

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

ESTUDO DA IMPERMEABILIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO EM CAMADAS DE SOLO UTILIZANDO BORRA RESIDUAL¹
STUDY OF WATERPROOFING AND COMPACTION IN SOIL LAYERS USING BORRA RESIDUAL

Ronald Daniel Mensch Noetzold², Valter Antônio Senger³

¹ Projeto de Pesquisa realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, campus Santa Rosa / RS

² Discente do Curso Técnico em Edificações Modalidade Integrado.

³ Professor Orientador.

RESUMO: É notório que falar em reciclagem e sustentabilidade, em virtude da temática estar presente no cotidiano principalmente por meio da reutilização de resíduos gerados pelos diversos processos fabris, intencionando aproveitar o máximo possível desses rejeitos, contribuindo e aliviando com o processo de extração dos materiais da natureza. Na verdade, reciclar tornou-se hoje uma necessidade, visto o imenso volume de resíduos descartados diretamente no ambiente, muitas vezes de forma descontrolada. Em vista dessa realidade, procurando encontrar uma maneira de minimizar os impactos ambientais proporcionados por essa prática, pensou-se no desenvolvimento de um projeto de pesquisa, capaz de auxiliar na temática do reaproveitamento de resíduos, sendo neste caso um dos rejeitos gerados pela indústria moveleira, propondo em utilizá-lo como aditivo na composição de uma mistura em camadas de solo, capaz de aferir características de impermeabilização do mesmo, proporcionando aos aterros executados com esse material uma alteração na sua composição físico / química, aferindo-lhes assim um acréscimo na melhoria quanto ao desempenho no tangente à resistência física a percolação das águas presentes no solo, somente através da utilização desses resíduos na composição com o solo argiloso, misturas elaboradas por meio de dimensionamento, e confirmadas pelos processos de ensaios laboratoriais, no qual se introduza na sua composição, o resíduo ora descartado em percentuais que não comprometa a eficiência do produto final, tão pouco afete a integridade hormonal dos operários e usuários, proporcionando maior durabilidade e conforto, o que torna o objeto da pesquisa um aliado do meio em que vivemos, em função da utilização desses materiais, como também uma alternativa inovadora por encontrar em um material alternativo, a possibilidade da prática de reutilização e retorno de materiais descartados, inserindo-os no ciclo produtivo como matéria-prima agregando qualidade ao produto final. A reciclagem na construção civil, tem se mostrado um bom veio para incorporação desses rejeitos, contribuindo com o ambiente de maneira a minimizar os impactos nele causados pelo descarte. A borra residual proveniente do processo de pintura, é um resíduo que, se descartado diretamente na natureza, acaba por contribuir com o acréscimo dos volumes depositados nos aterros, alimentando a poluição. O experimento visa o aproveitamento dos rejeitos provenientes do processo de pintura da indústria moveleira, utilizando-os como aditivo na execução das camadas de aterro subjacentes das áreas internas dos cômodos das edificações, tendo como intenção a reutilização de forma ambientalmente correta e segura dos resíduos gerados pelo processo fabril. O trabalho objetiva incorporar a BRes na

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

composição da mistura de solos para execução de aterros, tornando-os impermeáveis as águas que permeiam pelos poros do solo por meio da capilaridade, analisar o comportamento do solo e auxiliar na redução dos impactos ambientais.

Palavras-chave: Resíduos, Reciclagem, Permeabilidade, Percolação.

1. INTRODUÇÃO

Em vistas ao aumento das edificações e a atual situação financeira do país, faz-se necessário focar na racionalização de insumos, de forma a encontrar novas alternativas que possam auxiliar no reaproveitamento de resíduos gerados pelas atividades industriais, abarcando em alternativas e possibilidades, criando novos produtos capazes de melhorar as características e a qualidade dos mesmos, gerados a partir de resíduos. De acordo com AGOPYAN e JOHN (2014), “o tripé ambiente - economia - sociedade deve ser considerado de uma maneira integrada, pois, do contrário, não teremos um desenvolvimento sustentável: o desafio é fazer a economia evoluir, atendendo as expectativas da sociedade e mantendo o ambiente sadio para esta e para as futuras gerações”. Para tanto, é necessário o desenvolvimento de estudos de viabilização, elaborados por pessoas envolvidas no processo, principalmente por estudantes da área em parceria com instituições de ensino e empresas parceiras, as quais demonstram interesse no desenvolvimento de novas alternativas. Ainda segundo AGOPYAN e JOHN (2014), “a cadeia da construção civil é responsável pela transformação do ambiente natural no ambiente construído, que precisa ser permanentemente atualizado e mantido”. Dessa forma, torna-se possível encontrar soluções voltadas ao aproveitar dos resíduos, sendo a construção civil um excelente gargalo além de uma destinação racional para absorver grande parte desses rejeitos, desde que, desenvolvidos estudos de pesquisas focados e alicerçados em conhecimentos técnicos, confirmados através de resultados positivos por meio de ensaios confiáveis.

A indústria moveleira é agente geradora de resíduos sólidos de várias composições, na presente pesquisa, está sendo utilizado o rejeito gerado pelo processo de pintura denominado de Borra Residual (BRes). A BRes quando em pequena concentração misturada ao solo, foi submetida a análises químicas, não demonstra representar riscos ao ser humano, mesmo assim não pode ser descartado de qualquer maneira e sem controle, visto que, por ser um material impermeável de partículas muito fina e leve, além de que, puro não oferece coesão entre as partículas, acabaria por espalhar-se com facilidade somente pela ação do tempo, passando a impermeabilizar inclusive áreas de cultivo.

Na construção das camadas de aterros, uma das patologias mais comuns encontradas, trata-se da umidade proveniente do solo, a qual tende a percolar por capilaridade, tornando por ecludir em algum ponto. Com a impermeabilização das camadas de aterro, além de evitar que a água percole pelos tubos capilares, também impede que a mesma infiltre por gravidade, tornando possível não só utilizar um material até então descartado (o qual tende a ocupar grandes áreas construídas

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

para sua estocagem), como afere ao solo uma característica impermeável servindo como uma capa selante sobre a superfície a qual se deseja evitar a passagem das águas. A indústria moveleira, é responsável pela geração de uma grande parcela desses resíduos, os quais demandam de muito espaço físico e investimentos, para que se tenha uma destinação controlada, mesmo que não apropriada. Sabe-se que a construção civil atualmente é um excelente gargalo capaz de receber como matéria prima vários tipos de rejeitos, utilizando-os como agregados na composição de misturas, devolvendo o que dantes era descartado novamente ao ciclo produtivo, dando uma utilização prática, eficaz, correta e sustentável a esses resíduos. Seguindo nesta linha, vislumbrou-se a possibilidade para um estudo de caso, avaliando o uso da BRes gerado por uma indústria de móveis da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, sendo este material incorporado no solo a ser utilizado em aterros de barragens na face montante, no corpo do talude, em camadas de aterro nas áreas internas das edificações, podendo ainda ser utilizado na camada mais inferior da pavimentação (subleito), bem como na fabricação de tijolos ecológicos a base de argila.

Para YUDELSON (2013), “para fazer coisas diferentes com sustentabilidade, precisamos fazer as coisas de uma maneira diferente. Para fazer as coisas de uma maneira diferente, precisamos pensá-las de maneira diferente. Para pensá-las de maneira diferente, precisamos, na verdade, ser ou nos tornar pessoas diferentes”. Seguindo nesta linha de raciocínio, dentre as propostas do projeto de pesquisa, destaca-se a possibilidade de impermeabilizar o solo utilizado nas camadas de aterro (seja nas edificações ou na pavimentação), com a finalidade de eliminar as patologias causadas pela umidade, oriundas da percolação (capilaridade e/ou gravidade), tornando o solo de aterro impermeável, bem como proporcionar uma destinação apropriada e segura para os resíduos gerados pelo processo de industrialização, mais especificamente os resíduos provenientes do processo de pintura, encontrar uma mistura que permita utilizar a BRes gerada pelas indústrias moveleiras na composição de solos para aterro, proporcionar a estes solos, maior capacidade de fechamento dos vazios entre grãos, encontrar através dos métodos de ensaios laboratoriais, qual o percentual de adição desse material pode ser incorporado para que o grau de compactação atinja 95% do Proctor Normal, sem comprometer a qualidade das edificações e a saúde dos operários e usuários das edificações, analisar a permeabilidade do solo com BRes comparando com solo sem o aditivo, auxiliar na redução dos impactos ambientais causado pelo descarte desses resíduos, dando um destino inteligente e sustentável, proporcionar aos envolvidos aprofundamento sobre o tema abordado, possibilitar novas alternativas para futuros estudos relacionados às patologias oriundas da umidade por capilaridade, além de proporcionar redução no custo quanto à destinação final dos materiais descartados, mantendo ou mesmo aferindo maior qualidade e auxílio ao meio ambiente com a eliminação do descarte em aterros sanitários e/ou em construções utilizadas especificamente para este fim.

2. OBJETIVOS

Verificar a possibilidade da utilização dos resíduos gerados pelo processo fabril de pintura obtido pela fabricação de móveis, como composição na mistura para aterros e tijolos, de forma a aferir

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

propriedades físicas favoráveis a sua finalidade. Analisar o comportamento do solo com adição de BRes, quanto à capacidade de impermeabilização e compactação, para uso nas camadas de aterro, aferindo nestas, capacidade de retenção da umidade ocasionada pelo processo de capilaridade, proporcionando ao solo maior capacidade de fechamento dos vazios entre grãos. Auxiliar na redução dos impactos ambientais causados pelo descarte de resíduos, dando um destino inteligente e sustentável. Possibilitar novas alternativas para futuros estudos relacionados à temática das patologias oriundas da umidade presente nos solos.

3. METODOLOGIA

A metodologia indica a condução da pesquisa, indicando sua classificação. Para Gil (2010), se faz necessário classificar a pesquisa, pois elas se referem a diversos objetos e conseqüentemente abordam objetivos diferentes. Sendo assim, apresentam-se as respectivas classificações dentro dos aspectos metodológicos.

1. QUANTO AOS MATERIAIS

Usado solo argiloso encontrado dentro da área do Instituto Federal Farroupilha, *campus* Santa Rosa / RS e BRes, proveniente do processo fabril, produzida por uma empresa da área moveleira, localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul, incorporando esse material em diferentes percentuais, buscando encontrar uma composição capaz de atender as exigências normatizadas quanto à compactação pelo método de ensaio de Proctor Normal em 95%, e proporcionar retenção da água, impedindo sua passagem do solo/solo, solo/piso, piso/alvenaria e alvenaria/revestimento, eliminando as patologias causadas pela presença de umidade, utilizando-se para tanto dos resíduos de BRes como aditivo, inserindo-o na composição dos solos para aterro.

2. QUANTO AOS MÉTODOS

O desenvolvimento do projeto de pesquisa proposto é realizado pelo método procedimental através de pesquisas bibliográficas abordando tópicos sobre os materiais envolvidos com as temáticas "Borra Residual", "Resíduo de Tintas", "Argila" e "Ensaio de Laboratório", proporcionando aos envolvidos ampliar seus conhecimentos quanto à leitura, escrita, cálculos, expressões gráficas, destinação correta de resíduos, ensaios de laboratório, cuidados com o meio ambiente, e de valores como ética, responsabilidade, dedicação, etc., tanto pessoais quanto profissionais, de forma a possibilitar a comparação das informações já desenvolvidas sobre o assunto, utilizando-se para tanto do acervo de publicações, livros, periódicos eletrônicos, artigos científicos, entre outros, que versem sobre o assunto ou similares. Quanto à metodologia da pesquisa está enquadrada pela sua natureza como uma Pesquisa Aplicada, por caracterizar-se em um interesse prático, isto é, onde os resultados possam ser aplicados ou utilizados imediatamente

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

na solução de problemas que ocorrem na realidade. Segundo TURRIONI e MELLO (2012), a pesquisa aplicada seria suscitada por objetivos comerciais através do desenvolvimento de novos processos ou produtos orientados para as necessidades do mercado. Quanto aos seus objetivos é uma pesquisa normativa, que está inicialmente interessada no desenvolvimento de ações para encontrar uma solução ótima para novas definições de problemas específicos. Ainda para TURRIONI e MELLO (2012), quanto à forma de abordar o problema, a pesquisa enquadra-se como quantitativa, considerando que tudo pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las, enquanto que, também se enquadra como qualitativa, considerando que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito onde a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo.

Sendo assim, usou-se da abordagem qualitativa e quantitativa através da pesquisa-ação, por meio de experimentos realizados em laboratório, com moldagem de amostras para elaboração de ensaios vinculados a caracterizações físicas e químicas, permeabilidade, compactação do solo, percolação da água, absorção, patologias relacionadas às camadas de aterro, sendo considerado os percentuais dos agregados envolvidos (Solo argiloso e BRes), com obtenção de resultados em acordo com as especificações técnicas preconizadas por norma, sendo para tanto considerado os percentuais dos agregados envolvidos.

Para tanto, são utilizados os equipamentos e materiais disponíveis no laboratório com incorporação na composição das misturas, para verificação do comportamento dos resíduos em função da graduação do percentual, analisando os resultados pertinentes ao revestimento. Para a realização das dosagens foram utilizados resíduos industriais de BRes como agregado, inicialmente nos percentuais de 0,5%; 1,0%; 2,0%; 3,0%; 4,0% e 5,0%, os quais ainda serão ampliados no decorrer da pesquisa.

Desta forma, é uma pesquisa combinada, a qual considera a combinação entre aspectos das pesquisas qualitativas e quantitativas em todas ou em algumas das etapas do processo de pesquisa. Conforme TURRIONI e MELLO (2012), do ponto de vista dos métodos, a pesquisa pode ser feita através de experimentos (quando se determina um objeto de estudo, selecionam-se as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto), levantamentos (quando a pesquisa envolve a interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer), modelagem e simulação (quando se deseja experimentar, através de um modelo, um sistema real, determinando-se como este sistema responderá a modificações que lhe são propostas), estudos de caso (estudo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento), pesquisa ação (utilizada quando concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo).

Sendo assim, a pesquisa proposta apresenta uma abordagem mista (combinada) pelos métodos quantitativos através do experimento porque apresenta resultados numéricos na sua validação e pelos métodos qualitativos do estudo de caso e da pesquisa ação no que se refere à obtenção do produto e avaliação de conceito, tornando o resultado da pesquisa de abordagem combinada.

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

Assim, a seguir são demonstradas as fases e suas respectivas caracterizações e ações executadas durante a pesquisa (Quadro 1), sendo que estas fases aconteceram e se repetiram sem uma ordem engessada ou pré-determinada, conforme a teoria relacionada a este delineamento propõe.

3. QUANTO AOS ENSAIOS

Ainda em processo de estudo, estão sendo executados experimentos em laboratório, inicialmente com caracterização das amostras através de ensaio químico para verificação da composição do solo com diferentes percentuais de resíduos. Concomitante estão sendo elaborados experimentos físicos para caracterização dos materiais envolvidos (Solo Argiloso e BRes), sendo granulometria, peso específico, moldagem de amostras em cilindro de Proctor Normal para definição da umidade ótima, moldagem de amostras em cilindro de CBR para verificação da expansão e permeabilidade, amostragem de campo para ensaios com frasco de areia para confirmação do grau de compactação em camadas, fazendo comparativo por referenciação com amostras executadas utilizando materiais convencionais, para que se possa compatibilizar os resultados aferindo valores relacionados, sendo possível verificar sua eficiência/eficácia, e ainda amostragem biológica com minhocas para verificação da toxicidade em seres vivos.

Durante a realização dos ensaios, foi utilizado somente BRes e Solo Argiloso, nos percentuais de 0,0 %, 0,5%; 1,0%; 2,0%; 3,0%; 4,0% e 5,0% (inicialmente), para os ensaios de: 1) Proctor Normal (umidade ótima de compactação); 2) CBR (expansão); 3) CBR (permeabilidade); 4) Compactação experimental "in loco" (atividade de campo); 5) Cone de areia (grau de compactação); 6) Amostragem biológica (toxicidade); 7) Análise Química (composição de contaminantes), sendo todos para solo com e sem resíduo, até a definição do percentual aceitável de adição. De acordo com os resultados obtidos nestes percentuais, poderá fazer-se necessário a utilização de outros percentuais.

1. Borra Residual (BRes)

O resíduo industrial denominado de BRes, é proveniente do processo de pintura das indústrias de móveis, localizada na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Trata-se do refugo gerado pelo processo de pintura em decantação nas cabines de pintura, os quais são separados da água e depositados em tonéis, permanecendo neles como forma de armazenamento e destinação final, alocados em edificação própria para este fim.

2. Argila

Solo argiloso escavado dentro dos limites da área interna do *campus* do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha - *campus* Santa Rosa / RS. O solo utilizado nos ensaios é retirado após a escavação ultrapassar uma camada de 30 cm de profundidade, de maneira que não apresente grande concentração de húmus, o mesmo é secos a temperatura

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

ambiente, que depois é submetido ao processo de destorroamento e segue para a padronização granulométrica, em acordo com as especificações técnicas preconizadas pelas normas de ensaios, passando pela peneira nº 4. Depois de classificado é acrescido de BRes, nas composições definidas para análise de caracterizações físicas, químicas, umidade ótima, compactação e permeabilidade

4. REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico, objetiva teorizar e conceituar a respeito do tema central da pesquisa, sendo neste caso abordado resistência física de resistência à compressão, percolação, percentual de resíduo e grau de compactação, bem como a educação ambiental e, sobre a ação da água no solo, conforme segue.

4.1. RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO

A resistência mecânica das camadas de solo se dá em função da manutenção do maciço edificado, sendo por vezes necessário à substituição do solo existente, e/ou a eliminação dos vazios nele presentes através da compactação do solo executadas em camadas. A utilização de adições e/ou incrementos de materiais ou produtos que permitam potencializar a qualidade do produto final (neste caso solo compactado), vem de encontro com o aumento da vida útil das edificações, reaproveitamento de materiais ora descartados, redução no custo da obra, auxilia na sustentabilidade reduzindo o volume de rejeitos descartados, e eliminação das patologias causadas devido à percolação das águas provenientes do solo junto aos revestimento em argamassa nas alvenarias.

4.2. PERCENTUAL DE RESÍDUO

Assim o trabalho desenvolvido no projeto “Água para a Vida” mostrou a integração com o meio ambiente e não a fragmentação. Pensou-se nos benefícios ambientais, sociais e econômicos, pois se considerou a economia de água potável e o aproveitamento da água dos climatizadores de ar e a preservação das estruturas edificadas para o uso humano, o que conseqüentemente gerou economia no valor da conta de água, redução quanto à manutenção das edificações e a concretização de um trabalho de educação ambiental, que muitas vezes fica apenas na teoria.

4.3. PERCOLAÇÃO

Na maioria das atividades relacionadas ao processo de edificação, a água se faz presente, porém, após o processo construtivo, se faz necessário sua eliminação, do contrário, a água torna-se o “vilão” em se tratando de patologias prediais. No caso dos solos, Rebello (2008), afirma que a existência de água no solo é um princípio favorável, pois, diminui a tensão aplicada ao solo.

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

Porém, a água sob pressão, pode ser expulsa para regiões de menor pressão no solo, o que certamente tende a provocar vazios, levando ao recalque das fundações. A percolação nada mais é do que o caminho que a água percorre no interior do maciço, no caso dos solos, levando consigo as menores partículas, com isso criando bolções de ar, o que acaba por desestabilizá-los permitindo a ocorrência do recalque nas edificações.

Para Falconi (1998), a percolação de água nos solos, é responsável pela frequência de recalques devido à diminuição dos vazios do solo, que ocorre pela expulsão da água, influenciando assim na estabilidade das edificações, porque a tensão efetiva a qual comanda o comportamento do solo, dela depende a pressão neutra da água que percola pelos capilares. Já para Rebello (2008), recalque é a deformação do solo quando submetido a cargas, provocando movimentação nas fundações que, dependendo da sua intensidade, pode acabar por proporcionar sérios danos à estrutura.

Conforme Caputo (1988), a deformação por adensamento se dá pela redução do volume aparente do solo, redução esta causada pela acomodação dos grãos nos vazios resultantes da expulsão da água presente no solo das fundações, ocasionando assim o recalque das mesmas, que ocorre em função da pressão exercida pela carga da edificação, sobre sua base (fundação), e esta por sua vez distribui ao solo. Para Rebello (2008), o recalque por adensamento, pode ser estabilizado quando toda a água entre os grãos de solo é expulsa, não havendo mais diminuição no volume do solo.

Com as infiltrações de água junto às edificações, o solo sob as mesmas acabam sendo carregados, com isso resultando vazios, impedindo a transmissão adequada das cargas ao solo (REBELLO, 2008). A presença de infiltração de água no solo, nas camadas subjacentes, principalmente junto às fundações, acaba por afetar o comportamento dos solos colapsíveis e expansíveis, causando danos às bases que dão suporte as edificações. De acordo com a NBR 6122:2010, a presença de água nas fundações é prejudicial à estabilidade do maciço. Por estes motivos, o potencial de instabilidade hidráulica dos solos deve ser verificado, de maneira a considerar os efeitos provocados pela passagem da água, a qual por consequência, causa o carregamento das partículas, com isso, formando bolsões de ar, o que permite um deslocamento do maciço causando patologias relacionadas e reduzindo a vida útil das edificações.

4.4. GRAU DE COMPACTAÇÃO

Assim, a seguir são demonstradas as fases e suas respectivas caracterizações e ações executadas durante a pesquisa (Quadro 1), sendo que estas fases aconteceram e se repetiram sem uma ordem engessada ou pré-determinada, conforme a teoria relacionada a este delineamento propõe.

Quadro 1 - Fases da pesquisa-ação aplicada

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

FASES	MECANISMOS DE CONTROLE E EXECUÇÃO DE ATIVIDADES
Fase exploratória	- Atores diretos: pesquisadores; - Aspectos metodológicos e técnicos: utilizou-se de pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e reuniões. - Atividades executadas: a) Relato de problemas relacionados à temática; b) Definição do objetivo da pesquisa e o problema a ser resolvido (vide introdução); c) Definição os atores diretos e indiretos; d) Construção do cronograma das atividades com o envolvimento dos integrantes.
Fase de formulação do problema	- Atores diretos: pesquisadores; - Aspectos metodológicos e técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões; - Atividades executadas: Estudos das possibilidades e definição dos problemas: 1) Como aproveitar os resíduos de tinta; 2) Como eliminar a presença da umidade que percola do solo para as alvenarias, utilizando materiais alternativos.
Seminários	- Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: docentes do curso técnico em edificações modalidade integrado; - Aspectos metodológicos e técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões; - Atividades executadas: realizaram-se ensaios laboratoriais com diferentes composições de resíduos; Reuniões para discussões de assuntos diversos, permeadas por conteúdos relacionados às disciplinas de formação técnica, como solos, fundações, estruturas, materiais, alvenaria, meio ambiente, segurança, entre outros; Destacaram-se os seguintes seminários: a) definição de quais percentuais a serem utilizados; b) coleta de solo e resíduo; c) definição dos ensaios necessários para caracterização e teste de resistência; d) discussão acerca dos resultados obtidos; e) escrita de relatório técnico para as disciplinas: materiais e técnicas construtivas I, II e III; máquinas, equipamentos, ferramentas e segurança no trabalho, estabilidade dos solos e fundações, patologia das construções; f) apresentação dos resultados parciais.
Coleta de dados	- Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: pesquisador; - Aspectos metodológicos e técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões e práticas; - Atividades executadas: a) realização da coleta dos materiais necessários para realização da pesquisa; b) coleta de dados bibliográficos relacionados às possíveis patologias causadas em função da presença de água junto ao solo nas edificações.
Fase de ação	- Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: pesquisador; - Aspectos metodológicos e técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões e práticas; - Atividades executadas: a) estudo das possíveis patologias ocasionadas pela presença da água nos solos das edificações; b) ensaios; c) análise dos resultados; d) tabulação dos resultados.
Fase de divulgação externa	- Atores diretos: pesquisador; - Atores indiretos: pesquisador; - Aspectos metodológicos e técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental, reuniões e práticas; - Atividades desenvolvidas: a presente pesquisa foi divulgada: a) em nível institucional; b) no site da instituição; c) em evento municipal; d) neste artigo científico.

Fonte: os pesquisadores (2018).

A partir da caracterização da metodologia, e especialmente das etapas do processo da pesquisa desenvolvidas, apresentam-se a seguir, os resultados e discussões do presente trabalho de pesquisa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em meio à poluição do meio ambiente enfatizada diariamente nos meios de comunicação, vem se buscando cada vez mais formas de minimizar essa degradação ambiental. Desse modo, a partir do tópico a seguir será apresentado o modo de minimizar esta degradação que é objeto deste estudo.

A BRes resultante do processo fabril da indústria moveleira, quando inserida no solo para compactação, demonstra através de ensaios laboratoriais que, apenas sob as vistas da utilização

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

técnica, pode ser utilizada como aditivo para redução da percolaridade nos solos para aterros, visto que, os resultados obtidos até o momento, apresentam variação significativa quanto à redução da percolação, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1. Permeabilidade / % de Borra Residual.

Solo	Tempo (horas)	Água passante (ml)
Solo 0,0%	120	336
Solo 0,5%	120	312
Solo 1,0%	120	281
Solo 2,0%	120	238
Solo 3,0%	120	177
Solo 4,0%	120	115
Solo 5,0%	120	51

Fonte: Autores, 2018.

Percebe-se que com o aumento do percentual da BRes, o solo demonstra aumento na capacidade de impermeabilização, o que nos permite afirmar que, com o incremento de BRes o solo torna-se impermeável, cabendo mais ensaios para determinação do percentual máximo de resíduos a ser incorporado, mantendo as características de resistência e ao mesmo tempo impermeabilizando ao máximo as camadas de aterros.

A quantidade de água necessária à compactação do solo varia de acordo com o incremento de BRes, permitindo redução na quantidade de água no processo de compactação, conforme tabela 2.

Tabela 2. Umidade ótima de compactação / % de BRes.

0,0% BRes	1,0% BRes	2,0% BRes	3,0% BRes	4,0% BRes	5,0% BRes
28,45	27,24	25,55	23,61	30,85	28,60

Fonte: Autores, 2018.

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

O teste de resistência à compressão axial simples ao qual foram submetidas às amostras, apresentaram continuidade crescente no incremento do resíduo, até determinado percentual, sendo que, a partir de 4,0 %, já demonstra redução para o teste de carga, conforme tabela 3. Porém, mais amostras devem ser executadas para garantir a validação da pesquisa, visto que, foram desenvolvidas amostragens inicialmente para verificação da incorporação do resíduo, fazendo-se necessário maior número amostral, inclusive com estreitamento do percentual residual, com intuito de definir o máximo volume de BRes inserido na mistura solo/BRes, que permita garantir a compactação de 95% da camada de aterro para o Proctor Normal.

Tabela 3. Resistência à compressão / % de BRes.

Amostra	Resistência a Compressão (KN)	Média (KN)
1%	5,81	5,93
1%	6,00	
1%	5,81	
1%	5,93	
1%	6,07	
1%	5,92	
1%	5,88	
1%	5,90	
1%	6,06	
2%	5,00	6,11
2%	7,11	
2%	5,94	
2%	6,02	
2%	5,99	
2%	7,02	
2%	6,33	
2%	5,88	
2%	5,73	
3%	7,41	8,05
3%	8,16	
3%	8,77	
3%	7,85	
3%	7,93	
3%	8,13	
3%	8,32	
3%	7,81	
3%	8,03	

Fonte: Autores, 2018.

5.1. IDENTIFICAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO ALVO

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

O referido projeto do uso de BRes em solos para camadas de aterros, foi desenvolvido no IF Farroupilha, situado a Avenida Coronel Bráulio de Oliveira, nº 1400, Bairro Central, Santa Rosa/RS.

5.2. SITUAÇÃO PRÉVIA

As edificações em suas áreas internas são aterradas antes de receber as camadas de pavimentação (contrapiso, calçadas, etc.), o contato do solo com o pavimento permite a percolação da água pelos capilares existentes na confecção destas camadas. Como evitar a passagem de água das camadas inferiores para as superiores, com o menor custo. A utilização de impermeabilizantes se mostra uma alternativa eficiente, porém cara. Utilizar resíduos que incorporem características impermeáveis é uma alternativa econômica, inteligente e sustentável. Sendo assim, faz-se necessário verificar se o rejeito pode ser utilizado e em qual concentração, para que o mesmo agregue características que contribuam na eliminação de problemas patógenos e ao mesmo tempo não contamine o solo.

5.3. O PROJETO

O projeto, consiste na utilização de um resíduo gerado pelas indústrias moveleiras, sendo este incorporado no solo para aferir-lhe a capacidade de impermeabilização, com isso eliminando as patologias oriundas da percolação da água presente no solo e nas camadas subjacentes.

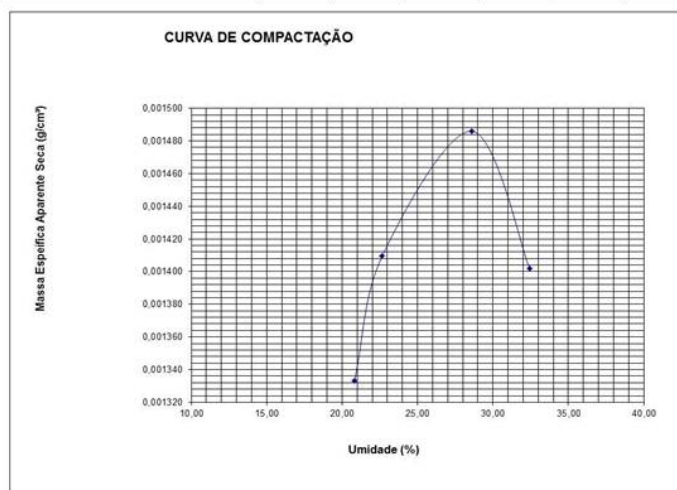
Percebeu-se, com base nos resultados obtidos pelos ensaios de laboratório, que de acordo com a quantidade de resíduo adicionado ao solo, o mesmo proporciona o fechamento dos vazios, barrando a passagem da água, porém, se o percentual adicionado for excessivo, a resistência do solo diminui, não apresentando características para o uso em aterro, de maneira que estimulou a investigação dos envolvidos instigando os questionamentos: 1) como aproveitar ao máximo a BRes na composição com o solo para utilização em aterros, de forma que permita o máximo de resistência à compressão e o mínimo de permeabilidade ?; 2) como proceder à mistura sem a contaminação dos operários ?; 3) como contribuir para a preservação do meio ambiente ?; e 4) como este resíduo se comporta no solo quando sua composição é submetida ao esforço de compressão ?

A partir destas constatações, iniciaram-se os procedimentos da pesquisa com a caracterização dos materiais. Inicialmente foram estabelecidos os percentuais a serem ensaiados, partindo-se para o volume de água no processo de compactação, para isso, foi realizado o ensaio de Proctor Normal (Figura 1), como forma de identificar o volume de umidade ótima.

Figura 1 - Proctor Normal

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

ENSAIO DE COMPACTAÇÃO						
RESULTADOS			DADOS DE ENSAIO			
Densidade máxima aparente (Kg/dm³) :			Peso da amostra (g) :..... 3.000,00 5,00%			
Umidade ótima (%) :..... 28,6			Molde nº.: 1 Peso (g): 2.387,50			
Observações :			Volume (dm³) :..... 984,9			
.....			Esforço de compactação 25 golpes:			
E N S A I O						
Ponto nº.	1	2	3	4	5	6
Peso de amostra compactada mais peso cilíndrico - g	3.941,70	4.055,70	4.231,50	4.178,80		
Peso de amostra compactada - g	1.654,20	1.686,20	1.844,00	1.791,30		
Densidade solo úmido (Kg/dm³) :	0,001611	0,001729	0,001911	0,001856		
DETERMINAÇÃO DE UMIDADE	Cilindro nº.	6	7	8	9	
	Peso do solo úmido + cápsula (g)	359,10	314,50	413,30	398,20	
	Peso do solo seco + cápsula (g)	321,00	278,30	350,00	334,90	
	Peso da cápsula (g)	38,10	38,20	63,30	63,30	
	Peso da cápsula (g)	138,00	107,70	128,70	139,70	
	Peso do solo seco (g)	183,00	169,60	221,30	195,20	
	Porcentagem de umidade (%)	20,82	22,66	26,60	32,43	
Densidade solo seco (Kg/dm³)	0,001333	0,001410	0,001486	0,001402		



Fonte: Pesquisa (2018).

6. OBJETIVOS

Verificar a possibilidade da utilização dos resíduos gerados pelo processo fabril de pintura obtido pela fabricação de móveis, como composição na mistura para aterros e tijolos, de forma a aferir propriedades físicas favoráveis a sua finalidade. Analisar o comportamento do solo com adição de BRes, quanto à capacidade de impermeabilização e compactação, para uso nas camadas de aterro, aferindo nestas, capacidade de retenção da umidade ocasionada pelo processo de capilaridade, proporcionando ao solo maior capacidade de fechamento dos vazios entre grãos. Auxiliar na redução dos impactos ambientais causados pelo descarte de resíduos, dando um destino inteligente e sustentável. Possibilitar novas alternativas para futuros estudos relacionados à temática das patologias oriundas da umidade presente nos solos.

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

7. CONSIDERAÇÕES

É possível afirmar que, com a utilização da BRes no solo, este tornasse impermeável, sendo uma matéria-prima de baixo custo que pode ser utilizada para minimizar patógenos em alvenarias, oriundos da percolação da água, proporcionando maior estabilidade às edificações. Desta forma, entende-se que os objetivos inicialmente elencados, apresentam resultados positivos, pois, constatou-se que é possível a utilização do resíduo como aditivo no solo para impermeabilização do mesmo, assim como a resistência a compressão também apresenta resultados aceitáveis. Quanto à promoção de ações sustentáveis, proporcionando reflexões sobre políticas ambientais contribuindo na formação profissional.

O uso de BRes nas camadas de solo demonstra ser racional, visto que, impede que a umidade atinja as alvenarias, reduz o custo com a aplicação de produtos impermeabilizantes, e proporciona uma destinação eficaz a um material antes descartado. Este trabalho serve como exemplo e incentivo para que se pense em alternativas quanto ao uso de resíduos, conscientizando as futuras gerações quanto à racionalização dos insumos, visto que, serão elas as responsáveis pelo futuro do planeta.

Antes mesmo de pensar em resolver problemas mundiais, é recomendado que se encontrem soluções que permitam inicialmente entender os impactos ambientais locais e regionais, bem como encontrar alternativas que possibilitem a execução de práticas de uso e destinação de resíduos gerados ao longo da vida útil dos materiais descartados, fazendo com que o sistema se retro alimente em um ciclo fechado, reduzindo ao máximo a extração de matéria-prima diretamente da natureza. A necessidade em proteger biomas, limita a extração de matéria-prima, em contrapartida, as necessidades da vida moderna demandam aumento do consumo de materiais, porém, sabe-se como vivemos em um sistema fechado (terra), a extração deve ser controlada, afinal na natureza nada é eterno, tudo está em constante transformação. A atividade de pesquisa demonstra que com o aumento percentual de BRes, a capacidade de impermeabilização do solo tende a aumentar, porém, se faz necessário a complementação de ensaios para verificação do comportamento do solo, considerando o aumento do volume de BRes. Cabe ressaltar que, somente pode ser considerada como desenvolvimento sustentável, a atividade que permitir satisfazer as necessidades do momento, sem que as futuras gerações tenham suas necessidades comprometidas, possibilitando a elas também satisfazerem suas próprias.

Tão logo se obtenha o máximo percentual de utilização (após análises químicas, físicas e biológicas), será realizada uma bateria de ensaios em quantidade necessária para validação da pesquisa, bem como demais ensaios relacionados, que se fizerem necessários para complementação da mesma.



Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

8. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Como limitações, destaca-se a dificuldade de armazenamento e o transporte do resíduo. Também pode ser citada como limitação, a mistura e a homogeneização, visto que, as partículas de BRes são extremamente finas e leve, o que se for executado em local aberto pode ser transportado pelo ar.

Outra limitação encontrada deu-se devido à falta de equipamentos para análise de outras características dos materiais, as quais necessitam ser verificadas para complementação da pesquisa. Para a sequência se faz necessário à aquisição de equipamentos para o laboratório e/ou parceria com instituições que possam desenvolver os ensaios correspondentes.

9. SUGESTÕES DE NOVOS ESTUDOS

Em sequência ao proposto, sugere-se que a pesquisa amplie os quantitativos quanto aos percentuais estudados. Ao projetar uma edificação, a pesquisa servirá de base aos novos profissionais, para que pensem em soluções relacionadas à impermeabilização do solo, de forma que, suas soluções proporcionem a eficiência quanto a questões patológicas e a sustentabilidade, contemplando desde o projeto a racionalização do uso de resíduo, de forma que possam ser aproveitados em benefício da coletividade com soluções inteligentes e eficazes.

REFERÊNCIAS

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderlei M. ***O desafio da Sustentabilidade na Construção Civil***. São Paulo: Blucher, 2014. 2ª reimpressão.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ***NBR 10.004: Resíduos sólidos - Classificação***. Rio de Janeiro, 2004a.

_____. ***NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes - Aterros - Diretrizes para projeto, implantação e operação***. Rio de Janeiro, 2004c.

_____. ***NBR 15114: Resíduos sólidos da construção civil - Áreas de reciclagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação***. Rio de Janeiro, 2004d.

_____. ***NBR 15115: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos***. Rio de Janeiro, 2004e.

Evento: XXIV Jornada de Pesquisa

_____. **NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos.** Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 7181/1984: Solo - Análise granulométrica.** Rio de Janeiro, 1984.

LEFF, Enrique. **Saber ambiental: Sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder.** Traduzido por Lúcia Mathilde Endlich Orth. 8 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2011. Tradução de: Saber ambiental: sustentabilidad, racionalidad, complejidad, poder.

Lei nº 12.305/10, que institui a **Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)**.

JOHN, V.M. **Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção.** In: CASSA, J.C.S. et al. (Org). **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: projeto entulho bom.** Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

MOREIRA, Ruy. **A Geografia e a Educação Ambiental: o modo de ver e pensar a relação ambiental na Geografia.** Espaço em Revista. v. 11, n. 1, Jan/Jun, 2009.

RAMOS, Elizabeth Christmann. **A abordagem naturalista na educação ambiental: uma análise dos projetos ambientais de educação em Curitiba.** 2006. Tese (Doutorado em Ciências Humanas), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC. 2006.

SOUZA, Francisco Darcy Silva de. **Preservação do ambiente uma ação de cidadania.** 1. ed. Fortaleza: Brasil Tropical, 2003.

YUDELSON, Jerry. **Projeto Integrado e Construções Sustentáveis.** Porto Alegre: Bookman, 2013.

Eletrônicos:

Conama (2002) - Conselho Nacional de Meio Ambiente - Resolução Conama 307 de 5 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>, acesso em: 17 de agosto de 2017.

FRANCO, Maria Amélia Santoro. Pedagogia da Pesquisa-Ação. **Revista Educação e Pesquisa**, São Paulo, v.31, n.3, p.483-502, set./dez. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3.pdf>>. Acesso em: 8 maio 2016.