesocarpo ou polpa, rico em amido e fibras, representado 20,4% do peso do fruto. A camada seguinte ao mesocarpo é o endocarpo, a qual corresponde ao maior percentual da matéria-prima. Esta, é a camada mais resistente, possuindo de 2 a 3cm de espessura e é a partir dele que se produz um carvão de excelente qualidade, com poder calorífico superior ao carvão metalúrgico. Por fim, no núcleo temos as amêndoas, as quais correspondem a 8,7% do peso total do fruto e a partir das quais se é possível extrair o óleo (TEIXEIRA, 2008). Na Figura 05, pode-se observar mais algumas características adicionais do fruto do babaçu.

Figura 05 – Partes constituintes do fruto do babaçu.



Fonte: CARRAZZA et. al (2012)

Com relação as amêndoas, considera-se que estas sejam o principal produto retirado a partir do coco babaçu, possuindo valor mercantil e industrial, sendo geralmente extraídas de forma manual em um sistema caseiro tradicional e de subsistência. Somente no estado do Maranhão, estima-se que mais de 300 mil famílias sobrevivem da atividade de extração da amêndoa. Em sua grande maioria os grupos são constituídos de mulheres acompanhadas de seus filhos, as famosas “quebradeiras”, conforme retrata a Figura 06 (FIGUEIREDO, 2005).

Figura 06 – Quebradeiras de coco.



Fonte: CARRAZZA et. al (2012)

Apesar de ser utilizada para fins alimentícios, a principal destinação das amêndoas é a produção de óleo do coco babaçu. Conforme Lima et al. (2007), estima-se que as amêndoas possuem em sua composição um percentual acima de 65% de óleo rico em ácido láurico. Este óleo tem sido amplamente utilizado nas indústrias cosmética, alimentícia, de sabões, detergentes, lubrificantes, entre outras. Além disso, diversas pesquisas têm sido desenvolvidas a fim de se avaliar outras possíveis aplicações do óleo proveniente do coco babaçu.

4.3 ÓLEO DE COCO BABAÇU

Conforme supracitado, o óleo de babaçu (Figura 07) é obtido a partir das amêndoas presentes no fruto da palmeira. São nas amêndoas, que estão concentrados elevados teores de matérias graxas, o que lhes possibilitam ser aplicado

com fins alimentícios e industriais. Segundo Lima et al. (2007), o coco babaçu pode ser considerado como o maior recurso oleífero nativo do mundo.

A coloração do óleo de coco babaçu varia de branca à levemente amarelada e corresponde a 4% da massa total do fruto (Mota et al., 2010). A partir das amêndoas do coco babaçu, dois tipos de óleos podem ser obtidos: um para fins comestíveis e outro para fins industriais, com elevado teor de ácido láurico.

Figura 07 – Óleo de coco babaçu

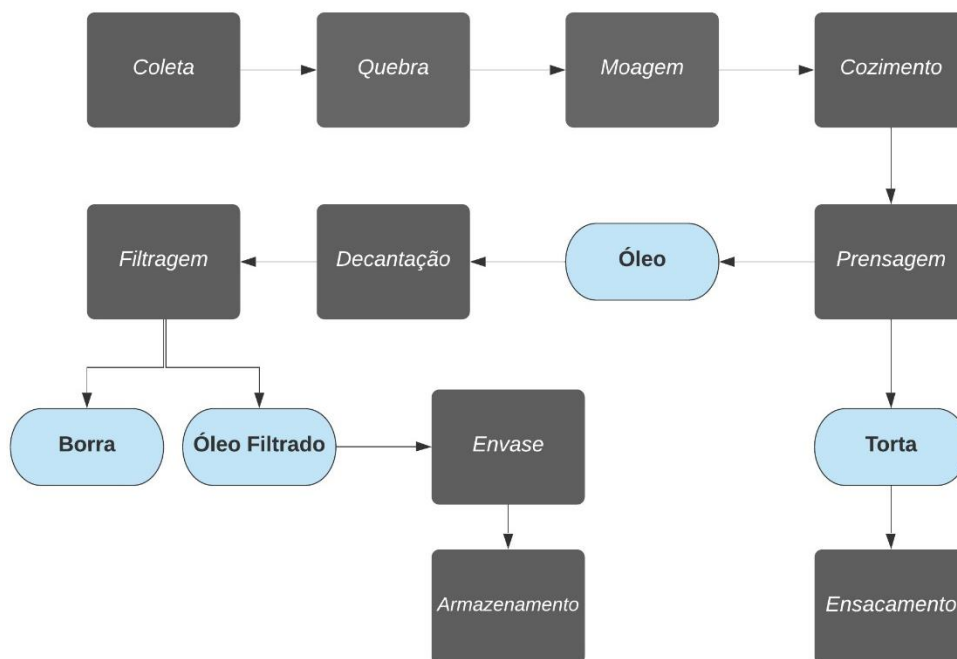


Fonte: ECO BRAZIL, 2019

De acordo com Carvalho (2007), além do processo convencional de extração do óleo de coco babaçu, conforme representado na Figura 08, este pode ser, ainda, obtido através da extração mecânica ou extração por solvente, sendo o processo químico economicamente mais caro, porém mais eficiente, já que o teor residual de óleo na torta é mais baixo após o processo de extração. Artesanalmente, as quebradeiras utilizam-se do processo de fervura para extrair o óleo.

Segundo Machado et al. (2006), na extração por solvente, os equipamentos mais modernizados podem chegar a até 98% de eficiência de extração, restando apenas um resíduo de óleo na torta inferior a 1% e pode, em alguns casos, atingir apenas 0,5%.

Figura 08 – Fluxograma processual de obtenção tradicional do óleo de babaçu



Fonte: Adaptado de CARRAZZA et. al (2012).

Na pesquisa de Oliveira, Alexandre e Mahmoud (2013), foi constatado que a extração utilizando solventes orgânicos se demonstrou ser mais eficaz que a extração tradicional por esmagamento. Enquanto o rendimento do óleo bruto obtido por esmagamento foi de 65%, obteve-se um rendimento superior utilizando-se o solvente apolar n-hexano, chegando a atingir um percentual de extração de 81,53%. Também foi utilizada na pesquisa, uma mistura de solventes etanol/hexano, atingindo um rendimento intermediário dentre os expostos anteriormente (80,11%). Quando utilizado apenas o etanol como solvente no processo de extração do óleo, obteve-se um rendimento inferior ao alcançado no processo de extração tradicional, correspondente a 57%.

O óleo de babaçu é classificado como saturado, pois em sua composição cerca de 82 a 88% correspondem a ácidos graxos saturados, dentre estes, principalmente: cáprico, caprílico, láurico, mirístico, palmítico, esteárico, cis-oléico, linoleico (LACERDA et al., 2005).

A Resolução nº 482, de 23 setembro de 1999 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, oferece padrões que regulamentam a qualidade dos óleos vegetais para o consumo humano. As Tabelas 02 e 03 estabelecem o perfil cromatográfico e as características físico-químicas do óleo de babaçu, respectivamente. (ANVISA, 1999).

Tabela 02: Composição do óleo de babaçu

Ácidos Graxos	Composição (%)	Tipo
C 8:0	2,6 - 7,3	Cáprico
C 10:0	1,2 - 7,6	Caprílico
C 12:0	40 - 55	Lauríco
C 14:0	11 - 27	Mirístico
C 16:0	5,2 - 11	Palmítico
C 18:0	1,8 - 7,4	Estearíco
C 18:1	2,0 - 9,0	Oleíco
C 18:2	1,4 - 6,6	Linoleíco

Fonte: Adaptado de ANVISA, 1999.

Os ácidos graxos são tidos como as unidades básicas dos lipídeos, sendo a determinação de sua quantidade fundamental para a avaliação da qualidade dos óleos, para verificação do efeito de processamentos, adequação nutricional do lipídio ou do alimento que o contém. Para a determinação da identidade dos óleos, são utilizados principalmente as análises de composição em ácidos graxos, em esteróis e em triacilglicerídeos. Em óleos e gorduras refinados, as análises mais usuais na avaliação da qualidade são os índices de peróxido e de acidez (LOUZEIRO, 2012).

Pode-se observar, de acordo com os dados expostos na Tabela 02, que o ácido predominante na composição do óleo de coco babaçu é o láurico (40 – 55%). Segundo Machado et al. (2006), as gorduras láuricas possuem propriedades importantes para a utilização de óleos para fins industriais, já que são resistentes à oxidação não enzimática e ao contrário de outras gorduras saturadas, possuem ponto de fusão baixo.

Tabela 03: Características físico-químicas do óleo de babaçu

PROPRIEDADES		LIMITES
Massa Específica, 40°C/ 25°C		0,911 – 0,914
Índice de refração (n D 40)		1,448 – 1,451
Índice de saponificação		245 – 256
Índice de iodo (Wijs)		10 – 18
Matéria insaponificável, g/100g		Máx. 1,2%
Acidez (g de ácido oleico/100g)	Óleo de babaçu	Máx. 0,3%
	Óleo de babaçu bruto	Máx. 5,0%
Índice de peróxido, meq/kg		Máximo 10

Fonte: Adaptado de ANVISA, 1999

Dentre os óleos vegetais para aplicação com fins industriais, o óleo proveniente do coco babaçu é aquele que possui o mais alto índice de saponificação (245 – 256, conforme a Tabela 03). Este dado nos ajuda a traduzir uma propriedade importante para esse óleo, pois, quanto mais alto esse índice, mais adequado é o óleo para fabricação de sabão, o que lhe propicia uma boa lubrificação e favorece sua utilização como agente de desforma.

Ainda de acordo com os dados da Tabela 03, o óleo apresenta também baixo valor de índice de iodo (10 - 18) e de índice de refração (1,448 – 1,451), qualificando-o para o preparo de pomadas cremosas. Dessa forma, o óleo de coco babaçu tem também ampla aplicação na cosmética.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

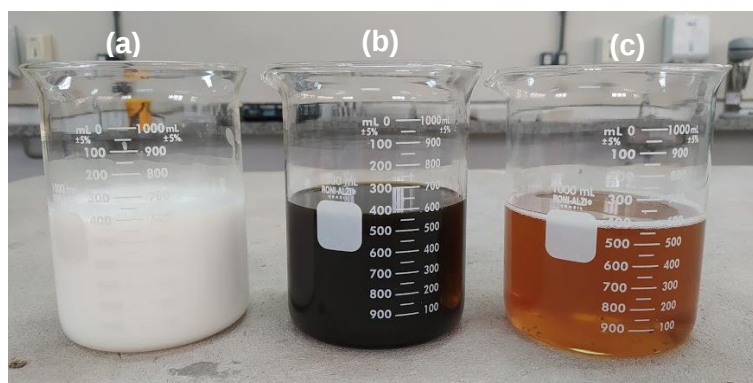
5.1. MATERIAIS

Para a realização dos ensaios e posterior obtenção dos resultados foram utilizados os seguintes materiais:

a) Desmoldantes:

Foram empregados como desmoldantes três tipos de óleos: óleos residuais (resultante da mistura de resíduos de óleos à base de petróleo), óleo mineral (adquirido em loja de material de construção) e o óleo de babaçu (adquirido no centro comercial da cidade de Caxias-MA). Doravante, denominaremos os tipos de óleo supracitados da seguinte forma: óleo residual (OR), óleo mineral (OM) e óleo de babaçu (OB). A Figura 09 apresenta os óleos desmoldantes aqui analisados.

Figura 09: Óleos desmoldantes em estudo: (a) OM, (b) OR, (c) OB.



Fonte: Autor, 2021.

b) Ligantes:

Optou-se por utilizar o cimento da classe CP II E 32, para a moldagem dos corpos de prova, pois é um tipo de cimento comumente empregado na execução de elementos de concreto.

c) Agregados:

Os agregados escolhidos para compor a massa de concreto foram a areia natural média (agregado miúdo) e a brita 0 (agregado graúdo), ambos para serem empregados na confecção dos corpos de prova (CP's) de concreto.

d) Fôrma:

O material utilizado para a produção das formas é a madeira plastificada. Este tipo de material foi escolhido, pois é comumente empregado na execução de estruturas de concreto, além de apresentar uma superfície lisa e com menor absorção. Foram produzidos moldes com dimensões de 25cm x 50cm x 5cm para serem utilizados na moldagem dos corpos de prova (Figura 10).

Figura 10: Molde de madeira plastificada 25x50x5cm



Fonte: Autor, 2021.

5.2 PROCEDIMENTOS DE PREPARO DOS CORPOS DE PROVA

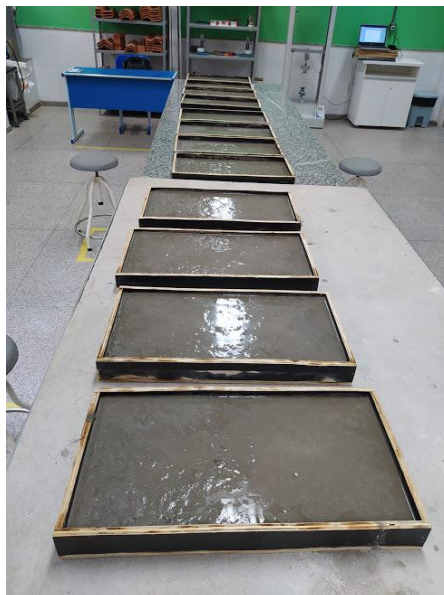
Os corpos de prova (CP's) foram preparados na proporção em massa de 1:2:1 (cimento:brita:areia), e relação água cimento de 0,61, seguindo-se os procedimentos estabelecidos pela ABNT NBR 5738: 2015, e curados ao ar, durante 72 horas. Este período, foi assim pré-definido por ser correspondente ao tempo em que geralmente se realiza a desforma dos elementos de concreto nas obras.

As formas foram tratadas com os três tipos de agentes desmoldantes a serem estudados nesta pesquisa: óleo residual (OR), óleo mineral (OM) e óleo de babaçu (OB). Foram aplicadas em cada molde a mesma quantidade de cada um dos desmoldantes (12,5ml), sendo mantidos na fôrma por 2 horas antecedentes à moldagem dos CP's. O concreto utilizado foi proveniente de uma única betonada.

No total foram moldadas 12 (doze) placas de concreto, subdividas em 3 (três) conjuntos de 4 (quatro) CP's cada, nos quais foram aplicados cada um dos óleos aqui estudados em seu processo de moldagem. O procedimento foi realizado sob as mesmas condições ambiente para todos os corpos de prova. Durante o lançamento o concreto foi adensado manualmente, tendo sido aplicados em cada CP's 25 golpes

com auxílio de uma haste metálica (similar o procedimento realizado no Slump Test). Após isso, as placas foram desformadas e submetidas a análise qualitativa de seu acabamento superficial. A Figura 11 apresenta os CP's após a moldagem.

Figura 11: Corpos de prova moldados



Fonte: Autor, 2021.

5.3 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

5.3.1 Caracterização físico-química

Inicialmente, os três óleos aqui estudados foram submetidos a uma caracterização físico-química, com a finalidade de determinarmos as seguintes propriedades apresentadas no Tabela 04, sendo importantes para a avaliação do desempenho final dos desmoldantes, são elas:

Tabela 04: Propriedades físico-químicas a serem determinadas.

Propriedade	Normatização
Índice de saponificação	ASTM D5558
Índice de acidez	ASTM D664
Viscosidade	ASTM D445
Densidade	ASTM D4052

Fonte: Autor, 2021.

5.3.2 Medição do Ângulo de Contato

O ensaio de ângulo de contato mede a capacidade de molhamento de um líquido sobre uma superfície, neste caso, os desmoldantes, sobre uma superfície, que são as formas. A determinação desse parâmetro é de suma importância para garantir que não haja a remoção do desmoldante da forma durante o lançamento do concreto.

Vale ressaltar que, quanto menor o ângulo de contato, obtido através da aplicação dos produtos (líquidos) nas formas, maior a molhabilidade, o que lhe confere um melhor espalhamento e capacidade de recobrimento na superfície de aplicação, características essas, importantíssimas para o bom desempenho dos desmoldantes.

O método empregado para a medição do ângulo de contato foi o método da gota séssil, que consiste no gotejamento do fluido sobre o substrato sólido (neste caso a madeira plastificada). Realizou-se as medições de ângulo de contato, a temperatura ambiente (25°C), utilizando um tensiômetro/goniômetro *Krüss DAS 100* (Figura 12). Foram depositadas trinta gotas (1 μ L) em um ponto central da superfície dos moldes de madeira plastificada usando uma seringa (agulha de 0,5mm de diâmetro) acoplada ao equipamento. As medições foram realizadas em triplicata para cada um dos tipos de desmoldantes estudados, sendo realizados os registros de imagens de 0s a 60s (com intervalos de 20s).

Figura 12: Tensiômetro/goniômetro Krüss DAS 100



Fonte: Autor, 2021.

Após os registros realizados pelo equipamento, as imagens foram levadas ao software *Image J*, através do qual foram realizadas as aferições dos ângulos de contato para cada amostra através do plugin *Contact Angle*.

5.3.3 Método do Espalhamento

O método do espalhamento, baseado na metodologia de Assali (2012), tem por objetivo avaliar qualitativamente a facilidade de espalhamento e capacidade de recobrimento do produto sobre a superfície da forma, consistindo em espalhar os óleos na superfície dos moldes, verificando a ocorrência de escorrimento ou a formação de gotículas após a aplicação dos produtos.

Conforme observado por Djelal et al. (2002), a qualidade da superfície do concreto depende da viscosidade e propriedades tensoativas dos desmoldantes. Portanto, para o uso do óleo de babaçu em substituição aos desmoldantes convencionais, foi avaliada a sua capacidade de espalhamento e de recobrimento da superfície da forma, verificando a possibilidade de o produto ser removido durante a moldagem do elemento de concreto.

Foram utilizadas como superfície para o espalhamento dos óleos uma placa de madeira plastificada (25cm x 50cm). Cada tipo de desmoldante foi espalhado em duas peças, uma fazendo uso de pincel e a outra fazendo uso de rolo (Figura 13), tendo as peças, inicialmente, sido posicionadas na horizontal. Foram espalhados 50ml de cada produto em cada uma das peças, aplicando-se apenas uma demão dos produtos em todos os casos. Após o espalhamento, foram aguardados 5min para que fossem realizados os registros fotográficos, verificando a formação ou não de gotículas na superfície das fôrmas. Posteriormente, as placas de madeira foram posicionadas verticalmente para avaliação da ocorrência ou não de escorrimento dos desmoldantes na superfície dos moldes.

Figura 13: Pincel e rolo utilizados na aplicação dos óleos



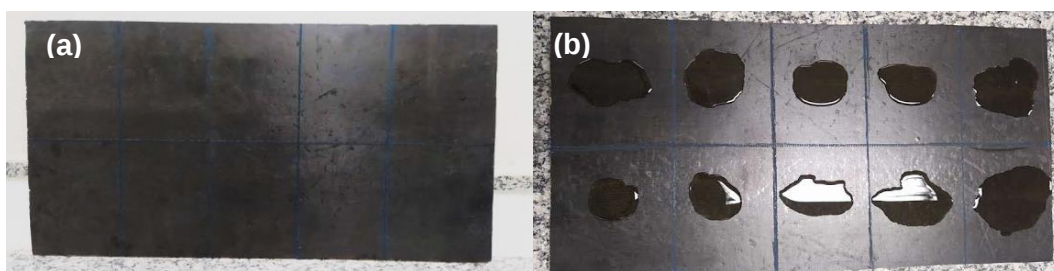
Fonte: Autor, 2021

5.3.4 Método da Gota

Este método, também utilizado na pesquisa de Assali (2012), foi baseado em diretrizes da norma ASTM D 543 (ASTM, 2006) e foi aplicado com o intuito de avaliar a suscetibilidade da forma de madeira ao ataque químico dos óleos empregados como desmoldantes.

O método inicia-se depositando-se 3mL de cada tipo de produto puro, em 10 diferentes áreas da superfície das formas (Figura 14), sendo mantidos por 24 horas em temperatura controlada de 25°C. Após este período, a superfície foi lavada, seca e avaliada visualmente, observando-se as alterações do aspecto da superfície do molde, verificando se este apresentava ou não sinais de desgaste nas regiões em que foram aplicados os produtos desmoldantes.

Figura 14: Molde de madeira (a); Molde após aplicação das gotas (b)



Fonte: Autor, 2021.

Com esta análise foi possível observar o quanto cada produto agride a superfície das formas, verificando assim a capacidade de reaproveitamento posterior dos moldes após a aplicação dos desmoldantes aqui estudados.

5.3.5 Análise de rendimento

Realizou-se a medição do rendimento de cada amostra de óleo através da seguinte rotina: Foram utilizadas 100ml de cada amostra de desmoldante aplicadas em placas de madeira plastificada de 50cm x 25cm. Para o espalhamento foi utilizado o rolo, mantendo-se a mesma energia de aplicação e em quantidade suficiente para recobrir todo o molde uniformemente. Após o procedimento foi realizada a mensuração do rendimento de cada desmoldante em m²/L.

5.3.6 Avaliação da dificuldade de desforma

Para avaliar o nível de dificuldade de desforma dos corpos de prova foi utilizado o seguinte procedimento: Após 72h (tempo de desforma), cada corpo de prova foi colocado com a face superior virada para baixo (fundo da forma para cima). Em seguida, foram aplicados golpes com um martelo de borracha com nível de intensidade similar ao empregado no processo de adensamento. Os golpes foram aplicados na região central dos moldes, sendo para cada golpe aplicado realizada uma tentativa de desforma dos corpos de prova. Para a desforma de cada corpo de prova foi realizada a aferição da quantidade de golpes necessárias para a desforma do elemento, para que assim pudéssemos quantificar e avaliar o grau de dificuldade de desforma dos elementos de concreto para cada tipo de desmoldante empregado.

5.3.7 Análise do aspecto da superfície do concreto e da forma

Após esperar o tempo de cura dos CP's, cerca de aproximadamente 72hrs, os mesmos foram desformados. Em seguida, foram necessárias ao menos 2hrs de espera após a desforma para que a superfície do concreto pudesse secar e então serem removidos os vestígios de umidade nos corpos de prova. A partir de então, foi dado início a uma inspeção visual de todos os CP's e da superfície das formas e realização dos registros fotográficos. Em seguida, foram atribuídas as pontuações de acordo com o aspecto superficial dos elementos de concreto e dos moldes após a desforma. Os parâmetros utilizados para caracterizar e avaliar a qualidade do processo de desmoldagem são baseados nos mesmos adotados por Libessart et. al (2015) e estão dispostos na Tabela 05.

Tabela 05: Critérios de análise qualitativa da superfície do concreto e das formas.

Micro-bolhas, poeiras, manchas, pontos de fixação	Escala	Aspecto da Superfície
Nenhum	1	Excelente
Muito ligeira	2	Muito bom
Ligeira	3	Bom
Moderada	4	Mediana
Considerável	5	Ruim
Muito considerável	6	Péssimo

Fonte: Adaptado LIBESSART et. al, 2015.

Após a aplicação da análise qualitativa da superfície de acabamento dos corpos de prova, realizou-se também a quantificação do nível de porosidade detectado em cada um dos corpos de prova para ratificar as constatações obtidas por meio análise qualitativa. Para isso, foi utilizado o software ImageJ para o tratamento das imagens com o auxílio da extensão *Analyze Particles*. Dessa forma, foram determinados a quantidade de poros detectados em cada uma das superfícies analisadas, a média das dimensões e a área ocupada por esses poros.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados das análises físico-químicas dos óleos OB, OR e OM, estão dispostos na Tabela 06.

Tabela 06: Propriedades físico-químicas das amostras

AMOSTRA	PROPRIEDADES	UNIDADE	VALOR
Óleo Mineral (OM)	Viscosidade 40°	cSt	1,4
	Índice de acidez	mgKOH/g	2,22
	Densidade 20/20°C	g/cm ³	0,96
	Índice de saponificação	mg KOH/g	4,31-4,36
Óleo Residual (OR)	Viscosidade 40°	cSt	108,80
	Índice de acidez	mgKOH/g	1,28
	Densidade 20/20°C	g/cm ³	0,88
	Índice de saponificação	mg KOH/g	26,92-27,10
Óleo de babaçu (OB)	Viscosidade 40°	cSt	31,40
	Índice de acidez	mgKOH/g	1,02
	Densidade 20/20°C	g/cm ³	0,92
	Índice de saponificação	mg KOH/g	264,25-265,94

Fonte: Autor, 2021.

Os valores de viscosidade (40°C) apresentados indicam uma maior viscosidade apresentada pelo OR (108,80 cSt), seguido do OB (31,40 cSt) e um valor muito inferior para o OM (1,40 cSt). Esses dados indicam uma maior tendência de dificuldade de espalhamento e recobrimento para o OM, uma vez que este possui uma característica mais aquosa comprovada pelo valor de viscosidade obtido. Os óleos OB e OR por sua vez, são mais viscosos, o que lhes oferece uma melhor capacidade de espalhamento e recobrimento na superfície da forma, o que otimiza seu desempenho enquanto agente de desforma.

No que se refere ao índice de acidez o OM (2,22 mgKOH/g) apresentou valor superior aos dos óleos OR (1,28 mgKOH/g) e OB (1,02 mgKOH/g). Desta forma, podemos observar que o OB tem uma menor tendência de degradação das

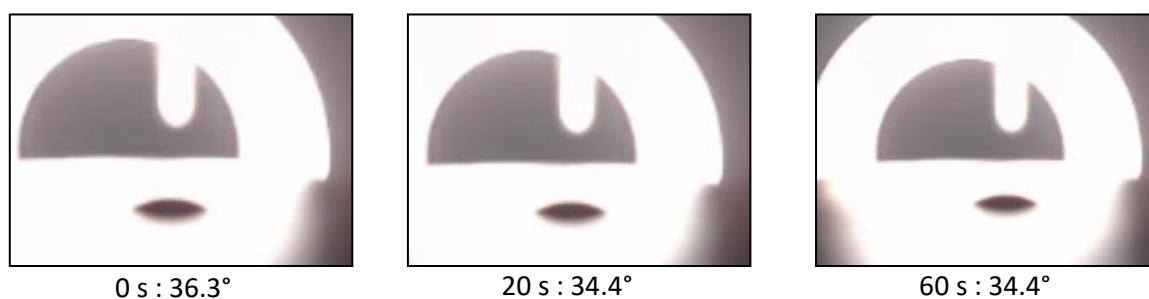
superfícies das formas por conta do seu menor índice de acidez. Porém, este dado também é um indicativo de uma menor quantidade de ácidos graxos livres em sua composição quando comparado com o OM e o OR, o que reduz a possibilidade de benefícios ao processo de desmoldagem decorrentes das reações positivas com os álcalis presentes na massa de concreto, como redução de poros e manchas na superfície.

Em relação aos valores de índice de saponificação apresentados pode-se constatar através da Tabela 06 que o OB apresentou um valor muito superior aos outros óleos, 265,94 mg KOH/g. Esse valor é um forte indicativo do excelente potencial lubrificante que o OB possui, o que é bastante benéfico ao processo de desmoldagem no que se refere ao nível dificuldade de desforma apresentado. No entanto, um elevado índice de saponificação também influencia na formação de bolhas durante o processo de moldagem, devido a uma reação de saponificação incompleta que ocorre entre os álcalis do concreto e os ácidos presentes no OB, acarretando um maior grau de porosidade na superfície dos elementos de concreto após a retirada do molde, comprometendo assim o seu acabamento superficial.

6.2 MEDIÇÃO DO ÂNGULO DE CONTATO

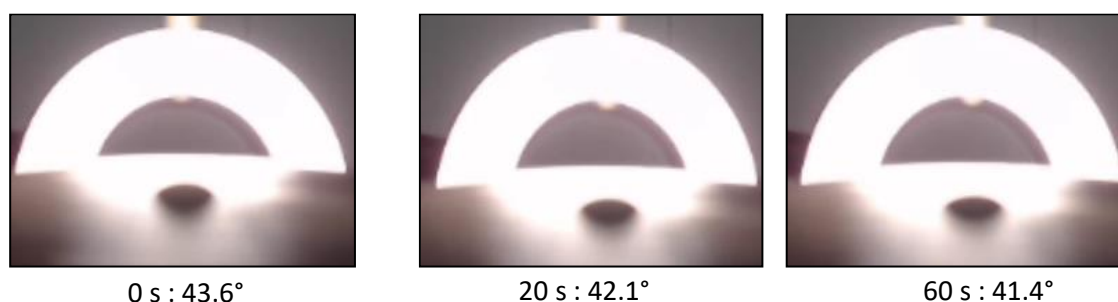
Nas Figuras 15, 16 e 17 podemos notar a evolução do formato da gota para cada uma das amostras analisadas conforme o tempo, com os registros realizados em 0s, 20s e 60s.

Figura 15 – Evolução do formato da gota em função do tempo para a amostra de OB.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 16 – Evolução do formato da gota em função do tempo para a amostra de OM.



Fonte: Autor, 2021.

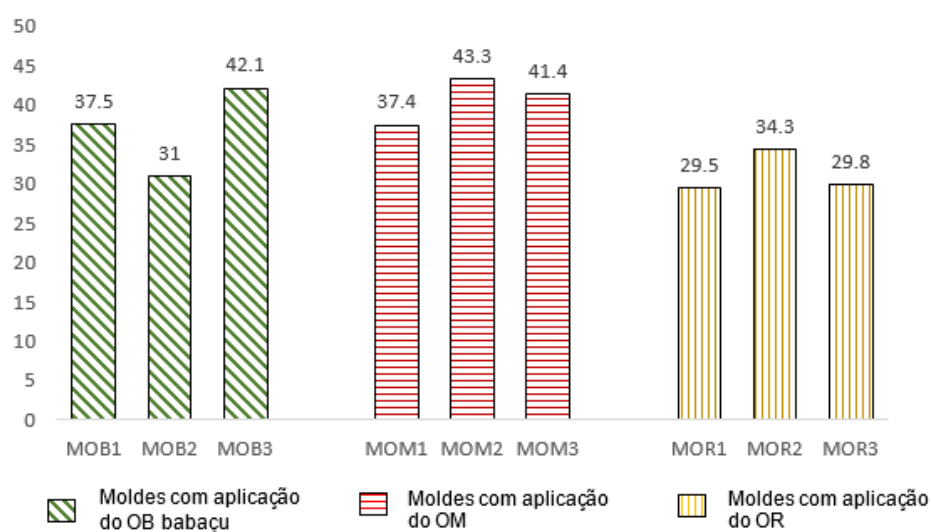
Figura 17 – Evolução do formato da gota em função do tempo para a amostra de OR.



Fonte: Autor, 2021.

O Gráfico 01 apresenta os valores de ângulo de contato apresentados pelo OB, OM e OR quando aplicados em três diferentes amostras de moldes de madeira.

Gráfico 01 – Valores médios para o ângulo de contato (60s) para os óleos OB, OM e OR para três diferentes moldes.



Fonte: Autor, 2021.

A partir dos valores de ângulos apresentados no Gráfico 01, observa-se que o OR foi o óleo que apresentou menor ângulo de contato ao final (média de 29,8°), seguido do OB (média de 37,5°) e do OM (média de 41,4°). Esses dados indicam que o OR possui uma molhabilidade superior (menor ângulo de contato) à dos óleos OB e OM, o que garantirá uma melhor capacidade de aderência, recobrimento e espalhamento na forma, evitando assim a sua remoção durante o processo de moldagem dos elementos de concreto, característica importante para um bom desempenho de um desmoldante. Apesar disso, observa-se que não há uma discrepância significativa nos valores de ângulo de contato apresentados pelas três amostras de óleos, desta forma pode-se afirmar que estes possuem desempenho similar no que se refere a capacidade de molhar a superfície das formas.

6.3 MÉTODO DO ESPALHAMENTO

O Tabela 07 apresenta as constatações relacionadas a capacidade de espalhamento e recobrimento dos óleos desmoldantes na superfície da forma após o espalhamento com rolo e pincel e posterior verificação da formação de gotículas e ocorrência de escorrimento.

Tabela 07: Análise de espalhamento e recobrimento dos desmoldantes

TIPO DE APLICAÇÃO	AMOSTRA	FORMAÇÃO DE GOTÍCULAS	OCORRÊNCIA DE ESCORRIMENTO
Com rolo	OM	Sim	Existente
	OR	Não	Inexistente
	OB	Não	Inexistente
Com pincel	OM	Sim	Parcialmente
	OR	Não	Parcialmente
	OB	Não	Inexistente

Fonte: Autor, 2021.

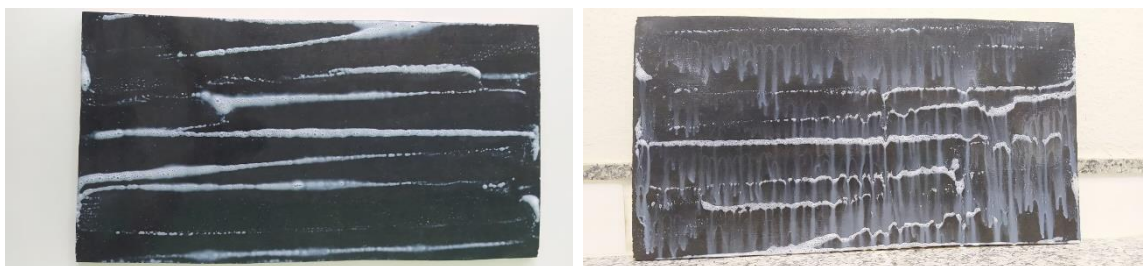
A partir da análise efetuada, verificou-se que os óleos OR e OB apresentaram desempenho satisfatório no que se refere a capacidade de recobrimento e espalhamento na superfície da forma de madeira, não apresentando formação de gotículas e com parcial ocorrência ou inexistência de escorrimento. Essa propriedade é extremamente importante para um desempenho adequado dos óleos desmoldantes uma vez que estes devem ter uma boa aderência a superfície do molde para que não sejam removidos durante o lançamento do concreto e assim percam sua eficácia

durante o processo de desmoldagem, minimizando, por exemplo, as chances de ocorrência de pontos de fixação e consequente deslocamento do elemento de concreto.

Além disso, a presença de manchas na superfície está associada a essa propriedade, tendo maior probabilidade de ocorrência quando o óleo tem baixa aderência a superfície do molde (formação de gotículas e ocorrência de espalhamento), como no caso do OM.

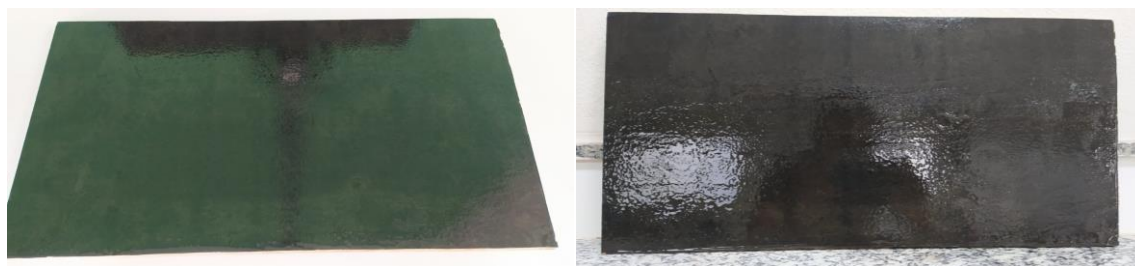
Vale ressaltar que o mecanismo de aplicação pode influenciar nessa propriedade. No entanto, neste estudo, não foi um aspecto influenciador nos resultados obtidos. As Figuras 18, 19 e 20 ilustram as observações aqui realizadas.

Figura 18 – Estado da superfície da forma após espalhamento do OM com rolo.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 19 – Estado da superfície da forma após espalhamento do OR com rolo



Fonte: Autor, 2021.

Figura 20 – Estado da superfície da forma após espalhamento do OB com rolo



Fonte: Autor, 2021.

6.4 MÉTODO DA GOTA

As Figuras 21, 22 e 23 retratam a superfície das peças de madeira após a aplicação das gotas de cada uma das amostras, conforme o método descrito no item 5.2.5, e posterior lavagem e secagem.

Figura 21 – Estado da superfície da forma após o gotejamento do óleo de babaçu (OB)



Fonte: Autor, 2021.

Figura 22 – Estado da superfície da forma após o gotejamento do óleo residual (OR)



Fonte: Autor, 2021.

Figura 23 – Estado da superfície da forma após o gotejamento do óleo mineral (OM)



Fonte: Autor, 2021.

De forma geral, nenhum dos óleos apresentou severos efeitos degradativos a superfície dos moldes. Os óleos OB e OR não apresentaram manchas ou sinais de desgaste nos locais de deposição das gotas. Já com relação ao óleo OM foi detectada a existência de algumas manchas em alguns pontos da superfície do molde, porém pouco expressivas.

6.5 ANÁLISE DE RENDIMENTO

A Tabela 08 apresenta os valores de rendimento de cada desmoldante em ml/m² obtidos após a realização do procedimento de análise de rendimento.

Tabela 08 – Análise de rendimento dos desmoldantes

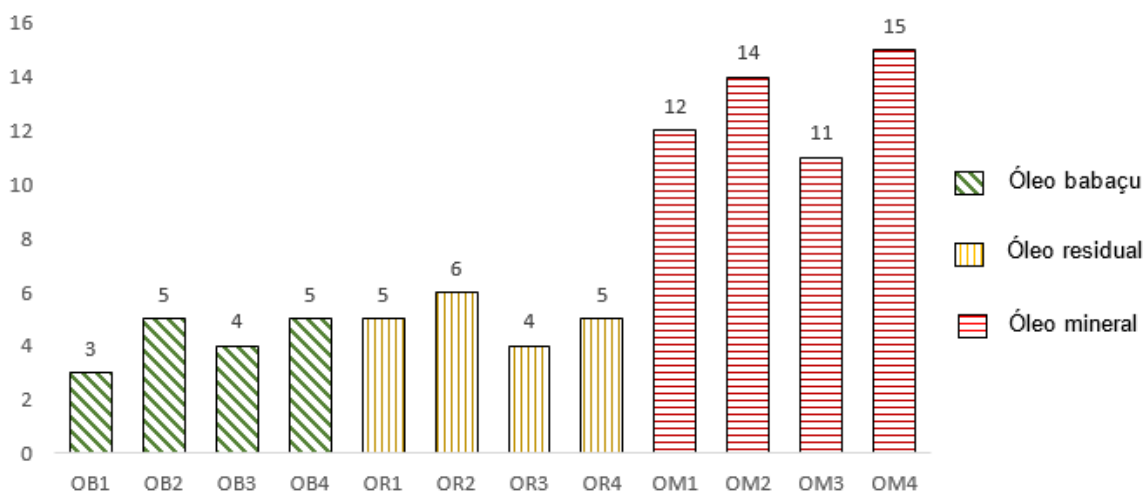
AMOSTRA	VOLUME APLICADO (ml)	ÁREA DE RECOBRIMENTO (m ²)	RENDIMENTO (m ² /L)
Óleo de Babaçu	100	0,72	7,20
Óleo Mineral	100	0,25	2,50
Óleo Residual	100	0,55	5,50

Fonte: Autor, 2021.

Portanto, a partir dos valores apresentados pela Tabela 08, podemos constatar que o desmoldante com melhor rendimento é o OB (7,20m²/L). Realizando uma comparação com o OM, o OB possui um rendimento cerca de 3 vezes superior. Já com relação ao OR, o OB apresentou rendimento 1,3 vezes superior.

6.6 AVALIAÇÃO DA DIFICULDADE DE DESFORMA

O Gráfico 02 demonstra o número de golpes aplicados para a remoção dos moldes de cada um dos corpos de prova moldados, avaliando assim o grau de dificuldade para a desforma.

Gráfico 02 – Nível de dificuldade de desforma – N° de golpes para remoção do molde

Fonte: Autor, 2021.

Com base nos dados expostos no Gráfico 02, percebe-se que o OB foi o desmoldante que teve melhor desempenho durante a desforma dos corpos de prova, possuindo uma maior facilidade na remoção do molde (média de 4 golpes). O OR teve desempenho similar ao OB com média de 5 golpes necessários para a retirada da forma, apresentando também uma fácil desforma. Os corpos de prova moldados com a aplicação OM, por sua vez, apresentaram maior dificuldade para serem desformados quando comparado aos demais (média de 13 golpes aplicados).

6.7 ANÁLISE QUALITATIVA DO ASPECTO DA SUPERFÍCIE DO CONCRETO E DA FORMA

Após a desforma dos CP's, foram analisadas qualitativamente o estado de acabamento das superfícies das placas de concreto e da forma plastificada. Em seguida, foram atribuídas as pontuações (conforme a Tabela 05) a partir das observações realizadas durante a inspeção. No concreto foram avaliados o aspecto superficial, a presença de microbolhas e manchas na superfície. Já na forma foram avaliados o aspecto superficial, a presença de poeira residual e manchas. A Tabela 05 apresenta as pontuações atribuídas a partir das avaliações realizadas.

Tabela 09 – Análise qualitativa da superfície do concreto e das formas

AMOSTRA	CONCRETO			FORMA			TOTAL
	Aspecto superficial	Microporos	Manchas	Aspecto superficial	Poeira	Manchas	
OB1	4	5	4	3	2	2	20
OB2	5	6	5	3	2	3	24
OB3	4	4	5	4	3	2	22
OB4	4	5	3	2	2	2	18
OR1	3	4	3	3	2	3	18
OR2	2	2	2	2	2	2	12
OR3	4	4	5	4	3	4	24
OR4	4	3	2	3	2	4	18
OM1	3	2	5	5	5	4	24
OM2	3	3	4	6	6	5	27
OM3	3	2	5	6	5	5	26
OM4	2	2	4	6	5	6	25

Fonte: Autor, 2021.

Com base nos dados apresentados na Tabela 09, pode-se notar que o OB promoveu uma qualidade de acabamento superficial ruim quando comparado aos OR e OM, com quantidade maior de microporos e manchas na superfície do concreto. Porém, no que se refere ao estado de conservação das formas após a desmoldagem, o OB apresentou um desempenho superior, possuindo um bom aspecto superficial e pouca presença de poeira e manchas após a desforma dos corpos de prova.

As Figuras 24, 25 e 26 ilustram o aspecto superficial apresentado pelos elementos de concreto após a desmoldagem.

Figura 24 – Aspecto superficial do elemento de concreto com aplicação do OB.

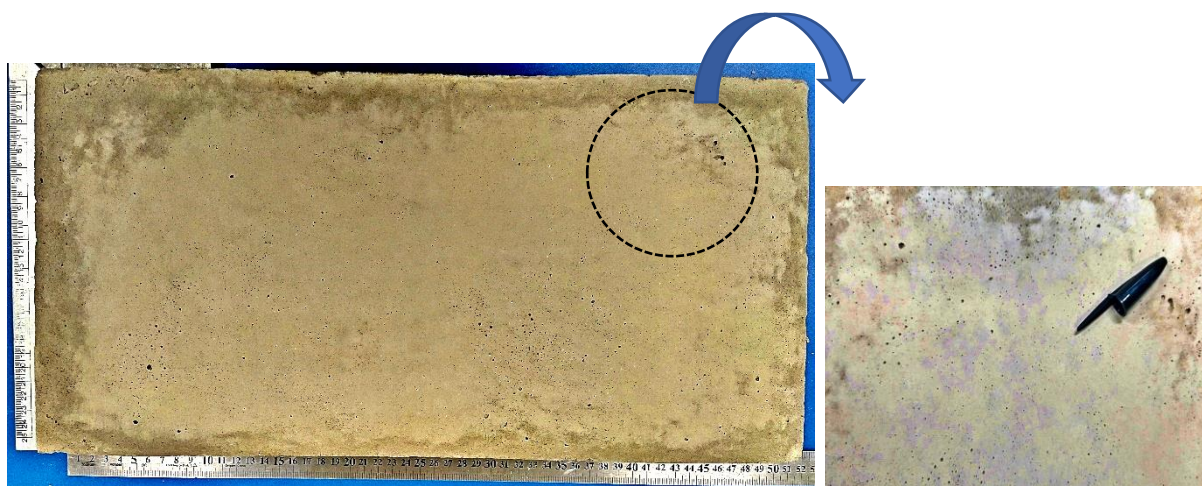
Fonte: Autor, 2021.

Figura 25 – Aspecto superficial do elemento de concreto com aplicação do OR.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 26 – Aspecto superficial do elemento de concreto com aplicação do OM.



Fonte: Autor, 2021.

As Figuras 27, 28 e 29 apresentam o estado de conservação das formas após a desforma dos corpos de prova de concreto.

Figura 27 – Estado da superfície da forma após aplicação do OB.



Fonte: Autor, 2021

Figura 28 – Estado da superfície da forma após aplicação do OR.



Fonte: Autor, 2021

Figura 29 – Estado da superfície da forma após aplicação do OM.



Fonte: Autor, 2021

A Tabela 10 apresenta os dados obtidos através do software ImageJ após tratamentos das imagens e quantificação dos poros presentes na superfície dos corpos de prova. Com isso, busca-se ratificar os resultados qualitativos apresentados anteriormente.

Tabela 10: Avaliação do grau de porosidade apresentado pelos elementos de concreto

Amostra	Qtd. de poros	% Área	Média das dimensões (mm)
OB1	654	0.2956	9.7
OB2	729	0.3701	13.0
OB3	892	0.3234	6.7
OB4	887	0.2809	7.9
OR1	266	0.1616	13.5
OR2	477	0.1765	8.3
OR3	877	0.3327	8.0
OR4	762	0.2822	9.2
OM1	125	0.0710	14.5
OM2	92	0.0586	14.8
OM3	40	0.0294	14.0
OM4	30	0.0223	16.9

Fonte: Autor, 2021.

Com base nos dados apresentados na Tabela 06, observa-se que os elementos moldados com uso de OB como desmoldante, após a desforma apresentam um grau de porosidade superior aos corpos de prova moldados com uso dos óleos OR e OM, uma média de 790 microporos com dimensão média de 9,3mm, contra 595 e 287 respectivamente. A maior quantidade de microporos presentes nos CP's moldados com OB pode estar relacionado ao alto índice de saponificação apresentado por esse óleo, pois as bolhas formadas a partir da reação de saponificação do óleo com os componentes do concreto na fase fluida deixam vazios após a evaporação da água durante a pega e endurecimento do concreto.

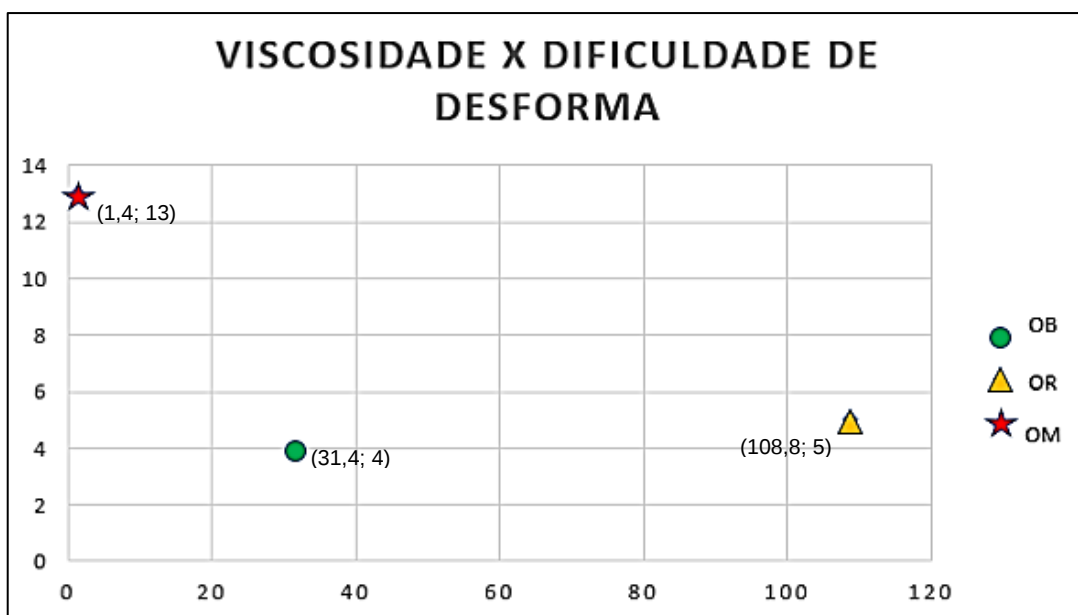
6.8 CORRELAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES E O DESEMPENHO DOS ÓLEOS DESMOLDANTES

A seguir serão realizadas algumas correlações entre os dados obtidos a fim de concatenar os resultados encontrados nesta pesquisa.

6.8.1 Viscosidade x Dificuldade de desforma

O Gráfico 03 apresenta a correlação realizada entre os valores de viscosidade (40°C) apresentados pelos desmoldantes e seu desempenho no que se refere a facilidade de desforma.

Gráfico 03: Correlação entre a Viscosidade e o Nível de dificuldade de desforma



Fonte: Autor, 2021.

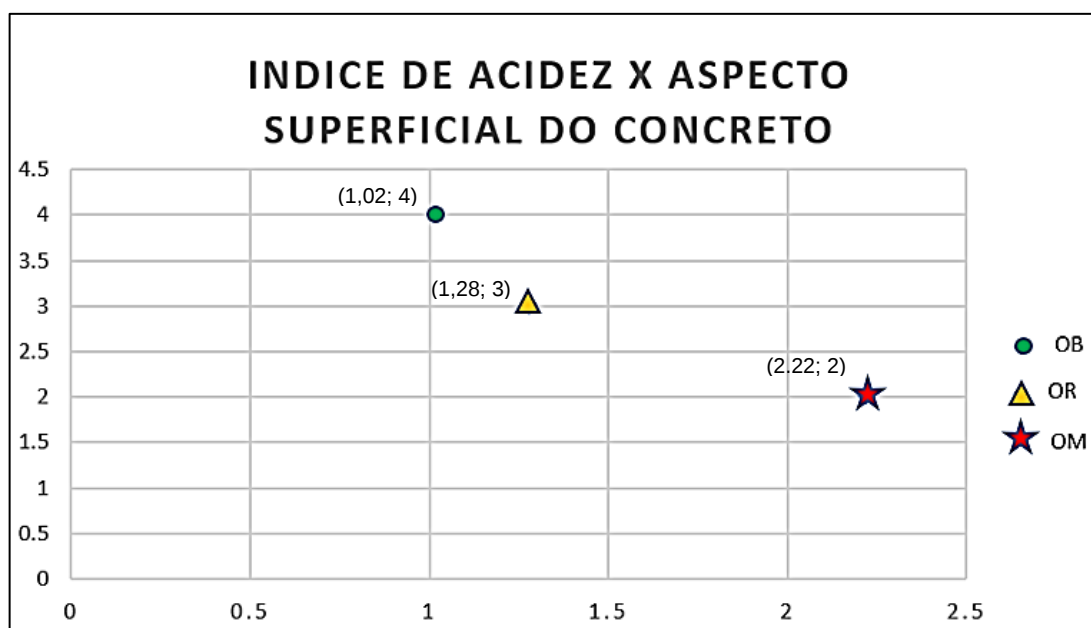
Através da leitura dos dados do Gráfico 03, nota-se que os desmoldantes com menores valores de viscosidade podem levar a uma maior dificuldade de desforma dos elementos de concreto. Isso ocorre devido a melhor capacidade e espalhamento e recobrimento da forma para os óleos com maior viscosidade, o que reduz a possibilidade de remoção do produto durante o lançamento do concreto, fazendo com que a película antiaderente formada entre a forma e o concreto seja mais homogênea. No entanto, vale ressaltar que outros fatores podem impactar no nível de dificuldade de desforma do elemento, como por exemplo a rugosidade, o estado de conservação da forma e outras propriedades dos próprios desmoldantes.

Neste estudo, observou-se que outra propriedade também influenciou nos resultados apresentados, visto que o OR mesmo apresentando maior viscosidade, apresentou maior dificuldade de desforma quando comparado ao OB. Isso pode ser explicado pelo maior índice de saponificação apresentado pelo OB, propriedade esta que influencia diretamente nas propriedades lubrificantes do óleo e que possibilitou uma maior facilidade de desforma quando comparado com os demais óleos.

6.8.2 Índice de acidez x Aspecto superficial do concreto

O Gráfico 04 apresenta a correlação realizada entre os valores de Índice de acidez e o aspecto superficial do elemento de concreto após a desforma.

Gráfico 04: Correlação entre o índice de acidez e o aspecto superficial do concreto.



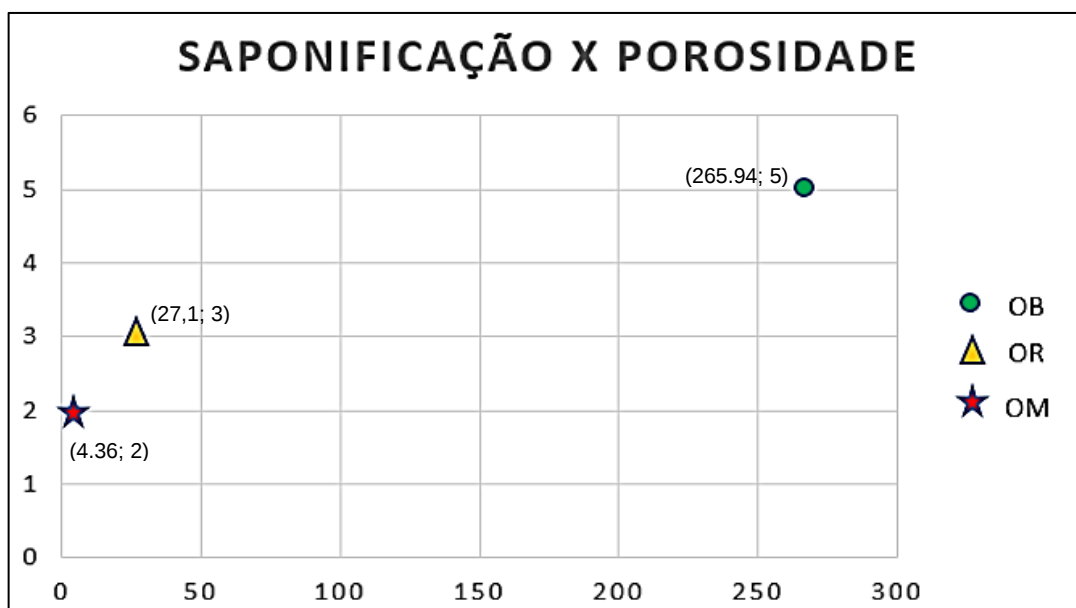
Fonte: Autor, 2021.

Com base na leitura do Gráfico 04, constata-se que os desmoldantes com valores de índice de acidez maiores tendem a produzir elementos de concreto com um melhor aspecto superficial, com menor presença de poros e manchas. Neste caso, o que ocorre é a reação química benéfica entre os ácidos graxos que compõem o óleo com o cálcio presente na pasta de cimento fresco. Desta forma, o OM por apresentar um índice de acidez maior (2,22 mgKOH/g) comparado aos demais, apresentou também uma melhor superfície de acabamento.

6.8.3 Saponificação x Porosidade

O Gráfico 05 apresenta a correlação realizada entre os valores de Índice de saponificação e o grau de porosidade apresentado pelos elementos de concreto após o processo de desforma.

Gráfico 05: Correlação entre o Índice de saponificação e a porosidade dos elementos de concreto



Fonte: Autor, 2021.

Diante dos dados apresentados, observa-se que valores elevados do índice de saponificação levaram a uma maior quantidade de microporos presentes na superfície dos elementos de concreto. Neste estudo, o OB por possuir um índice de saponificação muito superior aos óleos OM e OR, apresentou também uma maior quantidade de microporos na superfície dos elementos de concreto que foram moldados fazendo o seu uso.

6.9 ASPECTOS ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DOS PRODUTOS

No que se refere ao aspecto econômico, a Tabela 11 traz a média de preço dos três tipos de óleos aqui estudados.

Tabela 11: Comparação de preços dos óleos de babaçu, mineral e residual.

Amostra	Preço (R\$/L)*	Preço/Rendimento
Óleo de babaçu	14,50	2,01
Óleo mineral	13,00	5,20
Óleo residual	11,28	2,05

*Preços médios cotados na região leste maranhense.

Fonte: Autor, 2021.

Portanto, observa-se que o óleo de babaçu apresenta um preço de mercado superior aos óleos mineral e residual. Porém, ressalta-se que há uma compensação econômica para a utilização do óleo de babaçu, já que possui uma excelente capacidade de recobrimento na superfície das formas, o que eleva seu rendimento (menor consumo/m²) e também o seu baixo grau de agressividade as formas, permitindo um maior número de reutilização dos moldes.

Com relação ao aspecto ambiental, sabe-se que tanto o óleo residual (proveniente da mistura de óleos à base de petróleo) quanto o óleo mineral apresentam em sua composição componentes químicos que oferecem risco de contaminação as águas e solo, se descartados de forma incorreta. Já o óleo de babaçu, por ser um produto de origem vegetal, é renovável e biodegradável, o que reduz os impactos ambientais resultantes da aplicação desses produtos na construção civil.

7 CONCLUSÕES

A partir dos resultados apresentados nesta pesquisa, constatou-se que o óleo de coco babaçu pode ser aplicado como um produto desmoldante na indústria da construção civil.

Por meio da análise qualitativa foram observadas uma maior quantidade de microporos na superfície dos corpos de provas moldados com o óleo de babaçu, fato este, explicado pelo seu elevado índice de saponificação (265,94 mg KOH/g). Por outro lado, este mesmo índice foi um dos fatores que impactaram em uma excelente facilidade de desforma dos elementos moldados com o óleo de babaçu, quando comparado aos demais tipos de óleos aqui estudados (óleo residual e óleo mineral) por promover uma excelente lubrificação, impedindo assim a aderência da forma ao concreto.

Além disso, o óleo de babaçu apresentou um ângulo de contato de $37,5^\circ$, o que lhe garantiu uma boa capacidade de recobrimento e espalhamento na superfície da forma, além de um rendimento superior aos demais. Tais propriedades ratificam o bom desempenho do óleo de babaçu quando aplicado como agente de desforma.

Por fim, foi observada uma menor degradação das formas dos elementos moldados com o óleo de babaçu. Isso se torna importante no aspecto econômico das obras, uma vez que irá possibilitar um reaproveitamento maior dos moldes na produção de novos elementos.

Vale destacar ainda que o óleo de babaçu contribui na perspectiva sustentável das construções, uma vez que é um produto de origem vegetal e biodegradável.

Como sugestão para pesquisas futuras, apontamos a possibilidade de serem realizadas análises de fadigamento das formas, quantificando assim seu índice de reaproveitamento. Outra sugestão seria fazer uso de formas plásticas e também metálicas, verificando o desempenho do óleo de babaçu também para formas fabricadas com esses materiais.

REFERÊNCIAS

ABBATE, V. **Desmoldante: um para cada tipo de forma**. Técnica, n.70, jan/2003.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5738/2015** – Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015.

ALBIERO, D.; MACIEL, A. J. S.; LOPES, O. C.; MELLO, C. A.; GAMERO, C. A. **Proposal of Machine for babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.) harvest for small farms**. Acta Amazônica, v.37, n.3, p. 337 – 346. 2007

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS (ASTM). **ASTM D 543** - Standard Practices for Evaluating the Resistance of Plastics to Chemical Reagents. West Conshohocken, 2006.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS (ASTM). **ASTM D 6237** - Standard Guide for Painting Inspectors (Concrete and Masonry Substrates). West Conshohocken, 1998.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS (ASTM). **ASTM D 6279**: Test method for rub abrasion mar resistance of high gloss coatings. West Conshohocken, 2003.

AMERICAN STANDARDS TESTING OF MATERIALS (ASTM). **ASTM E 1857**: Standard guide for selection of cleaning techniques for masonry, concrete, and stucco surfaces. West Conshohocken, 1997.

ASSALI, M. P. **Emprego de agentes retardadores em substituição aos desmoldantes convencionais na moldagem de concreto para recebimento do revestimento de argamassas**. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2012.

BATISTELLA, M.; BOLFE, E. L.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C.; SPINELLI-ARAUJO, L. S. **Relatório do diagnóstico do macrozoneamento ecológico-econômico do estado do Maranhão**. Campinas: Embrapa, 2013. 445 p.: il. (Embrapa Monitoramento por Satélite. Relatório Técnico, v. 1).

BATY, G.; REYNOLDS, R. **Release Agents. What are they? How they work?** Cresset Chemical Company, 2009. Disponível em: <<http://www.cresset.com/rabrochu.htm>>. Acesso em: 07 dez. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.º482, de 23 de setembro de 1999. Regulamento técnico para fixação de Identidade e Qualidade de Óleos e Gorduras vegetais. **Diário Oficial da União**, Brasília-DF, v.196. 13 de out de 1999.

CARRAZZA, L. R.; SILVA, M. L. da; ÁVILA, J. C. C. **Manual Tecnológico de Aproveitamento Integral do Fruto do Babaçu**. Brasília – DF, Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), Brasil, 2012.

CARVALHO, J. D. V. **Cultivo de babaçu e extração do óleo**. Dossiê técnico: Centro de Apoio ao desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Brasília – CDT/UnB. 2007. 22p.

CONCRETE CONSTRUCTION – **Choosing a form release agente**: Much depends on the type off rom material. Disponível em: <<https://www.concreteconstruction.net/>>. Acessado em: 20 fev. 2019.

COSTA, C. da L.; FRANÇA, E. T. de R.; SANTOS, D. S.; COSTA, M. C. P.; BARBOSA, M. do C. L. B.; NASCIMENTO, M. do D. S. B. **Caracterização físico-química de óleos fixos artesanais do coco babaçu (*Orbignya phalerata*) de regiões ecológicas do estado do Maranhão, Brasil**. Pesquisa em Foco, São Luís, v. 20, n.1, p. 27-38. 2015.

DJELAL, C.; DE CARO, P.; LIBESSART, L.; DUBOIS, I.; PÉBÈRE, N. **Comprehension of demoulding mechanisms at the formwork/oil/concrete interface**. Materials and Structure, 41, p 571-581, 2008. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/174213742222617h/>>. Acesso em: 09 jan. 2020.

DJELAL, C.; VANHOVE, Y.; DE CARO, P.; BRISSET, P. **Role of demoulding agents during self-compacting concrete casting in formwork**. Materials and Structure, 35, p 470-476, 2002. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/92u67m47806r3486/>>. Acesso em: 11 jan. 2020.

DJELAL, C.; VANHOVE, Y.; CHAMBELLAN, D.; BRISSET, P. **Influence of the application method of release agents on thickness of mould oils**. Materials and Structure, 43, p 687-698, 2010. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/j547213418k9wg13/>>. Acesso em: 26 jan. 2020.

FACHINETTO, F.; CAMARGO, L. de. **Estudo comparativo da permeabilidade em concretos pré-moldados em função do fator água/cimento e consumo de cimento**. Trabalho de conclusão de curso (CEFET PR), Curitiba, 2002.

FIGUEIREDO, L. D. **Do espaço doméstico ao espaço público**: lutas das quebradeiras de coco babaçu no Maranhão. Dissertação (Mestrado em Agricultura Familiar e Desenvolvimento Sustentável) - Núcleo de Estudos Integrados sobre Agricultura Familiar, Universidade Federal do Pará, Belém, 2005.

IEPAGRO - INSTITUTO DE ESTUDOS E PESQUISA DO AGRONEGÓCIO RONDONIENSE. **Programa de ações a jusante do médio e baixo Rio Madeira**: unidade de processamento do coco de babaçu. Distrito de Calama. Porto Velho, 2010.

JOUKOSKI, A.; PORTELLA, K. F.; GARCIA, C. M.; SALES, A.; PAULA, J. F.. **Estudo do processo de fabricação de postes de concreto armado destinados a redes de distribuição elétrica:** principais falhas, suas sequências e correções. In: 44º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, IBRACON, BELO HORIZONTE, MG. IBRACON, 2002.

LACERDA, F. B.; SILVA, F. C.; MELO, C. K.; BRANDÃO, K. S. R.; CARDIAS, H. T. C. **Otimização das condições reacionais do processo de produção de biodiesel etílico a partir do óleo de babaçu (*Orbignya martiana*).** Encontro Nacional dos estudantes de Química, São Luís, 2005.

LIBESSART, L. **Influence des composées chimiques des agents de démoulage sur l'interface coffrage/béton – Impact sur l'esthétique des parements en béton.** Tese de Doutorado – Universidade d'Artois à Béthune, 2006.

LIBESSART, L.; CARO, P. de; DJELAL, C.; DUBOIS, I. **Correlation between adhesion energy of release agents on the formwork and demoulding performances.** Construction and Building Materials, v. 76, p. 130-139, 2015.

LIMA, J. R. O. et al. **Biodiesel de babaçu (*Orbignya sp.*) obtido por via etanólica.** Química Nova, São Paulo, v.30, n. 3, p. 600-603, 2007.

LOUZEIRO, H. C. **Microemulsões combustíveis a partir do óleo de babaçu para substituir o diesel em motores estacionários.** 2012. 99 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

MACHADO, G. C; CHAVES, J. B. P; ANTONIASSI, R. **Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu.** Revista Seres, v. 53, n.308, p. 463-470, 2006. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3169/1063>>. Acesso em maio de 2020.

MARANHÃO, G. M. **Fôrmas para concreto:** subsídios para a otimização do projeto segundo a NBR 7190/97. Dissertação de Mestrado – Escola de Engenharia de São Carlos, 2000.

MILANI, C.; BOESING, R.; PHILIPPSSEN, R.; MIOTTI, L. A. **Processo produtivo de elementos pré-moldados de concreto armado: detecção de manifestações patológicas.** Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online), n. 15, p. 82-91, 1 jan. 2012.

MOREIRA, K. A. W. **Estudo das manifestações patológicas na produção de pré-fabricados de concreto.** Dissertação de Mestrado (UFPR), Curitiba, 2009.

MOTA, M. M. de P., ZUNIGA, A. D. G., PINEDO, A. A., CARREIRO, S.C. **Desacidificação do óleo de babaçu (*Orbignya phalerata*, mart.) pelo processo de extração líquido-líquido visando seu uso na produção de biodiesel.** Enciclopédia Biosfera, v. 6, n. 11. 2010. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2010c/desasidificacao.pdf>>.

https://www.concreteconstruction.net/_view-object?id=00000153-8b9a-dbf3-a177-9fbb2da20000>. Acessado em: 20 fev. 2020.

NUNES, L.A. **Caracterização da fauna edáfica em sistemas de manejo para produção de forragens no estado do Piauí**. Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 1, p. 30-37. 2012. Centro de Ciências Agrárias - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/1309> >. Acesso em 18 mai. 2020.

ÓLEO DE BABAÇÚ. Disponível em: <<https://ecobrazil.meuspedidos.com.br/produtos/37029079>>. Acessado em: 15 jan. 2020.

OLIVEIRA, A. I. T.; ALEXANDRE, G. P.; MAHMOUD, T. S. **Babaçu (*Orbignya sp*): Caracterização física de frutos e utilização de solventes orgânicos para extração de óleo**. BBR - Biochemistry and Biotechnology Reports, [S.l.], v. 2, n. 3esp, p. 126-129, ago. 2013. ISSN 2316-5200. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/bbr/article/view/15716>>. Acesso em: 29 abr. 2020.

SANTOS-FILHO, F. S.; ALMEIDA JR, E. B.; SOARES, C. J. R. S.; **Cocais**: Zona Ecotonal natural ou artificial? Revista Equador (UFPI), v.1, n.1, p.02-13, 2013.

TEIXEIRA, M.A. **Babassu — A New Approach for an Ancient Brazilian Biomass**. BIOMASS AND BIOENERGY, v. 32, p. 857 – 864. 2008.