

## 5 - Conclusões

Ao concluir a pesquisa percebe-se que ainda há muito que se pesquisar no campo de revestimentos e vedações e mais especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de um reservatório para armazenar água, que seja resistente e confiável.

A importância do cunho social da pesquisa na Comunidade do Anil com a realização de atividades convivenciais, incentivou o desenvolvimento da mesma, criando possibilidades de minimização do impacto ambiental e a redução de custos na construção do reservatório d'água, resgatando antigos conhecimentos, significados e relações que uniram mais o grupo de trabalho. O resgate desses modos de fazer com a ajuda da tecnologia, fez com que o grupo se relacionasse melhor com o meio externo e interno, interagindo com o meio ambiente e dentro de seu próprio grupo.

O uso de materiais naturais disponíveis no local foi importante para adequar e adaptar “modos de viabilizar e facilitar a vida” e o sustento daquela comunidade, ajudando-a no reconhecimento dos limites ambientais e da sua capacidade de recuperação, bem como a importância da utilização de processos mais favoráveis e menos danosos, tanto ambiental quanto socialmente.

A tecnologia adotada no contexto onde a pesquisa se desenvolveu determinou as condições de fabricação, uso, finalidades, significados simbólicos e circunstanciais, fundamentais para a compreensão e conhecimento do objeto construído. Os resultados dos experimentos, dos ensaios e das atividades convivenciais na comunidade do Anil serviram para desmistificar o uso de materiais orgânicos na construção de objetos de uso comunitário, sem a necessidade de dissociação dos modos em vivem e dos conhecimentos adquiridos e transmitidos ao longo de suas vidas, contribuindo mais ainda para disseminação destes conhecimentos para futuras gerações.

Embora os números encontrados nos leve a pensar numa análise mercadológica, não há como contestar a importância social da pesquisa, mesmo que os números demonstrem o contrário. Os resultados encontrados não fazem parte de uma simples análise mercadológica com preocupação de fazer do objeto algo simplesmente comerciável, mas importante para que tenhamos idéia de que é

possível construir objetos dessa natureza usando este tipo de processo, sem agredir o meio ambiente, consumindo quase nenhuma energia e com baixo custo.

Embora a utilização de fibras de origem natural não signifique necessariamente a garantia de minimização do impacto ambiental, procurou-se levar sempre em consideração a disponibilidade de encontrá-las, integrando-as com as tecnologias envolvidas no processo, considerando também as particularidades geográficas e culturais das regiões onde ocorreram as atividades, fundamentais para a elaboração do objeto sustentável; o reservatório de água. A combinação do uso do barro e das fibras na pesquisa permitiu um melhor entendimento sobre a resistência mecânica deste compósito, quando combinados nos experimentos laboratoriais dos modelos estruturados com bambu e nos modelos esféricos ou quando combinados em atividades realizadas no campo. O uso destes materiais atendeu as necessidades verificadas no campo junto à comunidade e nas pesquisas realizadas no LILD, verificando-se o reconhecimento de alguns conceitos usados em construções. Estes experimentos e ensaios serviram para avaliar o aumento estrutural que as fibras incorporaram aos modelos aumentando a resistência e a estabilização dos revestimentos e das vedações. Também foi importante observar as vantagens e desvantagens oferecidas por cada um no que diz respeito ao aproveitamento, leveza, impermeabilidade.

Mesmo que não seja esta a intenção, não há como fugir de uma análise quantitativa, pois não há nada neste mundo de hoje que não possua valor econômico, de acordo com as regras econômicas as quais estamos submetidos. Os dados fornecidos podem ser úteis se comparados a dados de outros experimentos utilizando materiais impermeabilizantes que possam a vir ser pesquisados e utilizados. Além disso, os desdobramentos obtidos dos experimentos e ensaios podem ser úteis na criação de alternativas de uso para os objetos construídos, quando adaptados para exercerem outras funções. Os dados numéricos encontrados contribuem para análise da pesquisa, mas não são mais importantes que as observações feitas sobre o comportamento dos materiais no transcorrer do processo. O importante para a pesquisa não é a quantidade e sim a qualidade dos experimentos e seus possíveis desdobramentos.

Uma das particularidades da pesquisa foi a utilização da bola de fisioterapia para a moldagem dos modelos. Embora seja feita de plástico e não a

partir de um material natural, a bola de fisioterapia, objeto ao qual me referi no tópico em que falo sobre a moldagem de “fibrobarro” sobre superfícies esféricas, provavelmente terá reduzida chance de ser encontrada no meio rural, ao contrário do meio urbano, que oferece uma infinidade de opções. A referência feita à bola é porque foi um acessório fundamental, usado no processo de moldagem dos experimentos e responsável por conferir ao objeto a forma esférica, que concentra maior volume em menos espaço. A dificuldade de se obter este tipo de objeto no meio rural foi uma dos problemas encontrados para o desenvolvimento de um reservatório de água construído com “fibrobarro”, caso adotássemos o processo de moldagem sobre superfícies esféricas. Entretanto a possibilidade do uso de recursos disponíveis no próprio local criou outras possibilidades, até mesmo de moldagem usando outros tipos de moldes, abriu perspectiva de utilização de alternativas que utilizam outros materiais, como o papel, o gesso, silicone, etc. A falta da bola de fisioterapia no meio rural, sem dúvida dificultaria, mas não inviabilizaria a construção do reservatório, através do processo de moldagem em superfícies esféricas, pois seria possível preparar um molde com formato esférico, feito com outro material que poderia ser papel ou gesso, do mesmo tamanho e formato da bola de fisioterapia, para usarmos como superfície na moldagem.

Outro aspecto importante observado na pesquisa foi o uso do Poliuretano Vegetal. Originado do óleo de mamona, o poliuretano é reconhecido no meio industrial como sendo um excelente material para impermeabilizar reservatórios de água potável, estação de tratamentos, bacias de contenção, pisos, tanques de aço, madeiras e aglomerantes para compósitos de fibras vegetais, mas ainda é um material inacessível ao meio rural, pois seu uso ainda é restrito ao meio industrial e acadêmico, no que se refere a pesquisas.

O Poliuretano Vegetal é um material de alto desempenho, obtido de recurso natural e renovável, sólido, isento de solventes, que não libera vapores tóxicos e que é altamente resistente a águas que contenham substâncias agressivas, como sais, ácidos e álcalis, apresentando alta durabilidade, razoável elasticidade, boa aderência, estanqueidade a líquidos e gases e por não apresentar retração volumétrica após a cura. Apesar de apresentar todas estas propriedades a resina de mamona ainda é inviável para as classes menos abastadas e comunidades carentes, tanto economicamente, por se tratar de um material caro,

quanto no aspecto acessibilidade, pois não é comum ser encontrado no meio rural. Por outro lado, o uso da resina possibilitou a obtenção de parâmetros, no que diz respeito ao rendimento da resina, custo por superfície e volume, se comparada com outros materiais usados em impermeabilização.

## **Conclusões sobre os modelos estruturados com bambu**

Apesar da construção do modelo estruturado com bambu ter facilitado o seu revestimento com “fibrobarro”, por possuir uma estrutura mais rígida, isto não foi suficiente para a redução do seu peso, que se manteve incompatível com os padrões de peso e volume adequados a um reservatório, quando comparado aos modelos construídos, através da moldagem na superfície da esfera. No entanto, a combinação desses dois elementos com outras fibras, permitiu a formação de novos compósitos, nos quais também foi possível fazer comparações entre eles e com novas combinações surgidas, sempre na intenção de achar o compósito mais adequado para a construção do reservatório de água.

O modelo estruturado com bambu recebeu a massa do ensaio 16, que ficou bastante maleável e de fácil moldagem na superfície, no entanto este novo compósito, quando seco, apresentou algumas fissuras no fundo, causadas pela pouca resistência do material ensaiado, que teve como base na mistura a polpa do papel acartonado, que possui fibras curtas (polpa de papel acartonado + bambu triturado e pó de bambu). O acréscimo do pó de bambu na mistura, composta de barro e polpa de jornal, não foi suficiente para torná-la mais coesa e dar ao modelo a resistência adequada. Nem mesmo a impermeabilização com o Poliuretano Vegetal e a demão com carga de óxido de ferro, vedaram as fissuras que surgiram no fundo do modelo, permitindo o vazamento de água, após o enchimento do modelo. Percebeu-se também, que a aplicação da demão da resina em períodos maiores do que 6 horas não contribuiu para a aderência da mão aplicada anteriormente, impedindo a vedação total dos orifícios abertos na moldagem. Também foi possível perceber, que as fissuras ocorreram, também por conta dos vãos largos existentes na estrutura do modelo, não havendo uma acomodação tão eficiente do compósito aplicado como revestimento, quanto se

estivesse acomodada em uma trama de bambu mais fechada, permitindo desse modo uma moldagem mais tranqüila sem preocupação com possíveis trincas, no período de secagem.

De acordo como os dados obtidos demonstrados na tabela 7, é possível perceber as diferenças existentes entre os Modelos Estruturais 1 e 2, tais como a área trabalhada que variou  $21\text{cm}^2$ , contribuindo para o aumento do volume de água em 22,9%, do primeiro para o segundo modelo. Embora tenha ocorrido um aumento do volume em litros, não houve aumento no gasto de resina como se esperava em função do aumento da área a ser impermeabilizada. Por conta disso houve um aumento do custo da impermeabilização em R\$ 1,19 reais em função do aumento do número de aplicações do poliuretano sem ganho de impermeabilidade.

## **Conclusões sobre os modelos esféricos**

A técnica da moldagem sobre superfícies esféricas permitiu a redução de algumas etapas de trabalho ao abandonar o modelo estruturado de bambu, que demanda mais tempo para ser construído em função do beneficiamento das lâminas de bambu, sendo um processo mais trabalhoso. Por outro lado o bambu pode ser uma fibra alternativa por possuir alta resistência. Combinado a outras fibras, poderá originar novos compósitos com boa resistência. Por outro lado, é importante destacar que o uso da resina, contribui sobremaneira para o aumento de resistência do material, através da obtenção de cascas extremamente rígidas, servindo não como impermeabilizante.

Em comparação aos modelos estruturados de bambu, os modelos esféricos, apresentaram razoável resistência, enquanto não apresentaram vazamentos. O processo de moldagem ainda carece ser mais bem desenvolvido, no qual as superfícies, principalmente internas, devem ser mais uniformes, sem a presença de tantas irregularidades, o que permitirá a obtenção de superfícies mais lisas, o que facilita a aplicação da resina. O processo de impermeabilização, também carece ser mais bem desenvolvido, pois a resina sofre forte influência do clima úmido, o que dificulta a sua aplicação e conseqüentemente a vedação total dos orifícios. Os intervalos de demão também precisam ser respeitados e não devem nunca exceder às duas horas recomendadas pelo catálogo técnico.

A ruptura e desestruturação do modelo esférico 1 ocorreu por conta de orifícios abertos na membrana interna e foi importante para a identificação dos erros incorridos nas etapas de moldagem sobre a superfície esférica, chamando a atenção para a importância da saturação do barro pelas fibras, fator que contribuiu para a redução do peso final dos modelos, bem como para o aumento da sua resistência. A constatação deste erro foi importante para a compreensão do comportamento da resina no período de sua aplicação, até o momento de sua total polimerização. A técnica de impermeabilização foi um aprendizado no modo como se deve aplicar a resina, o que contribuiu para a compreensão do seu comportamento em relação aos fatores externos, principalmente no que diz respeito ao tempo de aplicação e condições climáticas.

A presença de poucas fibras de sisal em determinados pontos do modelo foi um erro ocorrido na moldagem, assim como o erro ocorrido na duração entre os intervalos da aplicação da resina no modelo esférico 2, responsável pela não vedação total dos orifícios, ocasionando a infiltração da água entre as membranas formadas pela resina nos modelos esféricos 1 e 2. A infiltração evidenciou a falha na aplicação da resina no momento da impermeabilização. A demão da resina aplicada não foi suficiente para vedar os orifícios ainda abertos, permitindo vazamentos que fragilizaram os modelos, minando a resistência do material e fazendo com perdesse a rigidez.

Outro fator importante observado na construção do modelo esférico 2, foi o uso do barro do próprio campus da PUC, de granulação maior, muito diferente do barro utilizado no modelo esférico 1 e nos modelos esféricos 3 e 4, trazido do canteiro da laboratório de arquitetura. O barro utilizado no modelo esférico 2 foi extraído da encosta, junto ao túnel Zuzu Angel, apresentando-se mais arenoso na sua composição. Mesmo sendo peneirado, o barro colhido na encosta, por ser mais arenoso, aumentou consideravelmente o peso do modelo esférico, embora o tamanho da bola usada na sua moldagem tenha sido maior, contribuindo também para o aumento da área e do volume do modelo. Enquanto o modelo esférico 2 apresentou mais deformidades e irregularidades nas suas superfícies interna e externa, devido ao barro mais arenoso usados na sua modelagem, os modelos esféricos 1, 3 e 4, apresentaram maior regularidade nas superfícies, facilitando o acabamento e a aplicação da resina na impermeabilização e por sua vez

proporcionando menor gasto de resina por área aplicada e a redução do custo de aplicação. Através do cálculo da superfície e do volume dos respectivos modelos foi possível obter informações quanto ao gasto da resina por área na aplicação e o custo da impermeabilização por m<sup>2</sup>.

De acordo com os dados obtidos e demonstrados na tabela 7, percebeu-se redução substancial do gasto de resina por superfície e conseqüentemente do custo da aplicação, do modelo esférico 2 para o modelo esférico 4. A redução do custo da resina na impermeabilização do modelo esférico 4 foi aproximadamente 30% menor que na impermeabilização do modelo esférico 2, embora as áreas dos respectivos modelos pouco variassem de tamanho de 2,67 no modelo 2 para 2,12 no modelo 4. A precaução de impermeabilizar apenas a superfície interna dos modelos esféricos 3 e 4, para que não houvesse risco de infiltração, contribuiu para a redução do gasto de resina, bem como do custo final da aplicação. Embora os modelos esféricos 2 e 4 possuíssem áreas praticamente iguais, o gasto com a resina no modelo esférico 4 foi 79% menor do que o gasto no modelo esférico 2 e algo em torno de 59% menor do que no modelo esférico 3.

Foi possível perceber através dos resultados obtidos a dificuldade de impermeabilização que ocorreu no modelo esférico 2, no qual houve um aumento de 450,5 ml na quantidade de resina aplicada, em relação ao modelo esférico 1, em função da irregularidade da superfície apresentada no modelo esférico 2, por conta da característica arenosa do barro utilizado na sua moldagem. O número de deformidades deixadas na superfície do modelo esférico 2, com a utilização do barro mais arenoso, aumentou consideravelmente a quantidade de resina aplicada na impermeabilização. Conseqüentemente o custo da impermeabilização variou de R\$ 22,62 reais no modelo esférico 1 para R\$ 34,49 reais no modelo esférico 2, com acréscimo de 51% no custo da impermeabilização e 44,5 % a mais no gasto de resina.

Os números apontam a possibilidade de desenvolvimento do reservatório a um baixo custo, ainda que a resina e a bola de fisioterapia sejam materiais pouco acessíveis no meio rural. Mesmo com estas dificuldades, foi possível obter parâmetros que garantem a viabilidade econômica do reservatório ao compararmos com os custos incorridos na construção de uma caixa d'água industrial.

Embora ainda não tenha sido encontrada a “superfície ótima” no processo de moldagem sobre superfícies esféricas, já que todos os modelos desenvolvidos apresentaram vazamentos, uns quase imperceptíveis e outros que inutilizaram a estrutura por completo, de acordo com os números encontrados é possível dizer que os modelos esféricos podem ser construídos com certa facilidade, embora existam as dificuldades mencionadas anteriormente para a produção destes modelos.

De fato ainda não foi possível chegar a um reservatório confiável em termos de resistência, muito embora os modelos esféricos 3 e 4 tenham apresentado boa resistência no teste de volume de água. Os modelos esféricos 3 e 4 ficaram bem próximos do objetivo que era armazenar a água sem vazamentos, embora tenha apontado os erros cometidos durante a moldagem. Ficou evidente que o encurtamento do tempo entre as demãos na impermeabilização com a resina é extremamente importante para a garantia de vedação dos orifícios ainda abertos na moldagem. Além da observância deste tempo de aplicação é importante a obtenção de uma superfície uniforme para facilitar o processo de impermeabilização sem que haja maiores gastos de resina. Os experimentos mostraram que é possível construir um reservatório gastando muito pouco, em comparação ao custo de uma caixa d’água vendida no comércio.

Com relação aos dados técnicos apresentados na tabela 7, os modelos esféricos apresentaram pouca variação no que diz respeito à resistência, apresentando pouca evolução nos modelos 3 e 4. Quanto ao peso os modelos esféricos apresentaram boa evolução nos modelos 3 e 4, quando sofreram considerável redução da espessura do revestimento no momento da moldagem sobre a superfície esférica. O tratamento mais adequado ao barro livrando-o de impurezas e a saturação de mais fibras à massa, também contribuiu para a diminuição do peso nos modelos 3 e 4. Em relação aos itens Impermeabilidade da Superfície e Comportamento do Revestimento, apresentaram discreta evolução de ruim para satisfatório, na medida em que ocorreu um melhor entendimento do comportamento do poliuretano vegetal no momento de sua aplicação e seus intervalos de aplicação e do aumento de incorporação das fibras à massa aplicada na moldagem sobre a superfície esférica.

Conforme os números obtidos, conclui-se que é possível gastar apenas com a resina, entre R\$ 9,00 e R\$ 32,00 reais, levando em consideração os

modelos esféricos, que podem armazenar entre 75 e 105 litros de água, apresentando razoável aproveitamento rendimento da resina. Tomando como exemplo o preço médio de mercado, de uma caixa d'água de plástico de 500 litros, que é de R\$ 200,00 reais, chega-se a conclusão que é possível construir uma caixa d'água orgânica utilizando energia limpa a baixo custo, sendo uma boa alternativa aos exemplares encontrados no mercado.