UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL - UNIJUI

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA

Curso de Engenharia Civil

Fernando Cronst

ESTUDO DAS VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE UM SOLO RESIDUAL DE BASALTO ENCONTRADO NA REGIÃO DE IJUÍ-RS

Ijuí

2010

Fernando Cronst

ESTUDO DAS VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM A ESTABILIZAÇÃO QUÍMICA DE UM SOLO RESIDUAL DE BASALTO ENCONTRADO NA REGIÃO DE IJUÍ-RS

Professor Orientador: Luciano Pivoto Specht

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Civil.

Ijuí

2010

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pela banca examinadora.

_____

Prof. Luciano Pivoto Specht, Dr - Orientador
UNIJUÍ/DeTec

Banca Examinadora

_____

Prof. Gustavo Martins Cantarelli, Msc
UNIJUÍ/DeTec

Dedico este trabalho aos meus pais Valter e Claudete, ao meu irmão Rafael e a minha namorada Mariane

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e proteção.

Expresso aqui os meus mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que de alguma forma auxiliaram durante esta caminhada seja através de uma orientação técnica, seja através de apoio, de incentivo e da amizade, muitas pessoas tiveram papel importante neste trabalho.

Aos meus pais e ao meu irmão, que mesmo não estando presentes fisicamente, estiveram me incentivando nestes cinco anos de estudo e nunca deixaram faltar nada, principalmente amor. Agradeço pelo exemplo de vida, perseverança, união e confiança depositados em mim ao longo desta jornada, tenham certeza que este trabalho também é de vocês.

Ao meu orientador, Prof. Luciano Pivoto Specht, pela amizade, confiança e oportunidade, pelo incentivo, pelas diretrizes firmes e seguras, e principalmente pela qualidade de formação.

A minha namorada Mariane Antonello Petroni, pelo companheirismo de todas as horas, paciência e amor expresso de todas as maneiras, te amo!!!

Aos meus amigos e colegas de pesquisa Fernando Boeira (Gordo), Alex R. Granich, Eduardo Pasche (Dudi) e Carlos Filipe Santos Correia e Silva (Cayto), pelo apoio e ajuda no desenvolvimento deste trabalho. Aos laboratoristas e amigos Luis Donato e Tiago, pelo auxilio durante o curso na realização dos ensaios e no meu trabalho de conclusão, agradeço todo o apoio, amizade e ensinamentos.

Ao meu amigo e colega de pesquisa, Cayto, pela amizade, apoio e companheirismo em todo o desenvolvimento do estudo.

A todos os demais colegas e professores do Curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ pelo convívio ao longo do curso.

Concluo o curso superior em Engenharia Civil e inicio o curso de minha vida profissional, não encontrarei mãos que me puxem para cima nesta vida profissional, apenas levo a certeza de encontrar degraus, os quais irei subir passo a passo, ritmados e reforçados por aquilo que aprendi!!!!

RESUMO

No projeto de uma base ou sub-base de uma rodovia, muitas vezes se utiliza o solo encontrado nas proximidades. Porém esse solo pode não apresentar os requisitos necessários para um bom desempenho, uma solução é a mistura do solo com aglomerantes como o cimento e a cal, mistura esta que se denomina estabilização química. De acordo com a literatura os resultados de uma estabilização química dependem de variáveis como o tipo de aglomerante, o teor do mesmo, a idade e temperatura de cura e o uso ou não de aditivos em conjunto com o teor de aglomerante. Em detrimento disto, a pergunta que balizou o estudo é como estas variáveis influenciam e qual delas tem a maior significância em uma mistura de solo-cal. O solo é residual de basalto e é encontrado no campus da UNIJUÍ. Os aglomerantes usados são: cal dolomítica encontrada no estado do Rio Grande do Sul e cal calcítica encontrada no estado de Minas Gerais. O aditivo utilizado é cloreto de sódio moído enriquecido com iodo. Para cada aglomerante foram utilizados dois teores (6 e 12% em massa de solo seco), cada teor é misturado sem a adição e com a adição de cloreto de sódio (2% em relação à massa seca de aglomerante), para cada adição três idades de cura (7, 28 e 96 dias), para cada idade de cura três temperaturas diferentes de cura (5, 25 e 45°C) sendo que para cada temperatura foram moldados quatro corpos de prova totalizando 288 corpos de prova. Os resultados foram observados graficamente e também estatisticamente, concluindo que a variável mais importante para a estabilização de solos com cal é o teor de cal combinado com a temperatura de cura, ou seja, deve-se dar preferência para realizar obras de solo-cal na estação do ano que apresentar como característica altas temperaturas. Fato interessante que pode se concluir no estudo é de que o uso do aditivo só é interessante quando a obra for feita em alguma localidade ou estação do ano onde as temperaturas não ultrapassem os 25°C, também de que a partir dos 30 dias de cura da mistura solo-cal, não há uma grande variação da resistência ao longo do tempo, ainda, se possível, deve-se usar a cal calcítica na mistura solo-cal, pelo fato de que resultou em melhores resultados de RCS comparado com a mistura utilizando a cal dolomítica.

Palavras-chave: variáveis da estabilização química; solo-cal; adição de aditivo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas 19
Figura 2: Considerações sobre a influência da granulometria nas propriedades do solo 21
Figura 3: Esquema de industrialização da cal 23
Figura 4: Princípio de estabilização de solos argilosos com cal 25
Figura 5: Gráfico da RCS dos CP's moldados com o solo da formação Serra Geral 29
Figura 6: Distribuição granulométrica 31
Figura 7: Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul 32
Figura 8: Almofariz e pistilo 34
Figura 9: Mistura do solo com o respectivo teor de cal 35
Figura 10: Adição de água na mistura solo-cal 35
Figura 11: Compactação dos CP's 36
Figura 12: Corpo de prova moldado 36
Figura 13: Diferentes colorações dos CP's curados em diferentes temperaturas 37
Figura 14: Prensa que foi utilizada para o rompimento dos CP's 38
Figura 15: Corpo de prova rompido 39
Figura 16: Gráfico RCS x Idade com teor de cal dolomítica de 6% 41
Figura 17: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 6% sem o uso de aditivo 42
Figura 18: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 6% com o uso de aditivo 43
Figura 19: Gráfico RCS x Idade com teor de cal dolomítica de 12% 44
Figura 20: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 12% sem o uso de aditivo 45
Figura 21: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 12% com o uso de aditivo 46
Figura 22: Grau de influência de cada variável no modelo de cal dolomítica não-codificada. 48
Figura 23: Gráfico dos valores previsto x observados dos CP's moldados com cal dolomítica 48
Figura 24: Grau de influência de cada variável no modelo de cal dolomítica codificada 50
Figura 25: Gráfico RCS x Idade com teor de cal calcítica de 6% 50
Figura 26: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 6% sem o uso de aditivo 51
Figura 27: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 6% com o uso de aditivo 52
Figura 28: Gráfico RCS x Idade com teor de cal calcítica de 12% 53

Figura 29: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 12% sem o uso de aditivo .. 54
Figura 30: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 12% com o uso de aditivo.. 55
Figura 31: Grau de influência de cada variável no modelo de cal calcítica não-codificada 57
Figura 32: Gráfico dos valores previsto x observados dos CP’s moldados com cal calcítica.. 57
Figura 33: Grau de influência de cada variável no modelo de cal calcítica codificada 59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do solo da formação Serra Geral 31
Tabela 2: Propriedades físicas do solo da formação Serra Geral 32
Tabela 3: Caracterização da cal dolomítica 33
Tabela 4: Caracterização da cal calcítica 33
Tabela 5: Resultados obtidos de RCS 40
Tabela 6: Valores reais e proporcionalmente codificados para utilização no modelo 41
Tabela 7: Características do modelo estatístico para cal dolomítica não-codificada 47
Tabela 8: Características do modelo estatístico para cal dolomítica codificada 49
Tabela 9: Características do modelo estatístico para cal calcítica não-codificada 56
Tabela 10: Características do modelo estatístico para cal calcítica codificada 58
Tabela 11: Análise global da variável mais influente na mistura solo-cal 59

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

σ tensão

γ_d peso específico aparente seco

ºC graus Celsius

A área

ABCP Associação Brasileira de Cimento Portland

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

a.C. antes de Cristo

$CaCO_3$ carbonato de cálcio

CaO óxido de cálcio

$Ca(OH)_2$ hidróxido de cálcio

$CaSiO_3$ silicato de cálcio

CBR California Bearing Ratio

cm centímetros

CO_2 dióxido de carbono

CP Cimento Portland

CP's corpos-de-prova

G peso específico real dos grãos

IA Índice de atividade

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IP Índice de plasticidade

kg quilograma

kgf quilograma força

kN quilo Newton

LEC Laboratório de Engenharia Civil – UNIJUÍ

LL Limite de liquidez

LP Limite de plasticidade

m^3 metro cúbico

MG Minas Gerais

$MgCO_3$ carbonato de magnésio

MgO óxido de magnésio

P carga

RCS Resistência à compressão simples

RS Rio Grande do Sul

TRB Transportation Research Board

UNIJUÍ Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul

Sumário

1. INTRODUÇÃO 14

1.1 TEMA DA PESQUISA 14

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA 14

1.3 FORMULAÇÃO DA QUESTÃO DE ESTUDO 14

1.4 OBJETIVOS 14

1.4.1 Objetivo geral 14

1.4.2 Objetivos específicos 15

1.5 JUSTIFICATIVAS 15

1.6 SISTEMATIZAÇÃO DO ESTUDO 16

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 18

2.1 ESTABILIZAÇÃO DE SOLOS 19

2.1.1 Estabilização mecânica 19

2.1.2 Estabilização granulométrica 20

2.1.3 Estabilização química 21

2.1.3.1 Cal 21

2.1.3.2 Cimento Portland 26

3. METODOLOGIA 30

3.1 CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO 30

3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA 30

3.3 MATERIAIS 30

3.3.1 Solo 30

3.3.2 Cales 33

3.3.3 Cloreto de sódio 33

3.3.4 Água 34

3.4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS 34

3.4.1 Preparação das amostras 34

3.4.2 Ensaio de resistência à compressão simples 37

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS 40

4.1 CAL DOLOMÍTICA 41

4.1.1 Modelo não-codificado *47*
4.1.2 Modelo codificado *49*
4.2 CAL CALCÍTICA 50
4.2.1 Modelo não-codificado *56*
4.2.2 Modelo codificado *58*
4.3 ANÁLISE GLOBAL 59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 61
5.1 CONCLUSÕES 61
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 63
ANEXO I 66

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema da pesquisa

O tema da pesquisa é Estabilização de Solos.

1.2 Delimitação do tema

Esta pesquisa limitou-se a estudar as variáveis que influenciam a estabilização química no solo encontrado na região de Ijuí – RS.

1.3 Formulação da questão de estudo

O solo, por ser um material abundante e de fácil obtenção, é largamente usado como material de construção em qualquer lugar do mundo. Para alguns usos, porém, ele deve ser melhorado de tal forma a atender certos requisitos, como aumento da sua resistência. Uma das técnicas utilizadas para obtenção do aumento da resistência é a estabilização química, que engloba uma série de variáveis como tempo e temperatura de cura e adição de um acelerador a mistura. Neste contexto a questão que balizou a pesquisa é: Como as variáveis, tipo de aglomerante, teor de aglomerante, tempo de cura, temperatura de cura, e adição de um acelerador, influenciam na resistência da mistura solo-cal?

1.4 Objetivos

Os objetivos do estudo estão divididos em objetivo geral e objetivos específicos, apresentados a seguir:

1.4.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo verificar os efeitos das variáveis da estabilização química no solo encontrado na região de Ijuí – RS.

1.4.2 Objetivos específicos

Foram definidos como objetivos específicos:

- Analisar o comportamento mecânico da mistura solo-cal quando for adicionado um acelerador;
- Estudar os efeitos que causam na resistência, quando a mistura solo-cal for curada a diferentes temperaturas;
- Observar o desempenho da mistura solo-cal quando utilizados tempos de cura diferentes;
- Concluir qual das variáveis é a mais significativa para alcançar maiores resistências.

1.5 Justificativas

Levando em consideração que o solo é um material usado como base para todas as obras da engenharia e também utilizado como material de construção, o mesmo deve ter características que atendam as exigências solicitadas com segurança. Porém, em alguns casos, o solo não alcança estes requisitos, então o engenheiro civil se depara com um problema que pode ter três soluções, a primeira seria de conviver com o solo e projetar uma estrutura mais robusta, a segunda seria de retirar o solo que não possui as características impostas e substituir por outro mais resistente, e, por último melhorá-lo através de técnicas de estabilização.

Em algumas situações, a remoção do material sem as características necessárias se torna inviável, sendo assim de suma importância conhecer técnicas para a estabilização do mesmo, o que agrega a solução uma maior credibilidade ao ser executada.

As estabilizações de solos se dividem em mecânica, granulométrica e química. As estabilizações são recursos simples de serem executados, porém devem ser feitos de forma correta, fazendo com que o solo tenda a aumentar significativamente a resistência. Outras técnicas também podem ser usadas como a utilização de drenos, ou até mesmo o uso de cargas antes de proceder a execução da obra, pois assim há adensamento, evitando recalques futuros.

A estabilização mecânica consiste na aplicação de uma pressão no solo, diminuindo, assim, os seus vazios e aumentando consequentemente a sua resistência. Há uma série de maquinários específicos para cada tipo de solo (arenoso ou argiloso), e também com a utilização de energias diferentes (normal, intermediária e modificada). A estabilização granulométrica se dá pela retirada de uma parcela do solo e substituição por outro de fração menor, a fim de que todos os vazios sejam preenchidos. A estabilização química consiste na utilização de um aglomerante, com intuito de aumentar a coesão entre os grãos, aumento assim, a resistência.

Porém, na estabilização química, os solos, em certos casos, não alcançam a resistência desejada no período destinado à cura, então é necessária a adição de um acelerador a fim de aumentar a velocidade das reações químicas, então a resistência de pico será alcançada em um menor tempo de cura, porém há uma falta de exploração nesta área.

Tendo em vista os fatos acima expostos, fica evidenciada a necessidade de estudo da estabilização química dos solos, bem como o comportamento das variáveis temperatura e tempo de cura, pois assim as obras ganharão maior confiabilidade e segurança com menores riscos de ocorrência de patologias.

1.6 Sistematização do estudo

O trabalho está organizado da seguinte forma:

Neste primeiro capítulo, apresenta-se a delimitação do tema, seguida da questão que fundamenta o estudo, dos objetivos gerais e específicos, justificativa e proposta de sistematização.

No segundo capítulo, a partir do referencial teórico, são comentados temas que envolvem o estudo, comentando sobre a estabilização de solos, os tipos de estabilização, dando uma maior ênfase à estabilização de solos química.

No terceiro capítulo, apresenta-se a metodologia utilizada, o método escolhido para o estudo, a forma de coleta de dados, os materiais escolhidos para a pesquisa e os procedimentos de ensaio e descrição de equipamentos.

No quarto capítulo, são apresentados e analisados os resultados de cada ensaio.

O quinto capítulo mostra as considerações finais do trabalho, apresentando as principais contribuições do mesmo, juntamente com sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A engenharia diversas vezes encontra problemas com o solo, e por ser um material de fácil obtenção é interessante o seu uso como material da construção civil, além de ser base de toda e qualquer obra da engenharia. Porém, muitas vezes, o solo não está preparado para receber os esforços solicitados, então é necessária uma intervenção para melhorar seu comportamento. Para tanto existem diferentes técnicas para a estabilização se resumem em estabilizações mecânicas, granulométricas e químicas.

A importância da estabilização dos solos, segundo Medina (1997), é de que há uma carência de materiais de boa qualidade em áreas densamente habitadas e exploradas, e uma necessidade de construir em áreas que antes podiam ser contornadas ou desprezadas.

Estabilização de solos consiste em utilizar processos de natureza física, físico-química, química ou mecânica (natural ou artificial) para alterar as propriedades e melhorar as características quanto à aplicação em engenharia (densidade, resistência, sensibilidade as variações climáticas, etc.), permanecendo assim, as propriedades ao longo do tempo (durabilidade).

Ingles e Metcalf (1972) falam que o solo é um material complexo e variável, porém muito fácil de ser obtido, o que torna o seu uso atraente como material de engenharia, mas para tal, três decisões devem ser tomadas, sendo elas:

- Aceitar o solo com suas características normais e projetar conforme as restrições impostas;
- Substituir o solo local por outro de melhor qualidade;
- Criar um novo material alterando as propriedades do solo.

A estabilização de solos é utilizada, segundo DNIT (2006), como bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas de pavimentos que são classificadas de acordo com a figura 1:

Figura 1: Classificação das bases e sub-bases flexíveis e semi-rígidas
Fonte: DNIT (2006)

2.1 Estabilização de solos

De acordo com Caputo (1988), o termo estabilização, em sua concepção geral, designa qualquer processo ou tratamento capaz de melhorar a estabilidade de um maciço terroso ou rochoso. Já Capper e Cassie (1970) afirmam que a estabilização compreende qualquer processo que aumente ou mantenha inalterada a resistência natural do solo.

Vargas (1978) define como estabilização de solos, o processo pelo qual se confere ao solo uma maior resistência estável às cargas ou à erosão por meio de compactação, correção da granulometria e da sua plasticidade e da adição de substâncias que lhe confiram uma coesão proveniente da cimentação ou aglutinação de suas partículas.

Senço (2001) define estabilização de solos como a técnica de dotá-lo de condições a resistir a deformações e ruptura, durante todo o período em que este solo estiver exercendo as funções que exigem estas características, num pavimento ou outra obra qualquer.

2.1.1 Estabilização mecânica

Segundo Caputo (1988), estabilização mecânica é um processo manual ou mecânico que visa reduzir o volume de vazios do solo e, assim, aumentar sua resistência, tornando-o

mais estável. Trata-se de uma intervenção simples e de grande importância pelos seus consideráveis efeitos sobre a estabilização de maciços terrosos, relacionando-se, intimamente, com os problemas de pavimentação e barragens de terra.

Para este tipo de estabilização é de suma importância conhecer o solo antecipadamente para definir o tipo de energia a ser empregada e o teor de umidade do solo, pois quando exercido uma pressão no solo, o mesmo expulsa o ar de seus vazios, e no adensamento há a expulsão da água.

De acordo com Das (2007) compactação é a densificação do solo através da remoção do ar, o que requer aplicação de energia mecânica. O grau de compactação do solo é avaliado com base em seu peso específico seco. Ao ser adicionada ao solo durante a compactação em um determinado teor, a água atua como um agente amolecedor nas partículas do solo, que deslizam umas sobre as outras e se posicionam em uma formação compacta de alta densidade.

A estabilização mecânica não visa melhorar apenas a resistência, mas, também, a permeabilidade, compressibilidade e absorção d'água do solo, segundo Caputo (1988).

Segundo Pinto (2000), a técnica de compactação de solos é creditada ao engenheiro americano Proctor, que em 1933 publicou seus estudos em compactação de aterros, mostrando que para certa energia de compactação, a massa específica resultante é função da umidade em que o solo estiver. Dos trabalhos de Proctor surgiu o mundialmente utilizado e padronizado Ensaio de Compactação, mais conhecido como ensaio de Proctor.

2.1.2 Estabilização granulométrica

Estabilização granulométrica de um solo é a simples técnica de adequar a distribuição dos diversos tamanhos dos grãos, a fim de que os vazios de diâmetros maiores sejam preenchidos pelos grãos médios, e, os vazios dos mesmos sejam acomodados pelos grãos miúdos, dando ao conjunto uma estrutura densa, uma massa específica aparente superior às dos componentes, o que dará maior resistência e impermeabilidade (Senço 2001).

Os fatores que afetam a estabilização granulométrica consistem em resistência mecânica do agregado, que deve ser suficiente para reter aproximadamente a mesma distribuição granulométrica durante a compactação e a posterior utilização pelo tráfego, a composição mineral dos materiais, a distribuição granulométrica e as propriedades do solo como limite de liquidez e de plasticidade.

Na figura 2 estão apresentadas algumas considerações sobre a influência da granulometria nas propriedades do solo:

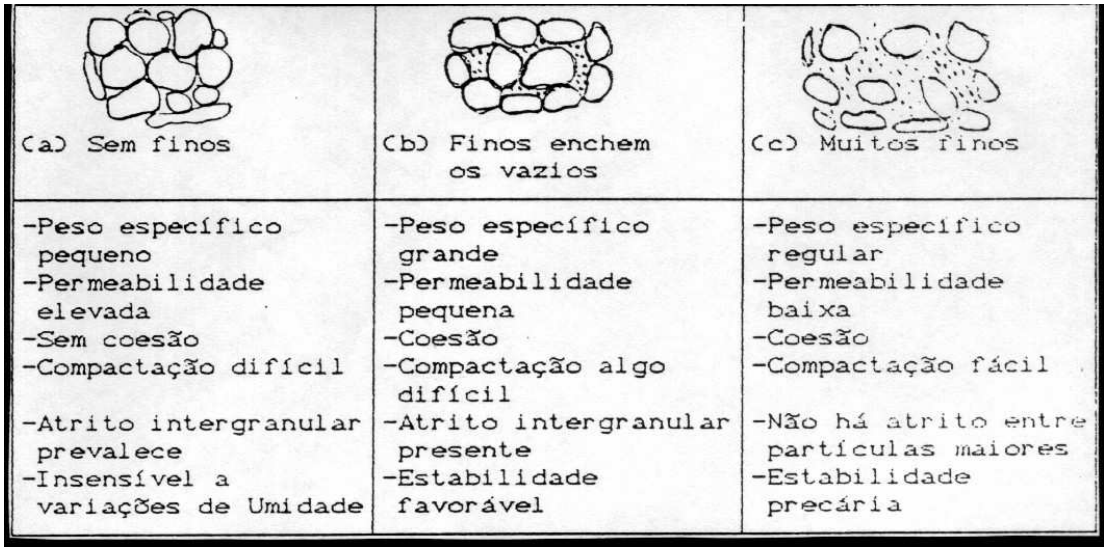

Figura 2: Considerações sobre a influência da granulometria nas propriedades do solo
Fonte: Medina (1997)

2.1.3 Estabilização química

Caputo (1988) chama estabilização química de estabilização por adição de aglutinantes e define a mesma da seguinte maneira, se junta ao solo uma substância que aumente a sua coesão ou que o impermeabilize, impedindo a perda da sua resistência pela ação da água. Com a primeira finalidade, emprega-se o cimento, a cal ou produtos betuminosos; com a segunda, as resinas, os betuminosos ou produtos químicos.

2.1.3.1 Cal

A cal é o principal produto derivado dos calcários / dolomitos / conchas calcárias. A mesma é obtida através de uma reação química simples (calcinação) e gera como resultado a formação de dois produtos, a cal e o dióxido de carbono. Esta reação é reversível para ambos

os carbonatos de cálcio e de magnésio, segundo Guimarães (1998). As reações estão apresentadas a seguir:

Para os carbonatos de cálcio:

$$CaCO_3 + calor = CaO + CO_2$$

Para os carbonatos de magnésio:

$$CaCO_3\ MgCO_3 + calor = CaO\ MgO + 2CO_2$$

A calcinação dos carbonatos de cálcio e de cálcio-magnésio gera como resultados os óxidos de cálcio (CaO) e de cálcio-magnésio (CaO-MgO), respectivamente, denominados de cal virgem, cal aérea ou cal viva.

Segundo Guimarães (1998) a qualidade química da cal depende, primeiro, das características e das impurezas contidas na rocha que lhe deu origem. Sendo assim, podemos diferencias três tipos diferentes de cal, a cal cálcica que possui um alto teor em óxido de cálcio; a cal dolomítica quando possui a relação entre os óxidos de cálcio e de magnésio igual à molecular CaO/MgO; e, por fim, a cal magnesiana que possui teores de óxido de magnésio intermediário entre a cal cálcica e a dolomítica. As impurezas da rocha-mãe também servem como parâmetro para a definição do produto final, quando a mesma apresentar uma quantidade elevada, pois podem vir a afetar a solubilidade dos óxidos de cálcio e magnésio, além do poder de aglomeração.

A seguir, na figura 3 está apresentado o esquema de industrialização da cal:

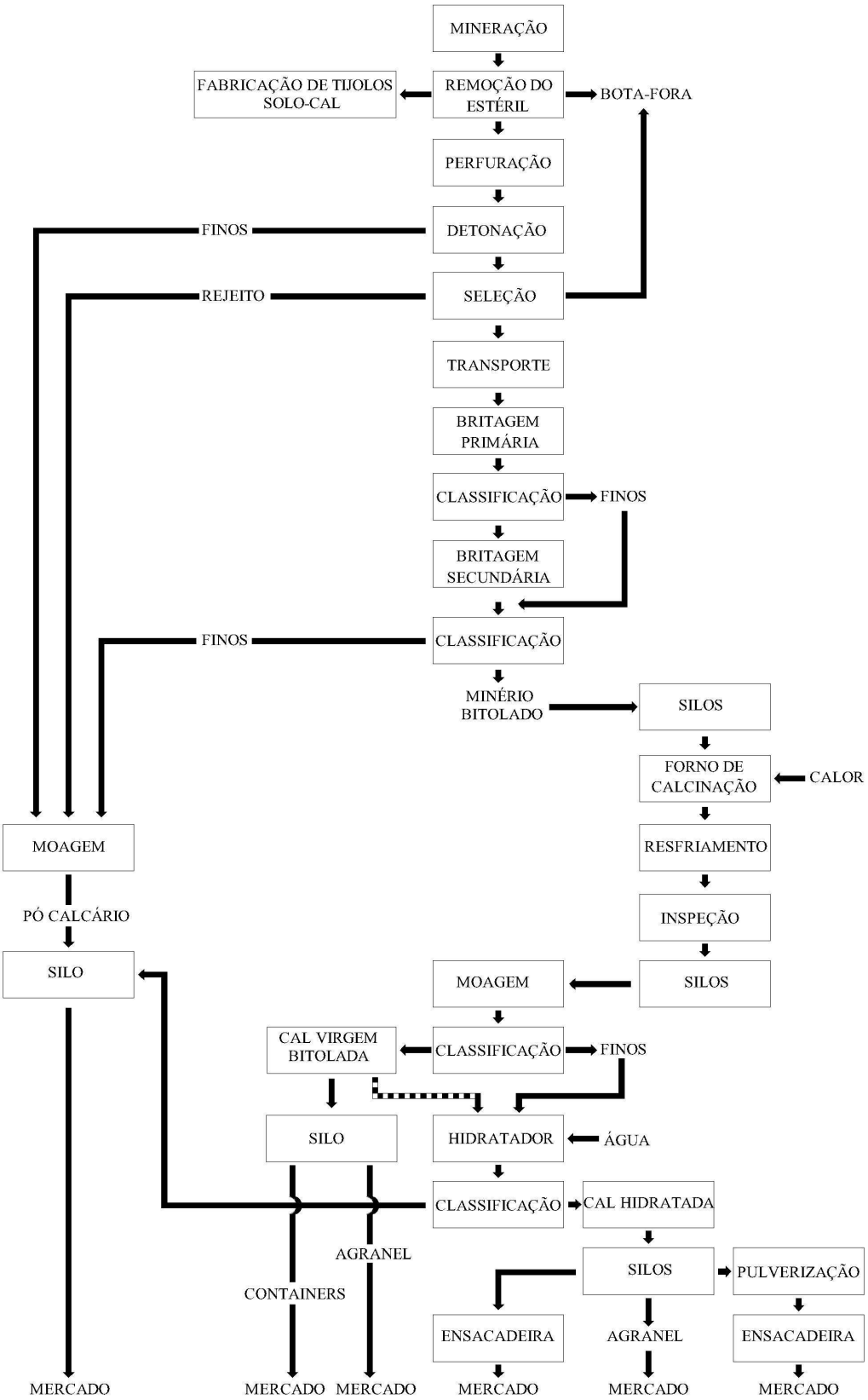

Figura 3: Esquema de industrialização da cal
Fonte: Guimarães (1998)

Guimarães (1998) afirma que a cal hidratada resulta do processo que dá origem à cal virgem. A reação química que a produz, com a presença da água, é uma clássica reação de fases sólido-líquida. Dependendo do volume de água utilizada para a reação, o produto final pode ser seco ou com aspecto de creme, lama, leite ou solução saturada. A sua composição depende das características da cal virgem que lhe deu origem.

No processo de hidratação, ocorre uma grande liberação de calor, cerca de 270 kcal/kg cal para as cales altas em cálcio e 211 kcal/kg cal para as dolomíticas. Para melhor entender, Guimarães (1998) utiliza o exemplo de que 1 quilo de cal virgem cálcica pode elevar 2,3 kg de água de 12°C a 100°C.

A norma NBR 7175 (2003) trata a cal hidratada como um pó seco obtido pela hidratação da cal virgem, constituída essencialmente de hidróxido de cálcio ou uma mistura de hidróxido de cálcio e hidróxido magnésio, ou ainda hidróxido de cálcio, hidróxido de magnésio e óxido de magnésio.

Segundo Guimarães (1998) a adição de cal para estabilização de solos é uma técnica antiga utilizada pelo homem, que, há exemplos marcantes do emprego da mesma como no sul da Itália, a via Apia, entre a porta Capena-Capua-Brindisi, construída no ano 312 a.C., e em um dos trechos da muralha da China, datado de 228 a.C.

A cal traz vantagens para a estabilização de solos coesivos, tais como as argilas. Na estabilização de solos utilizando a cal, esta reage com os minerais da argila, criando um gel de silicato de cálcio insolúvel em água e que mantém as partículas de solo juntas como afirmado por Van Impe (1989). A figura 4 mostra o princípio de estabilização de solos argilosos com cal:

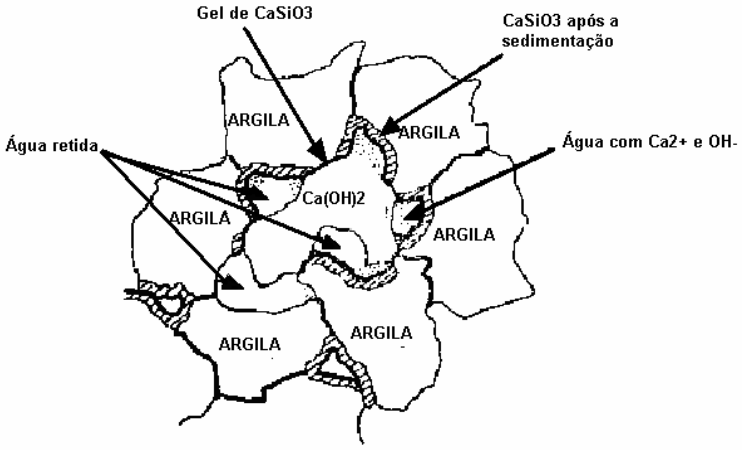

Figura 4: Princípio de estabilização de solos argilosos com cal
Fonte: Bonafe (2004) apud Van Impe (1989)

Bonafé (2004) conceitua a estabilização química com cal o produto da mistura de solo, cal e água, produzindo um novo material, que devido a sua alta resistência, baixa deformabilidade, durável à água, a efeitos térmicos e ao congelamento, adapta-se bem nas variadas aplicações da engenharia civil.

Quando a cal é adicionada em alguns tipos de solos, principalmente siltosos e arenosos, a mistura final nem sempre alcança a resistência esperada, mesmo após o período de cura. Deve-se então adicionar algum tipo de aditivo com a função de acelerador, onde as reações químicas acontecerão mais rapidamente. Guimarães (1998) cita alguns exemplos como as cinzas volantes, que possuem o subproduto sílica ativa, que é um elemento necessário para o aparecimento de reações entre a cal e o solo, as escórias granuladas de alto forno, os materiais pozolânicos, cimentos portland, compostos químicos e materiais orgânicos.

Souza Júnior (2007) pesquisou o comportamento de escórias de alto-forno produzidas a partir de ativação à quente, utilizando a cal virgem (CaO), e o sal grosso (NaCl) como o aditivo acelerador nas reações químicas. A caracterização da amostra no sentido visual e táctil apresentou grãos de diversos formatos, e também se notou maior friabilidade, fato também favorável para a obtenção de aglomerante de melhor qualidade (mais reativo). Como conclusão definiu que a ativação química das escórias geradas em alto-forno com cal e sal melhoram as suas características quanto à resistência à compressão, avaliada apenas na idade de três dias, tal como recomendado pela metodologia padronizada pela ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland. O aumento da resistência, se comparado com a amostra sem

aditivos, foi da ordem de 18,14%, mostrando que o sal tem um efeito acelerador nas reações químicas.

Cristelo (2001) utilizou o cloreto de sódio (NaCl) na mistura de um solo argiloso com cal, para analisar o comportamento do mesmo em relação a uma mistura sem a adição de cloreto de sódio. Os teores usados foram de 6%, para a cal, e 2% do teor de cal, para o cloreto de sódio. Os períodos de cura foram de uma, duas, três, quatro, seis, oito, dez e quatorze semanas. Ainda foram feitos ensaios em amostras submersas em água durante 24 horas. O resultado obtido primeiramente foi de uma superioridade da amostra sem cloreto de sódio tendo uma maior RCS, porém, após oito semanas de cura as amostras com cloreto de sódio apresentaram uma resistência na ordem de 23% superior às amostras sem o aditivo acelerador, e, após dez semanas esta relação sobe para 42%. No caso das amostras submersas com cloreto de sódio, há um menor alcance de RCS comparado ao não submerso, porém, em relação a um solo nas mesmas condições sem o cloreto de sódio, é evidente a superioridade no que se diz respeito à resistência, concluindo assim que o cloreto de sódio torna os solos menos sensíveis aos efeitos da água, possivelmente através da criação de zonas que lhe serão menos acessíveis. Vale ainda salientar que, na utilização do cloreto de sódio, pode-se diminuir o teor de cal para alcançar a mesma resistência.

2.1.3.2 Cimento Portland

É um ligante hidráulico que tem como composição o silicato tricálcico (C_3S), silicato bicálcico (C_2S), aluminato tricálcico (C_3A) e ferro-aluminato tetracálcico (C_4AFe). O cimento portland, assim como a cal, é um produto de origem mineral que vem da calcinação de misturas bem proporcionadas de calcário com alto teor em cálcio e baixo em magnésio, e argilas. A mistura é moída com uma pequena porcentagem de gipsita (sulfato de cálcio hidratado natural), que altera suas propriedades, resultando então no produto final, cimento portland, de acordo com Guimarães (1998).

Segundo Bauer (2008) o cimento portland é um produto obtido pela pulverização do *clinker* (produto de natureza granulosa, resultante da calcinação de uma mistura de silicatos hidráulicos de cálcio) com certa proporção de sulfato de cálcio natural, contendo eventualmente, adições de substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego.

DNER (1996) traz as categorias dos cimentos fabricados no Brasil:

a) Cimento Portland comum – CP I e CP – S

b) Cimento Portland composto – CP II-E, CP-Z, CP II-F

c) Cimento Portland de alto-forno – CP III

d) Cimento Portland pozolânico – CP IV

e) Cimento Portland de alta resistência inicial – CP V-ARI

f) Cimento Portland resistente a sulfatos – RS

Segundo DNIT (2006), uma mistura de solo com cimento portland pode ser classificada de duas maneiras, como solo-cimento ou solo melhorado com cimento. No primeiro caso deve satisfazer a certos requisitos de densidade, durabilidade e resistência, dando como resultado um material duro, cimentada, de grande rigidez à flexão, já no segundo caso é quando a porcentagem de cimento não ultrapassa 4% em relação à massa seca de solo, e é utilizado quando se necessita de modificação do solo no que se refere à sua plasticidade e sensibilidade è água, sem cimentação acentuada.

O cimento portland é um dos principais produtos utilizados na construção civil, pois é usado geralmente como aglomerante em argamassas e concretos. Senço (2001) acrescenta que o cimento também pode ser usado para a estabilização de solos, tanto como base quanto como sub-base de pavimentos. No final dos anos 40, havia uma necessidade muito grande de agregados na região oeste do estado de São Paulo, as poucas jazidas de pedra não estavam atendendo as demandas solicitadas pelas construções de estradas de ferro, construções civis e também as obras de pavimentação. Assim, teve-se de encontrar um novo método para executar as bases e sub-bases das obras rodoviárias, então, surgiu no Brasil os estudos já adiantados nos Estados Unidos, da utilização de solo-cimento para a estabilização do mesmo. Senço (2001) também comenta que não se obteve bons resultados na utilização do cimento para estabilização de solos argilosos, apenas os que predominam a areia.

Vendruscolo (2003) afirma que a técnica de misturar o cimento com o solo é bem similar ao concreto. A diferença está no agregado, que no concreto possui uma granulometria grossa e as partículas de cimento envolvem o agregado granular ligando suas frações, já no solo-cimento, as partículas de cimento são envolvidas pelos grãos de solos finos resultando em ligações menos resistentes.

Specht (2000) desempenhou uma análise em um solo residual de arenito, estabilizado com cimento de alta resistência inicial e dois tipos de fibras de polipropileno com características físicas diferentes, uma em forma de filamentos, outra fibrilada, ou tipo *mesh*, formada por pequenos filamentos unidos. A proporção de cimento utilizada foi de 3,5 e 7% em relação ao peso seco. As fibras foram adicionadas na proporção de 0,25, 0,50 e 0,75% do peso seco da mistura solo-cimento. Como conclusões da pesquisa podem citar o fato de que as fibras de polipropileno sobre as propriedades do compósito dependem das características da fibra e da matriz, onde não é possível gerar uma regra sobre o comportamento dos mesmos. Em relação à resistência a compressão não-confinada, teve-se como conclusão o fato de que a adição de fibras polipropileno aleatoriamente aumenta a resistência em relação à matriz sem reforço, também vale salientar por fim que o reforço se mostrou mais eficiente quando empregado comprimentos maiores.

Novroth (2009) realizou uma pesquisa na região de Ijuí – RS, considerando dois tipos de solos encontrados na mesma, ambos com predominância de argila, um da formação Serra Geral e outro da formação Tupaciretã, para analisar o comportamento deles quando estabilizados quimicamente com dois tipos de aglomerantes, cimento e cal. Destes aglomerantes, foram utilizados dois tipos de cimentos (CP-II F32 e CP-IV) e dois tipos de cales (cal cálcica e cal dolomítica) em cinco teores diferentes de 6%, 9%, 12%, 15% e 18%, vale ressaltar que os corpos de prova foram curados em uma temperatura constante de 25°C e o tempo de cura foi de 28 dias. Os resultados obtidos através desta pesquisa foram de um pequeno aumento de resistência com a utilização das cales, em ambos os solos, e uns resultados mais satisfatórios com a utilização dos cimentos, contrariando assim a regra geral que a literatura nos mostra, que seria de que solos argilosos reagem melhor com a utilização da cal em relação ao cimento. A figura 5, nos mostra como o solo da formação Serra Geral se comportou com a adição dos cimentos e das cales nos variados teores, no que se diz respeito a RCS.

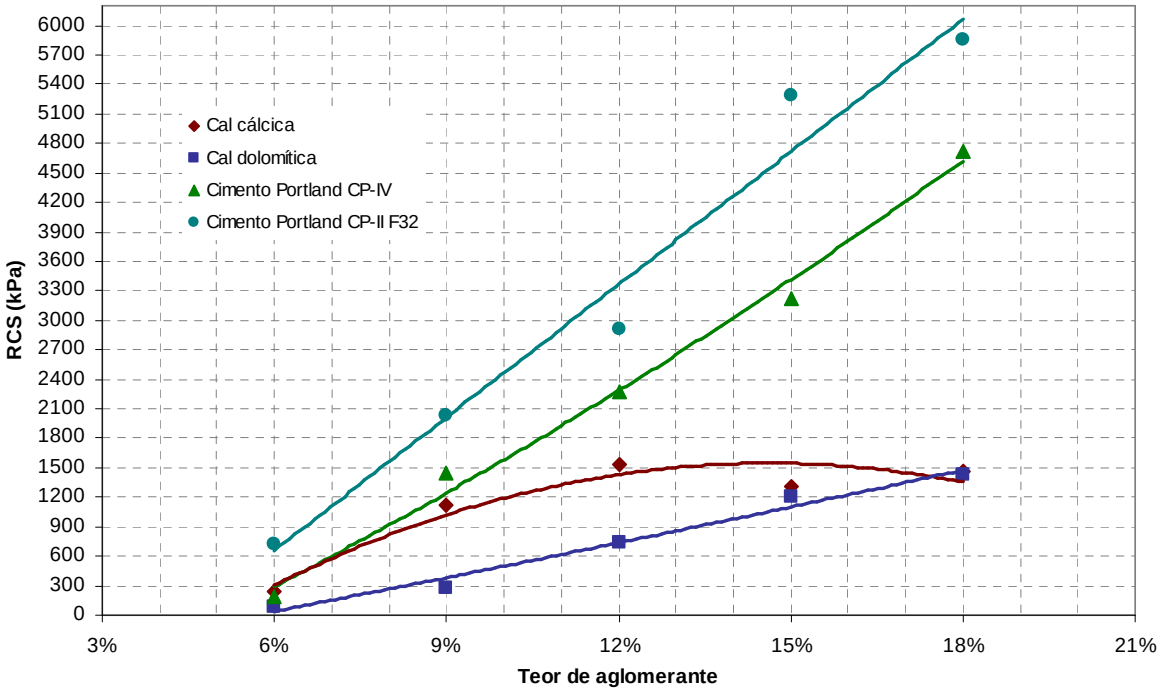

Figura 5: Gráfico da RCS dos CP's moldados com o solo da formação Serra Geral
Fonte: Novroth (2009)

3. METODOLOGIA

3.1 Classificação do estudo

Esta pesquisa classifica-se como quantitativa, pois amostras de solo foram coletadas em campo, e preparadas para ensaios em laboratório e os resultados pertinentes foram analisados graficamente.

3.2 Planejamento da pesquisa

A coleta de dados se deu pela determinação da Resistência à Compressão Simples (RCS) de corpos-de-prova (CP's) moldados com um tipo de solo, diferentes aglomerantes, dois teores diferentes de aglomerantes, adição de um aditivo à mistura e também a cura dos CP's em diferentes temperaturas, como exemplificados a seguir:

- 1 tipo de solo (solo residual de basalto);
- 2 tipos de aglomerantes (Cal dolomítica e cal calcítica);
- 2 teores para cada aglomerante (6% e 12%);
- 1 tipo de acelerador (Cloreto de sódio);
- 2 teores de acelerador (0% e 2%);
- 3 temperaturas de cura diferentes (5°C, 25°C e 45°C);
- 3 idades diferente de cura (7, 28 e 96 dias);
- 4 CP's para cada teor.

3.3 Materiais

3.3.1 Solo

Neste estudo foi utilizado um tipo de solo coletado na região do município de Ijuí – RS.

O solo foi coletado em um talude localizado no campus da Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, pertencente à formação Serra Geral

granulometricamente classificado como argila, de acordo com a TRB (Transportation Research Board) classifica-se como um solo A-7-5 e conforme a SUCS (Sistema Unificado de Classificação de Solos) é um silte de alta compressibilidade, apresentando a seguir na tabela 1 a sua composição granulométrica, e na figura 6 é apresentado a distribuição granulométrica.

Tabela 1: Composição do solo da formação Serra Geral

Tamanho do grão	***Fração***
Argila	85%
Silte	10%
Areia fina	4,12%
Areia média	0,72%
Areia grossa	0,16%

Fonte: Bonafé (2004)

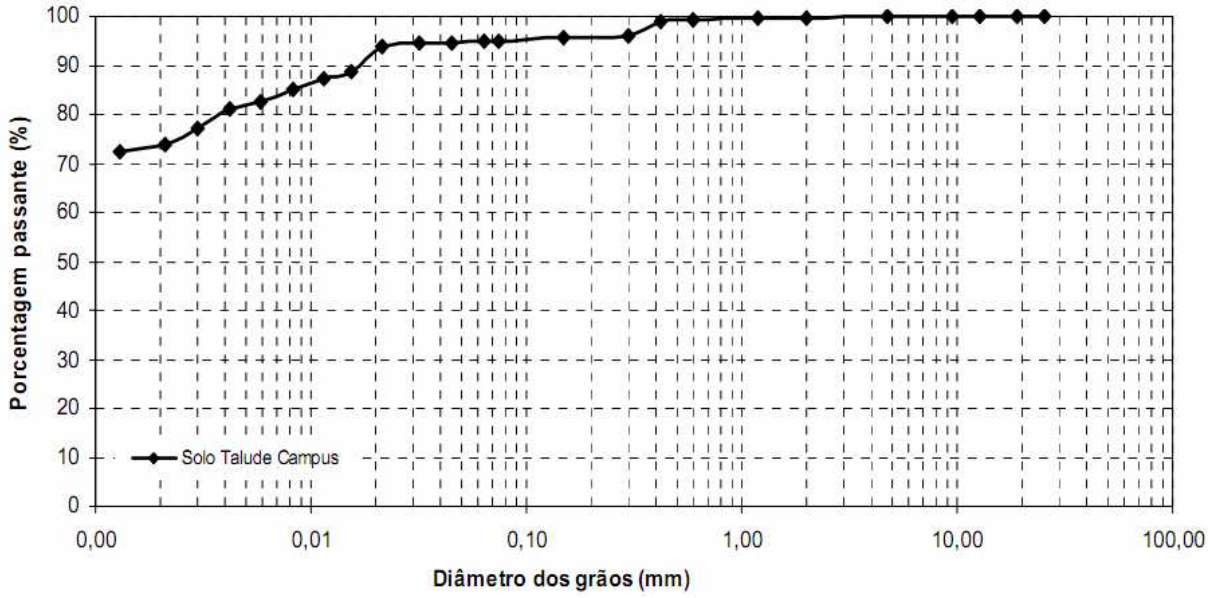

Figura 6: Distribuição granulométrica
Fonte: Bonafé (2004)

As propriedades físicas deste solo são apresentadas a seguir na tabela 2.

Tabela 2: Propriedades físicas do solo da formação Serra Geral

Propriedades	Valores Médios
Limite de Liquidez (LL)	59%
Limite de Plasticidade (LP)	47,03%
Índice de Plasticidade (IP)	11,97%
Peso específico real dos grãos (G)	28,52 kN/m³
Índice de atividade (IA)	0,14

Fonte: Bonafé (2004)

Este solo apresenta, ainda, para a energia normal de compactação, um peso específico aparente seco (γ_d) de 13,93 kN/m³ e umidade ótima para compactação de 32,3% segundo Novroth (2009).

O mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul está apresentado a seguir na figura 7, onde podemos localizar as áreas que o solo em estuda abrange:

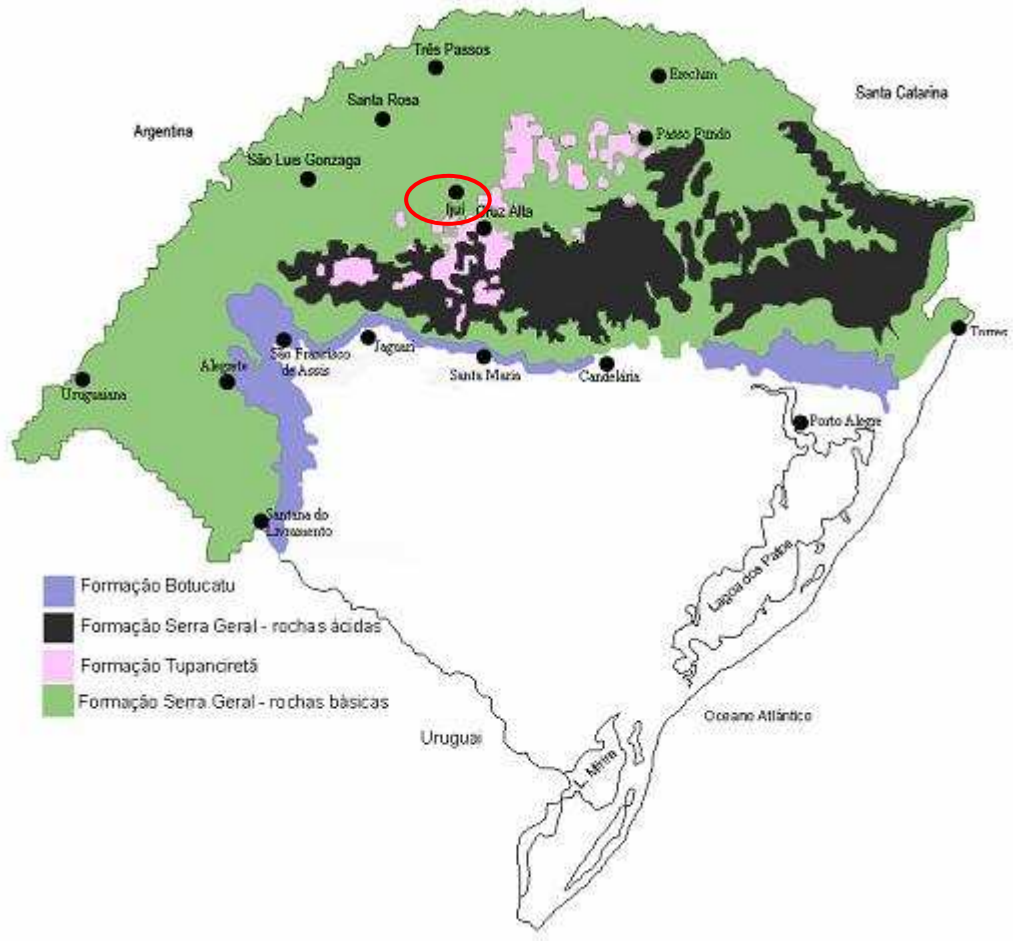

Figura 7: Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul
Fonte: IBGE (2008)

3.3.2 Cales

No presente estudo foi utilizado dois tipos de cales, uma proveniente do estado do Rio Grande do Sul, denominada de cal dolomítica, e outra nativa de Belo Horizonte – Minas Gerais, denominada cal calcítica ou cálcica. Na primeira há teores de óxido de cálcio e de magnésio balanceados, já na segunda há uma predominância de óxido de cálcio. As tabelas 3 e 4 representam as caracterizações das cales dolomítica e calcítica, respectivamente.

Finura da Cal Dolomítica	87,55%		
Distribuição Granulométrica	Peneiras		% Passante
	pol.	milímetros	
	1"	25,40	100
	3/4	19,10	100
	1/2	12,70	100
	3/8	9,50	100
	4	4,80	100
	10	2,00	100
	40	0,42	100
	80	0,18	97,3
	200	0,08	79,6

Tabela 3: Caracterização da cal dolomítica

Finura da Cal Calcítica	92,39%		
Distribuição Granulométrica	Peneiras		% Passante
	pol.	milímetros	
	1"	25,40	100
	3/4	19,10	100
	1/2	12,70	100
	3/8	9,50	100
	4	4,80	100
	10	2,00	100
	40	0,42	100
	80	0,18	99,80
	200	0,08	96,68

Tabela 4: Caracterização da cal calcítica

3.3.3 Cloreto de sódio

Na pesquisa foi utilizado cloreto de sódio com o intuído de concluir qual a influência que um aditivo tem na mistura de solo-cal. O aditivo utilizado no estudo é cloreto de sódio moído enriquecido com iodo, comercializado com o nome de sal.

3.3.4 Água

A água que foi utilizada na moldagem dos CP's é a disponível na rede hidráulica do Laboratório de Engenharia Civil (LEC) e é classificada como água potável.

3.4 Procedimentos experimentais

3.4.1 Preparação das amostras

Todo o procedimento adotado para a moldagem foi seguido pela norma ABNT NBR 12024 (1992). Após a coleta, o solo foi seco em estufa a 60 ºC até atingir a umidade de 0% para posterior destorroamento e peneiramento na peneira ABNT 40.

O destorroamento do solo se dá pela utilização de um almofariz e um pistilo, como demonstrado na figura 8:

Figura 8: Almofariz e pistilo

Depois de seco e destorroado, o solo foi misturado com as quantidades (teores) de aglomerante calculada de acordo com a massa de solo seco até obter uma mistura de coloração única (figura 9), para posterior adição de água referente à umidade ótima do solo mais 0,5% a 1% em função da perda da água por evaporação (figura 10). Outros CP's foram

feitos com os mesmos teores de aglomerantes, porém adicionado também o acelerador à mistura.

Figura 9: Mistura do solo com o respectivo teor de cal

Figura 10: Adição de água na mistura solo-cal

A moldagem se deu pela compactação de três camadas de mesma massa dessa mistura sobrepostas, formando um CP de 10 cm de altura e 5 cm de diâmetro (figura 11). Após a moldagem os CP's foram desmoldados (figura 12), colocados em sacos impermeáveis e levados para curar em suas respectivas temperaturas. Os CP's curados a 5°C foram levados a uma geladeira onde a temperatura foi controlada com alternância de 2°C para mais e para menos, os CP's curados a 25°C foram levados à câmara úmida, e os CP's curados a 45°C foram levados a um banho maria onde esta temperatura pode ser controlada durante todo o

período de cura. A figura 13 mostra as diferentes colorações dos CP's curados nas temperaturas de 5, 25 e 45°C. No total foram moldados 288 CP's.

Figura 11: Compactação dos CP's

Figura 12: Corpo de prova moldado

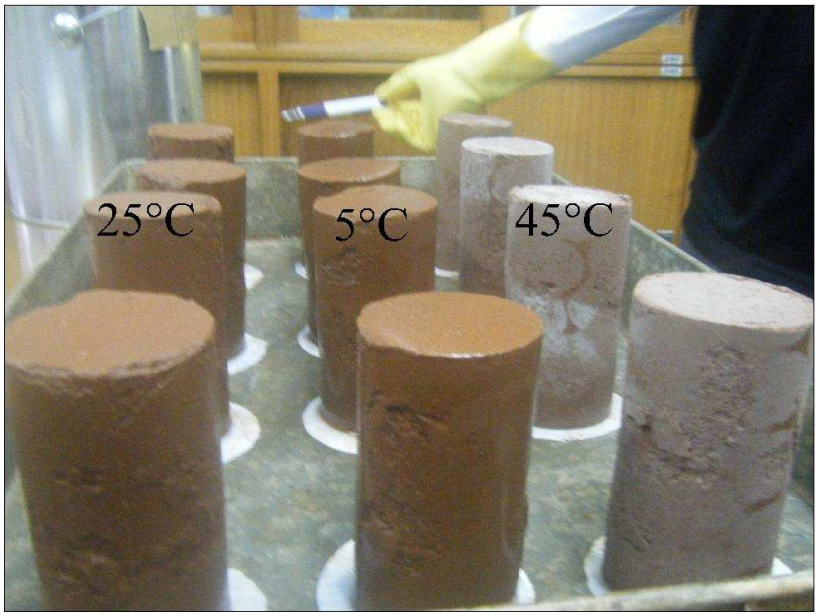

Figura 13: Diferentes colorações dos CP’s curados em diferentes temperaturas

3.4.2 Ensaio de resistência à compressão simples

O ensaio de resistência à compressão simples foi feito de acordo com a norma ABNT NBR 12025 (1990), que consiste em aplicar um carregamento vertical nos CP’s a uma velocidade de 1 mm/min, esta velocidade é de suma importância para o ensaio, sendo que se designado velocidades diferentes no rompimentos dos CP’s, os resultados não serão coerentes. Também será necessária a utilização de uma célula de carga para saber a força do carregamento. Antes de se executar o rompimento, os CP’S foram imersos em água por quatro horas, para saturá-los.

A prensa que foi utilizada para a ruptura dos CP’s é da marca SoloTest, do tipo manual, para rompimento de CBR (California Bearing Ratio), e a leitura da força pela célula de carga da marca Alfa Instrumentos modelo Z-500 de capacidade nominal de 500 kgf (quilogramas-força), encontradas no LEC como demonstrado na figura 14. A norma ABNT 12025 (1990) prescreve que a máquina de ensaio à compressão, deve possibilitar a aplicação de carga contínua e sem choques.

Figura 14: Prensa que foi utilizada para o rompimento dos CP’s

No ensaio de RCS é aplicado um carregamento vertical nos CP’s até que estes se rompam (figura 15), então com o valor da carga aplicada e a área média das faces dos CP’s que são medidas com o auxílio de um paquímetro, é possível determinar a resistência de cada um deles de acordo com a seguinte equação:

$$\sigma = P/A$$

onde: σ = tensão

P = carga

A = área

Figura 15: Corpo de prova rompido

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Depois de serem rompidos todos os CP's foram feitas as análises dos resultados graficamente e junto ao software *Statistica for windows (versão 8.0),* desenvolvendo a análise estatística pelo método de regressão múltipla, assim comparando as variáveis para concluir qual delas tem maior influência na mistura solo-cal. Os valores utilizados para as análises foram processados de acordo com a Norma NBR 12253 que recomenda a exclusão dos valores que se afastarem 10% da média e recalcular uma nova média. A seguir, na tabela 5, está apresentado o resumo dos resultados obtidos de RCS, já com os valores corrigidos. Como referência, foi moldado CP's sem adição de cal, somente compactados, e a RCS ficou na faixa dos 130 kPa. As tabelas com todos os resultados estão no Anexo I.

Tabela 5: Resultados obtidos de RCS

Idade(Dias)	Temperatura(°C)	Cal Dolomitica RCS (kPa)				Cal Calcitica RCS (kPa)			
		6%	6% + Sal	12%	12% + Sal	6%	6% + Sal	12%	12% +Sal
7	5	141,58	159,27	179,60	271,18	144,82	205,72	189,09	231,76
	25	124,71	169,88	376,50	451,25	177,14	211,67	424,72	432,09
	45	152,74	196,58	1201,47	1098,90	191,36	176,11	1303,44	1249,78
28	5	149,82	80,77	292,09	445,72	325,40	458,98	147,35	404,30
	25	190,69	53,53	592,10	924,62	510,82	603,93	891,02	1429,58
	45	216,30	175,78	2244,06	1752,30	906,73	759,11	2659,61	2043,75
96	5	122,73	131,33	465,19	653,20	362,58	408,43	592,04	701,67
	25	134,57	138,17	684,35	1102,26	513,16	433,22	1491,76	1974,92
	45	196,97	150,98	1965,93	1878,73	808,88	663,83	3015,68	3027,92

Os resultados do ensaio de RCS foram analisados através do software de duas maneiras diferentes, a primeira utilizando os valores reais da mistura solo-cal e a segunda utilizando valores codificados em escalas de -1 a 1 para as variáveis que são teor de cal, tempo de cura, temperatura de cura e adição de aditivo, que estão descritos na tabela 6. Os dados para a análise foram separados em dois grupos para se estudar os dois diferentes tipos de cales, a cal dolomítica e a cal calcítica. As variáveis foram analisadas separadamente e também correlacionando com outras variáveis, a fim de descobrir qual das variáveis ou qual a combinação das variáveis se torna mais importante na mistura solo-cal.

Tabela 6: Valores reais e proporcionalmente codificados para utilização no modelo

Variável	Valor Real	Valor Codificado
Teor de Cal (%)	6	-1
	12	1
Tempo de Cura(Dias)	7	-1
	28	-0,52
	96	1
Temperatura de Cura (℃)	5	-1
	25	0
	45	1
Teor de Aditivo (%)	0	-1
	2	1

4.1 Cal dolomítica

Nas figuras 16 e 19 estão representados os gráficos das misturas do solo com a cal dolomítica, nos teores de 6% e 12% respectivamente. Os valores em parênteses são as temperaturas de cura em graus Celsius, o eixo das abscissas corresponde ao tempo de cura medido em dias e o eixo das ordenadas corresponde à resistência à compressão simples medido em kPa.

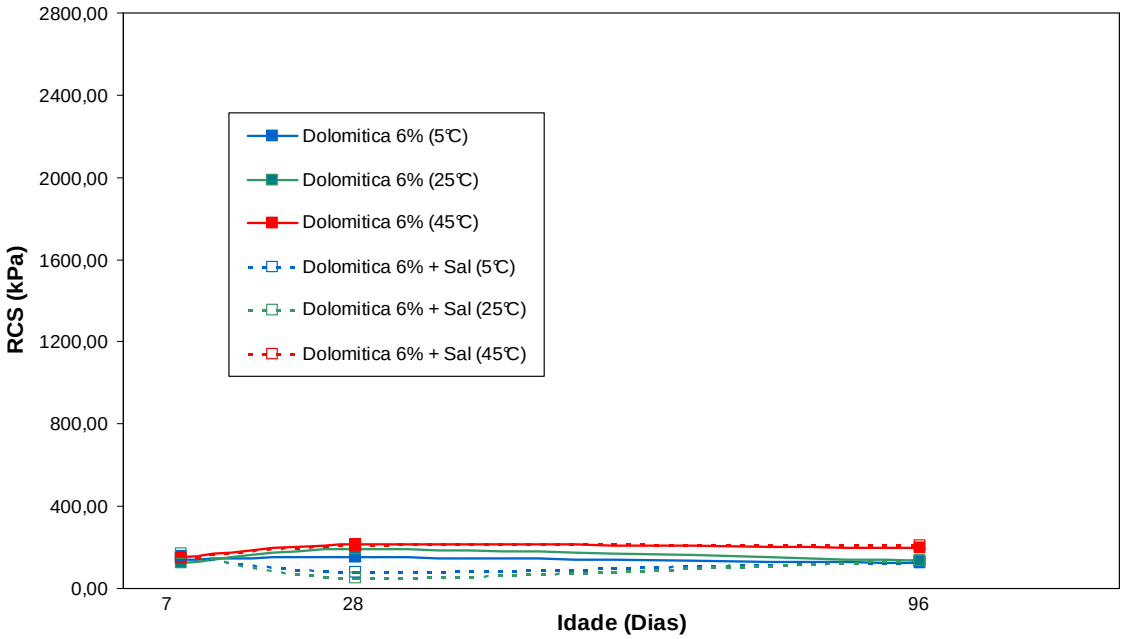

Figura 16: Gráfico RCS x Idade com teor de cal dolomítica de 6%

Observando o gráfico apresentado, o que pode se notar é de que as misturas com aditivo não alcançaram resistências maiores comparado as sem o aditivo no que se refere a

mistura solo com a cal com 6% de cal dolomítica. Fato muito interessante é o aumento considerável da resistência à medida que a temperatura aumenta.

As figuras 17 e 18 representam os gráficos em três dimensões (3D) das amostras moldadas com teor de 6% de cal dolomítica sem aditivo, e com aditivo, respectivamente. A variável dependente que é a RCS, está em função da temperatura (TE) e do tempo de cura (TP).

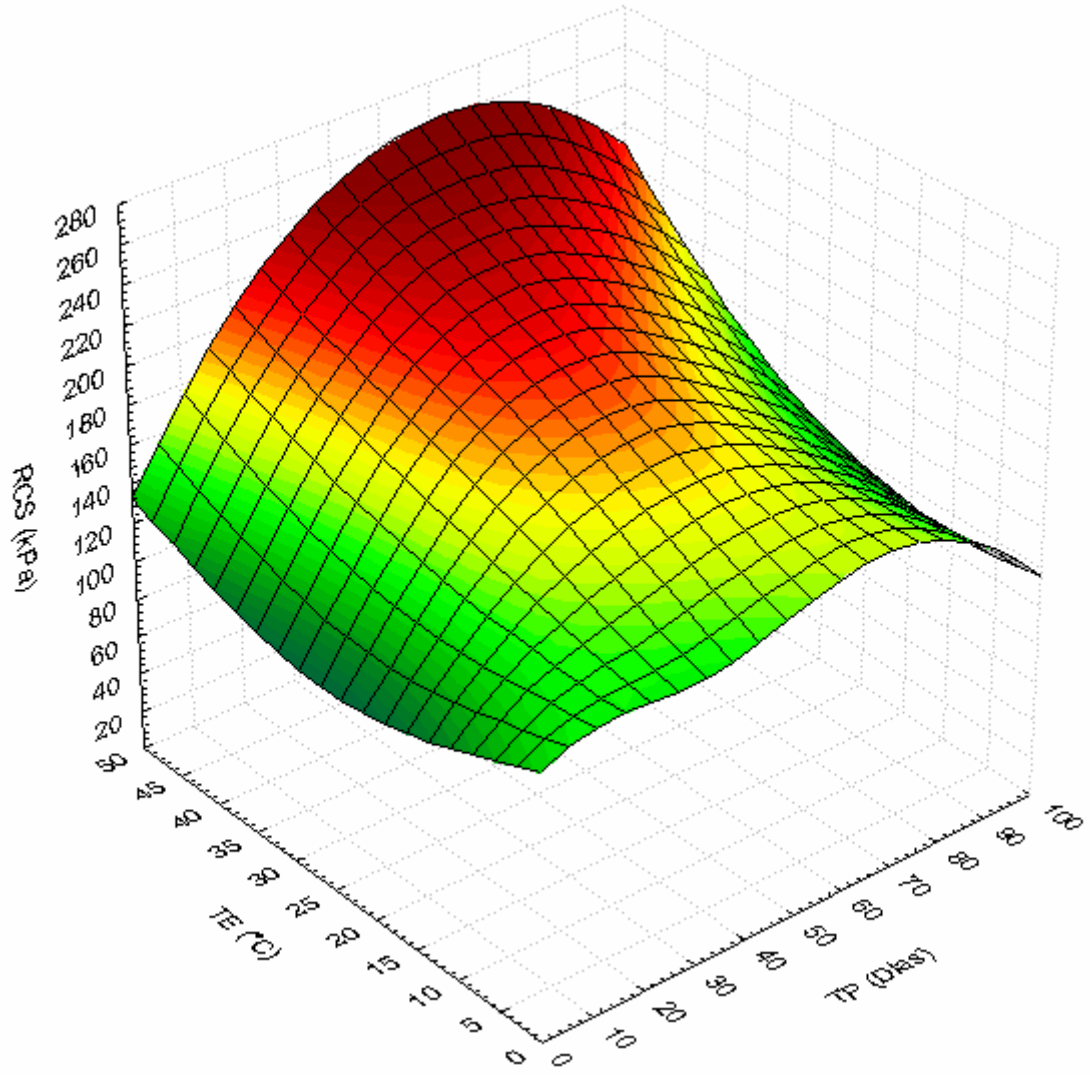

Figura 17: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 6% sem o uso de aditivo

No gráfico 3D apresentado anteriormente, nota-se que a mistura alcança melhores resultados quando curada em temperaturas mais elevadas. Outro fator que vale salientar é de que a resistência de pico é alcançada próximo aos sessenta dias de cura.

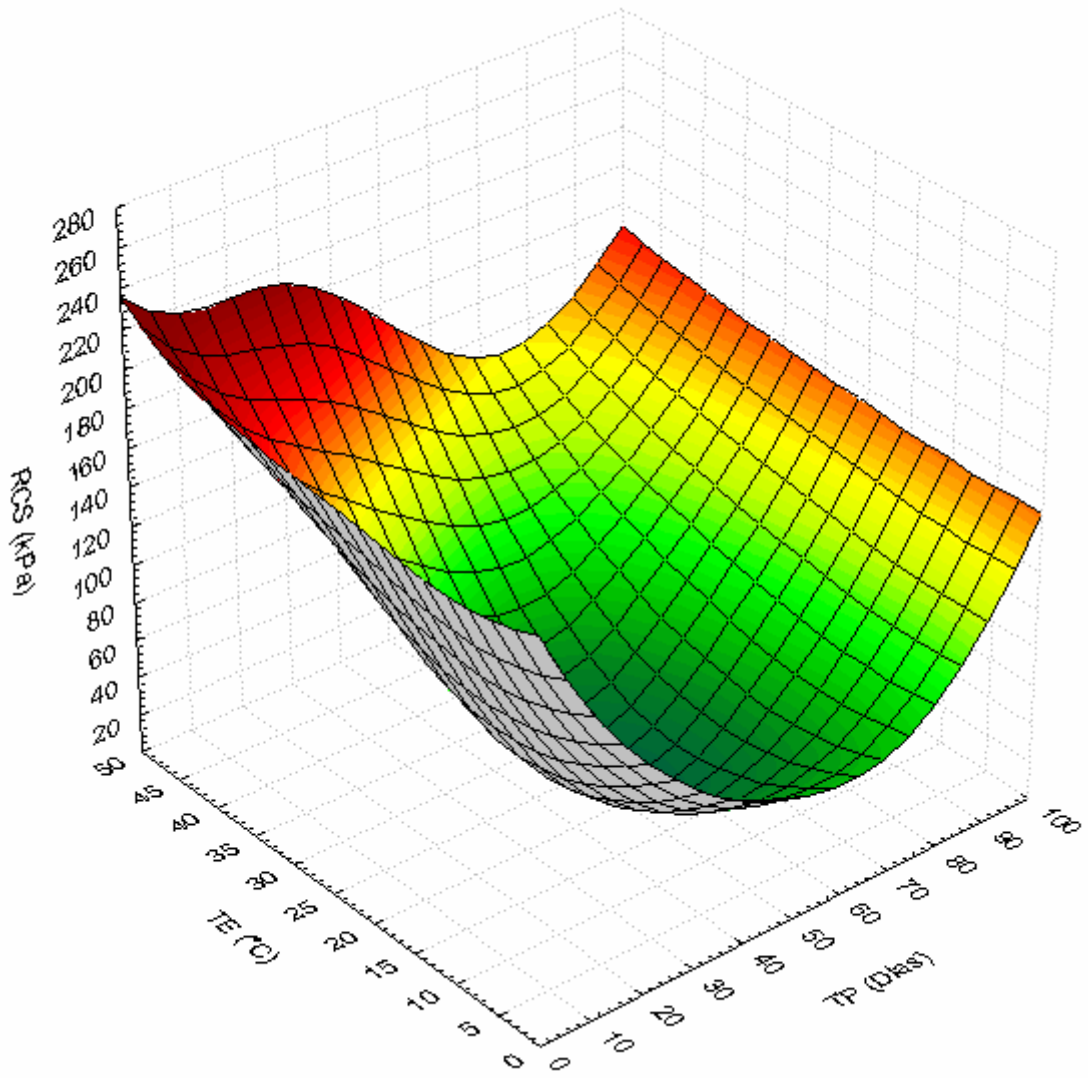

Figura 18: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 6% com o uso de aditivo

O gráfico da figura 18 mostra que para misturas usando um teor de cal dolomítica de 6% e um aditivo, o sal, a RCS tem melhores resultados quanto maior for a temperatura e o tempo de cura. Porém se analisado junto ao gráfico da figura 17, nota-se que as resistências para as temperaturas menores obtiveram um ganho quando usado um aditivo, em contrapartida as curadas em maiores temperaturas tiveram uma perda de resistência quando utilizado o aditivo.

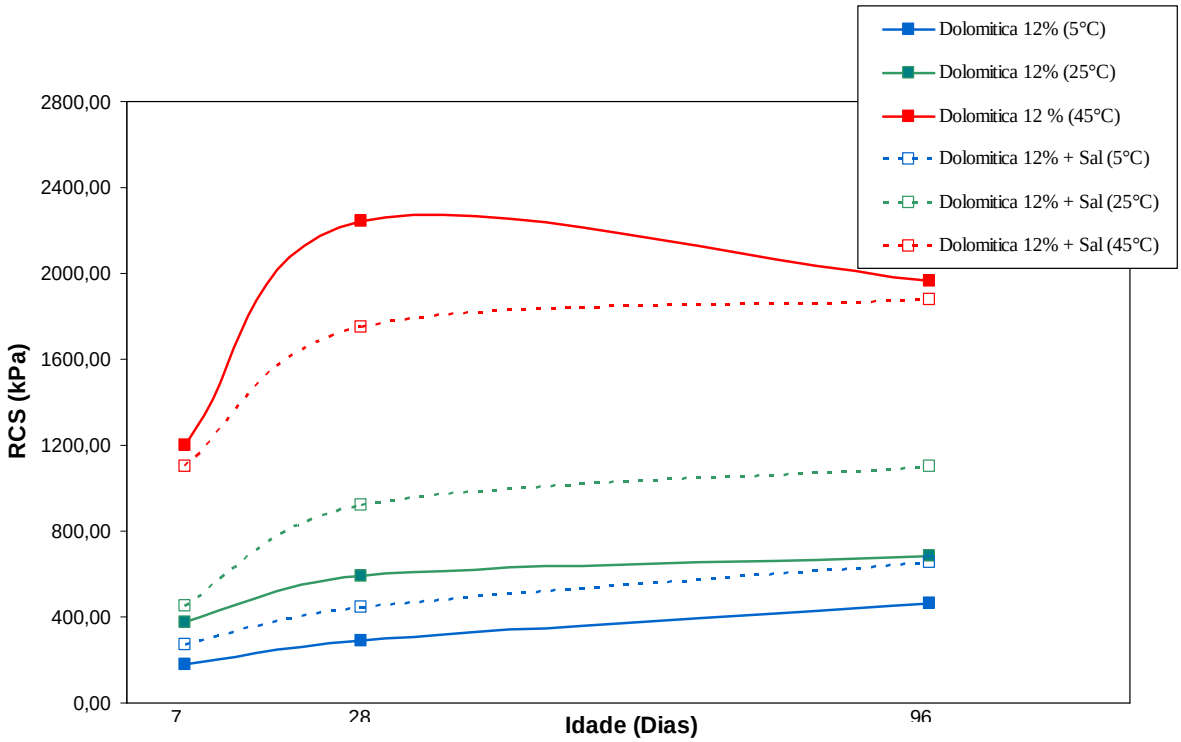

Figura 19: Gráfico RCS x Idade com teor de cal dolomítica de 12%

No gráfico apresentado para a RCS x Idade utilizando o teor de cal de 12% em relação à massa seca da mistura, pode-se notar que a resistência aumenta quanto maior for a temperatura, e de que o aditivo traz benefícios à mistura apenas para as temperaturas de cura mais baixas, pois quando aumentamos a temperatura de cura, há certa diminuição da resistência comparando com a mistura sem o aditivo.

As figuras 20 e 21 representam os gráficos 3D das amostras moldadas com teor de 12% de cal dolomítica sem aditivo, e com aditivo, respectivamente. A variável dependente que é a RCS, está em função da temperatura (TE) e do tempo de cura (TP).

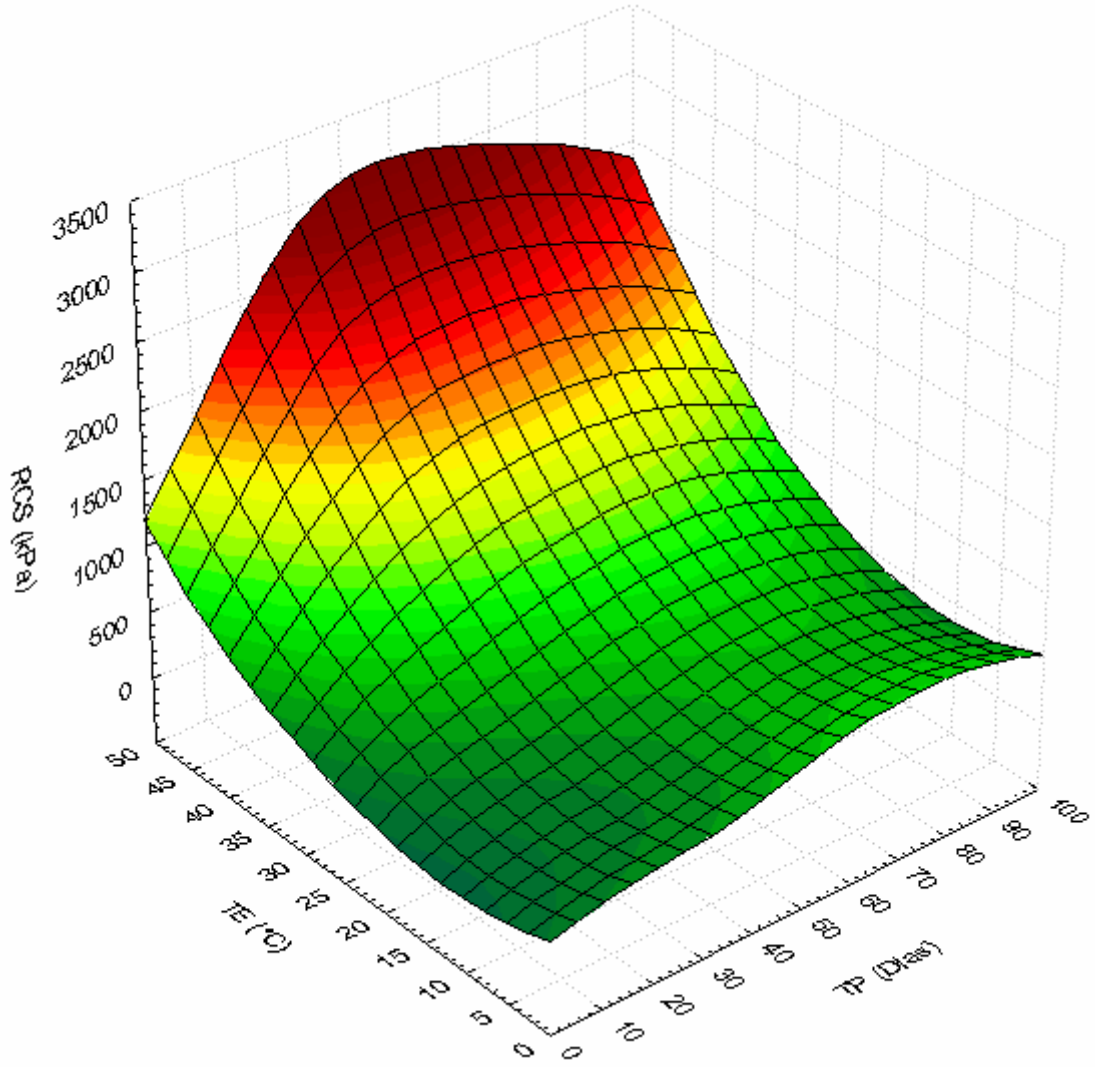

Figura 20: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 12% sem o uso de aditivo

Com o gráfico apresentado anteriormente, nota-se que as amostras tiveram o mesmo comportamento para as misturas com teor de 6% e 12% de cal dolomítica sem o uso do aditivo, pois quanto maior a temperatura, maior a RCS, e de que a resistência de pico fica aproximadamente aos sessenta dias de cura.

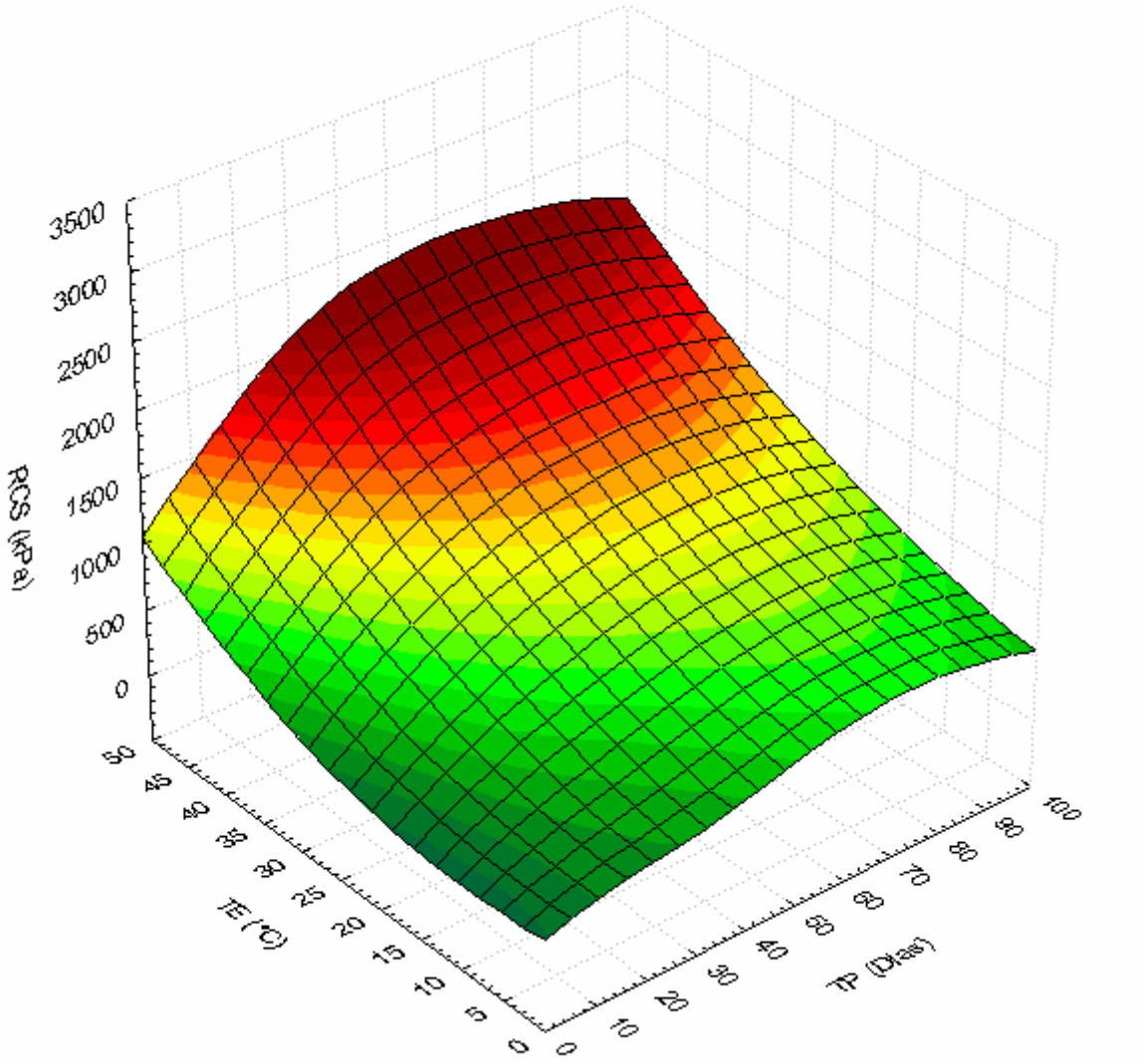

Figura 21: Gráfico 3D das amostras com teor de cal dolomítica de 12% com o uso de aditivo

O gráfico apresentado anteriormente tem um formato muito interessante, pois fica nítido que com o aumento da temperatura e do tempo, a RCS tende a aumentar. Com a análise dos gráficos das figuras 20 e 21, conclui-se que para temperaturas mais baixas, o aditivo tem um efeito positivo, e para as temperaturas mais altas este efeito torna-se negativo. Deve-se ressaltar que o fator com maior importância é a temperatura, pois independente de se usar ou não o aditivo, a RCS é maior nos casos onde a temperatura de cura é maior.

4.1.1 Modelo não-codificado

A equação que representa o modelo estatístico da mistura solo-cal dolomítica não codificado é apresentado a seguir na tabela 7:

Tabela 7: Características do modelo estatístico para cal dolomítica não-codificada

Modelo definido para a cal dolomítica não-codificada	RCS = 416,43 + **5,23*TRxTE - 52,60*TE - 0,11*TPxTP + 0,47*TExTE + 0,81*TRxTP - 44,56*TR - 2,32*TExAD** + 5,50*TP + 7,09*TRxAD + 0,04*TPxTE + 0,46*TPxAD - 14,23*AD
Erro Padrão (kPa)	189,70
Confiabilidade (R^2)	0,91
Confiabilidade Ajustada (R^2)	0,90

Onde:

RCS - Resistência à compressão simples (kPa)

TR - Teor de cal (%)

TP – Tempo de cura (Dias)

TE – Temperatura de cura (°C)

AD – Adição de aditivo (2%)

As variáveis em destaque são as que apresentaram maior significância no modelo, nota-se que quanto maior o teor de cal utilizado na mistura solo-cal, combinado com a temperatura de cura, maior a RCS. A figura 22 representa o gráfico com a variável dependente RCS com relação aos valores previstos pelo modelo e valores observados no ensaio. Cada ponto representa um CP, concluindo que todos estão próximos a linha de tendência e que há boa distribuição dos pontos ao longo da linha, mostrando que o modelo ficou bem ajustado. O gráfico foi gerado pelo software *Statistica.* Na figura 23 está presente o grau de influência de cada variável para se chegar ao valor de RCS, fato importante de salientar é de que a variável teor de cal relacionado com temperatura de cura (TRxTE) e a variável temperatura (TE), tiveram aproximadamente metade da influência no resultado final da RCS.

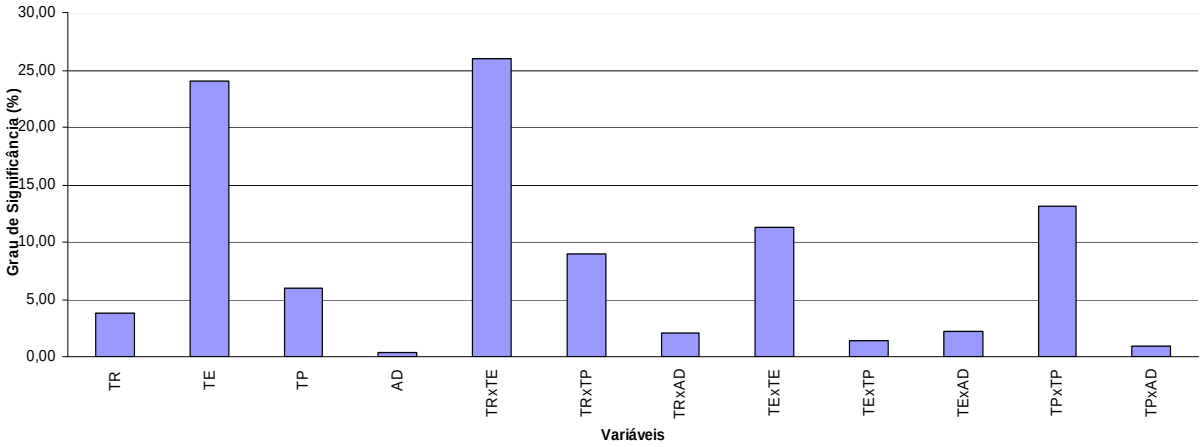

Figura 22: Grau de influência de cada variável no modelo de cal dolomítica não-codificada

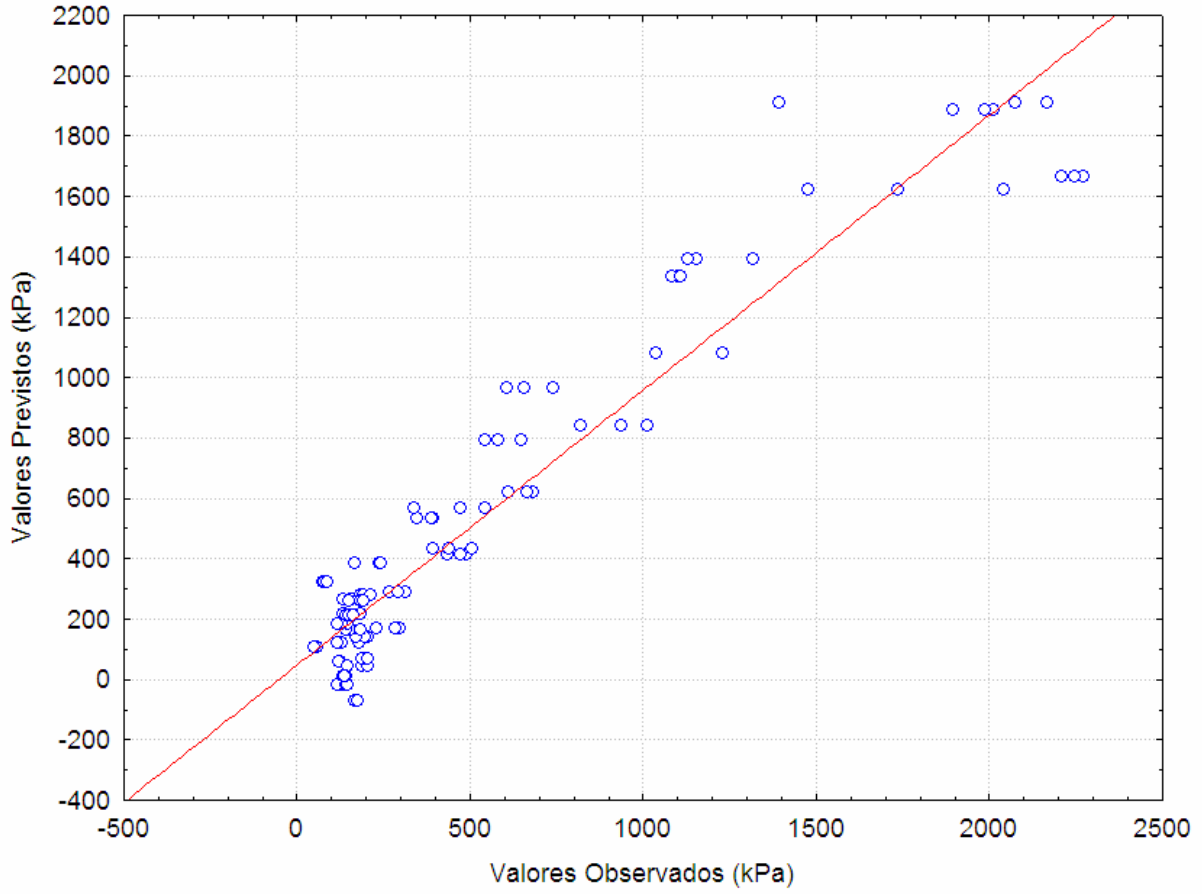

Figura 23: Gráfico dos valores previsto x observados dos CP's moldados com cal dolomítica

4.1.2 Modelo codificado

A análise com o modelo estatístico codificado foi feita para analisar qual das variáveis, ou qual a combinação das variáveis é a mais significativa através da regressão múltipla. Para ajustar todas as variáveis na mesma escala, foram distribuídos os valores em proporção de -1 a 1.

A seguir, na tabela 8, é apresentado o modelo estatístico para a cal dolomítica codificada, obedecendo as diretrizes apresentadas anteriormente.

Tabela 8: Características do modelo estatístico para cal dolomítica codificada

Modelo definido para a cal dolomítica codificada	RCS = 593,13 **+ 404,25*TR + 344,60*TE + 313,77*TRxTE + 128,56*TP + 108,22*TRxTP + 186,18*TExTE - 211,72*TPxTP - 46,4*TExAD** + 31,78*TPxTE + 21,28*TRxAD + 20,39*TPxAD + 15,15*AD
Erro Padrão (kPa)	189,50
Confiabilidade (R^2)	0,91
Confiabilidade Ajustada (R^2)	0,90

Onde:

RCS - Resistência à compressão simples (kPa)

TR - Teor de cal (%)

TP – Tempo de cura (Dias)

TE – Temperatura de cura (°C)

AD – Adição de aditivo (2%)

Na figura 24 é apresentado o grau de influência de cada variável para o modelo matemático da cal dolomítica codificada. Fato muito interessante é de que as variáveis temperatura de cura (TE), teor de cal (TR), e a variável que combina teor de cal e temperatura de cura (TRxTE) obtiveram um grau de importância na ordem dos 65%.

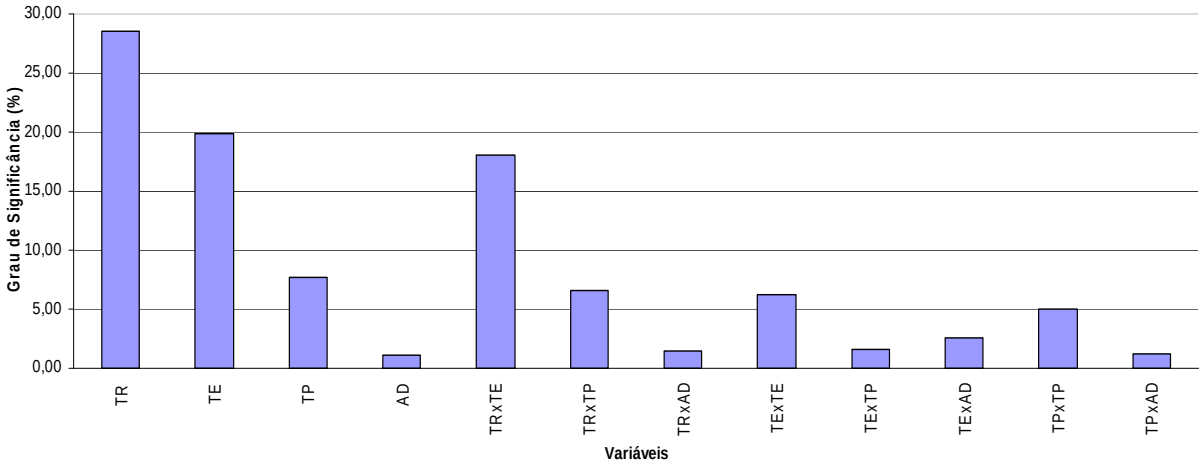

Figura 24: Grau de influência de cada variável no modelo de cal dolomítica codificada

4.2 Cal calcítica

Nas figuras 25 e 28 está apresentado os resultados obtidos de RCS através do tempo dos CP's moldados com a cal calcítica, o gráfico da figura 22 corresponde à RCS dos CP's moldados com teores de 6% de cal calcítica, e o da figura 25 a RCS dos CP's moldados com teores de 12% de cal calcítica.

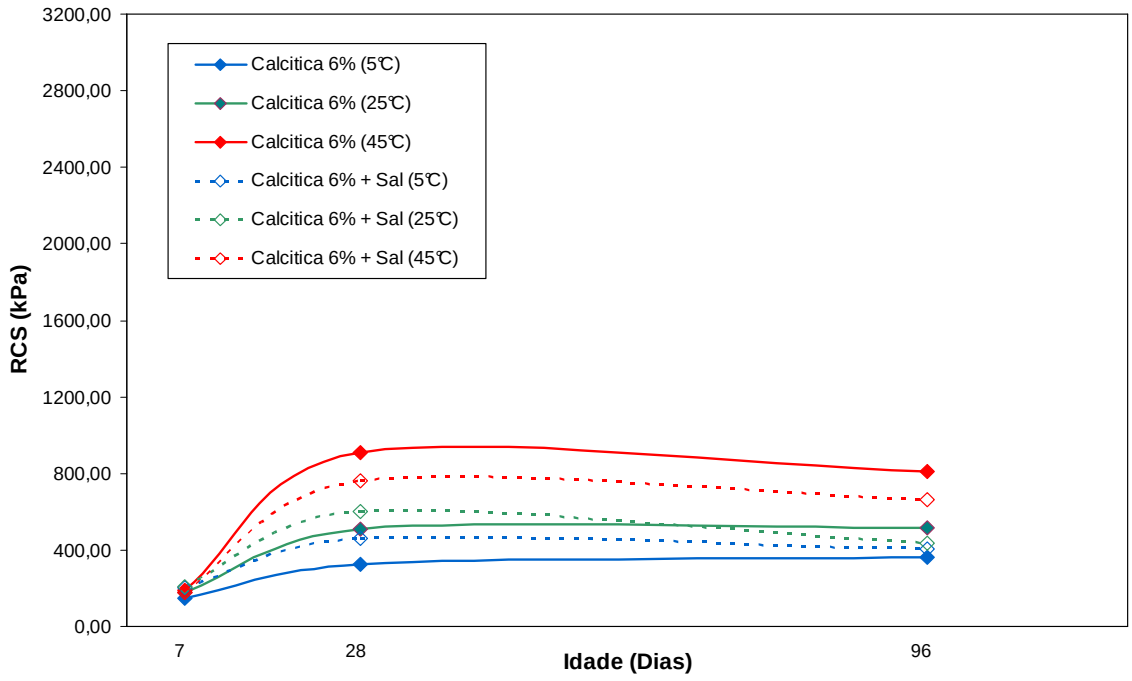

Figura 25: Gráfico RCS x Idade com teor de cal calcítica de 6%

O gráfico que representa a variação da resistência ao longo do tempo das misturas com 6% de cal calcítica mostra a alteração da resistência quando variado a temperatura, ou seja, há um ganho significativo de resistência quando os CP’s são curados a temperaturas mais altas. Em contrapartida, o tempo de cura se torna uma variante significativa somente nos primeiros 28 dias, após isso há uma estabilização na resistência. Outro fato que fica evidente neste gráfico é sobre o uso do aditivo, que para temperaturas de cura menores ele tem um efeito positivo, ou seja, um ganho de resistência, porém para temperaturas mais altas o efeito é contrário.

A seguir nas figuras 26 e 27 estão representados os gráficos 3D das RCS alcançadas com os CP’s moldados com teor de 6% de cal calcítica sem o uso de aditivo e com o uso de aditivo, respectivamente.

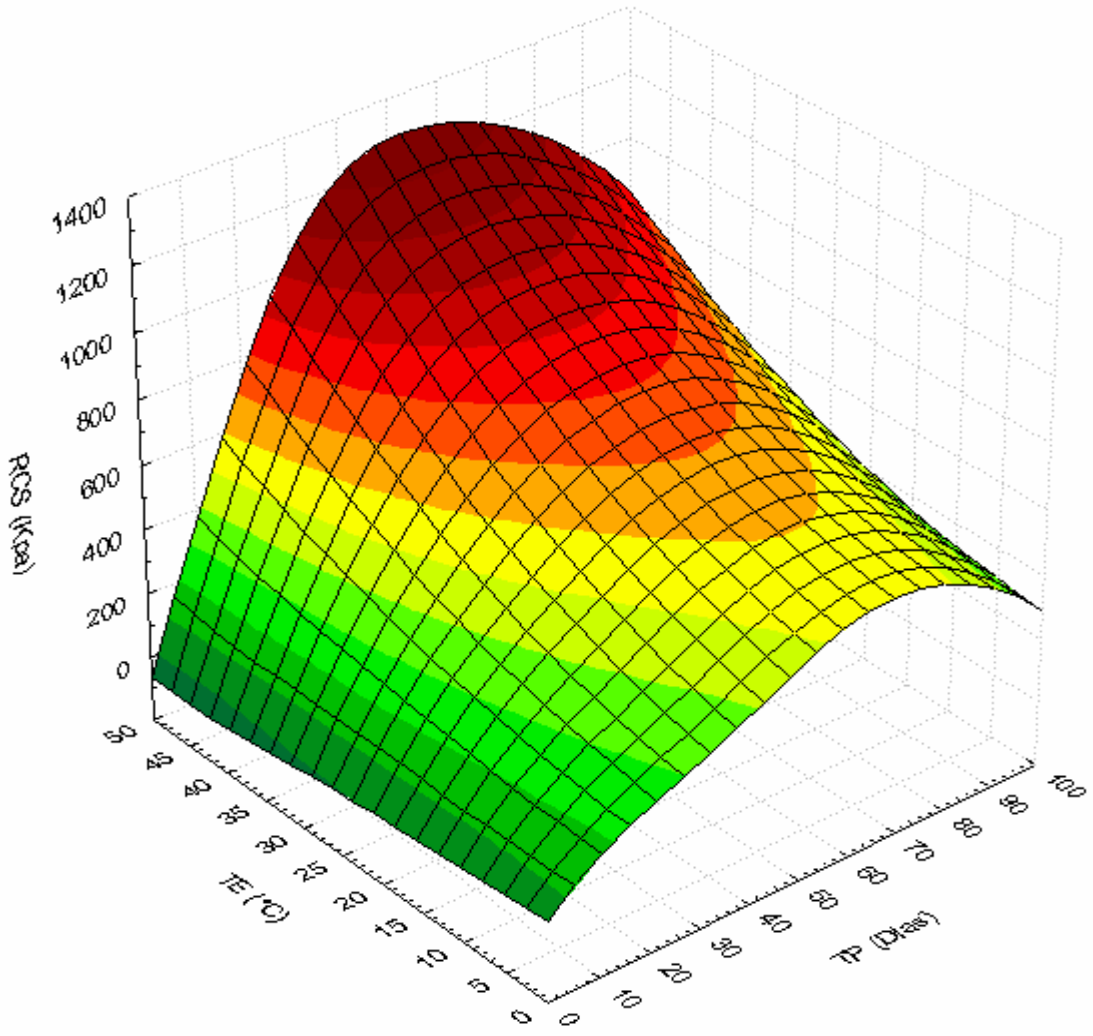

Figura 26: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 6% sem o uso de aditivo

Novamente na figura 26 fica evidenciado a importância da temperatura de cura para o alcance de resistências maiores. A resistência de pico é alcançada entre os cinquenta e sessenta dias de cura.

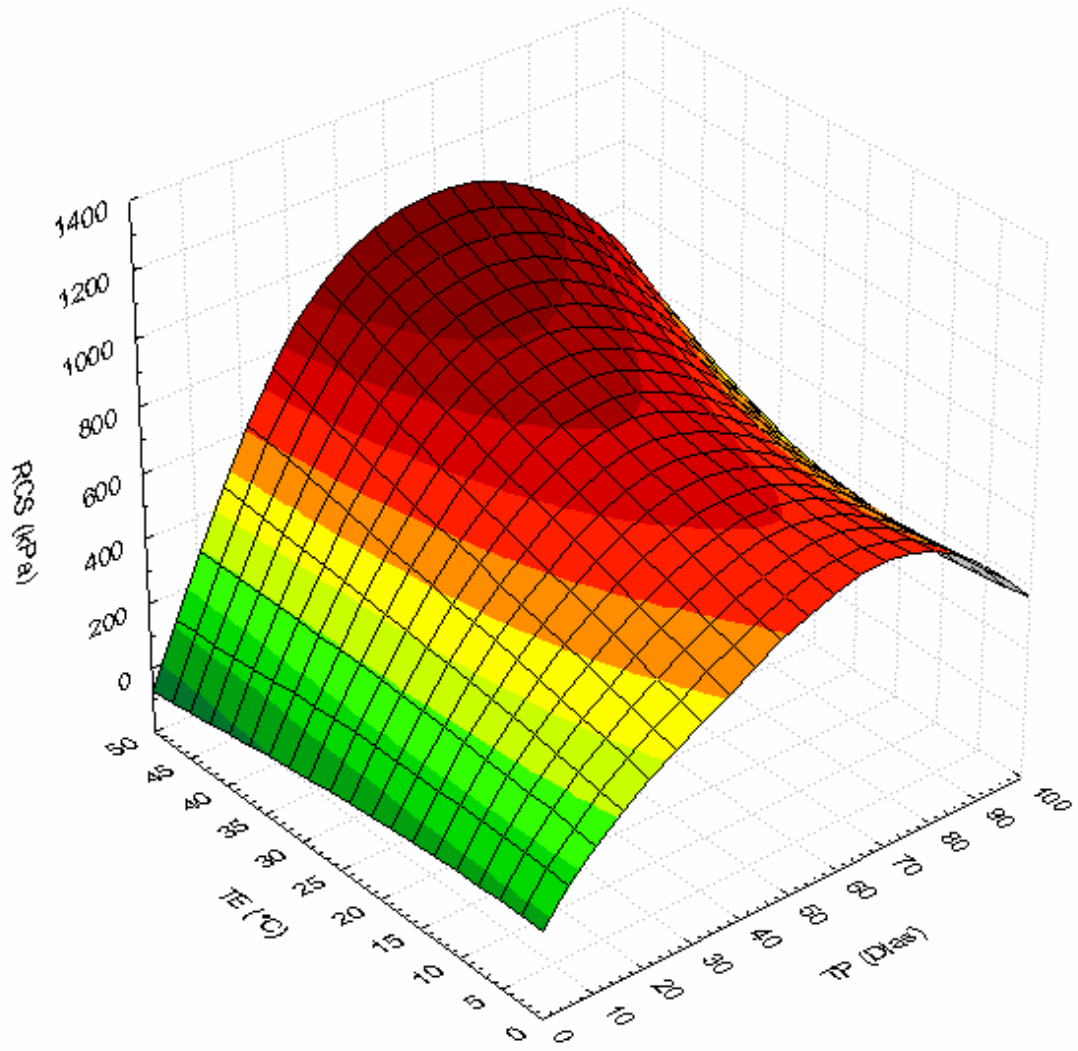

Figura 27: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 6% com o uso de aditivo

Na figura 27 é possível notar que a temperatura de cura dos CP's continua sendo a variável que tende a resultar em maiores resistências, porém as temperaturas menores ganharam um ganho significativo de RCS em relação às misturas onde não foi utilizado aditivo, como é o caso da figura 26. Sendo assim, nota-se que o aditivo tem um efeito positivo apenas para as temperaturas menores, tendo um efeito negativo quando a temperatura de cura é alta.

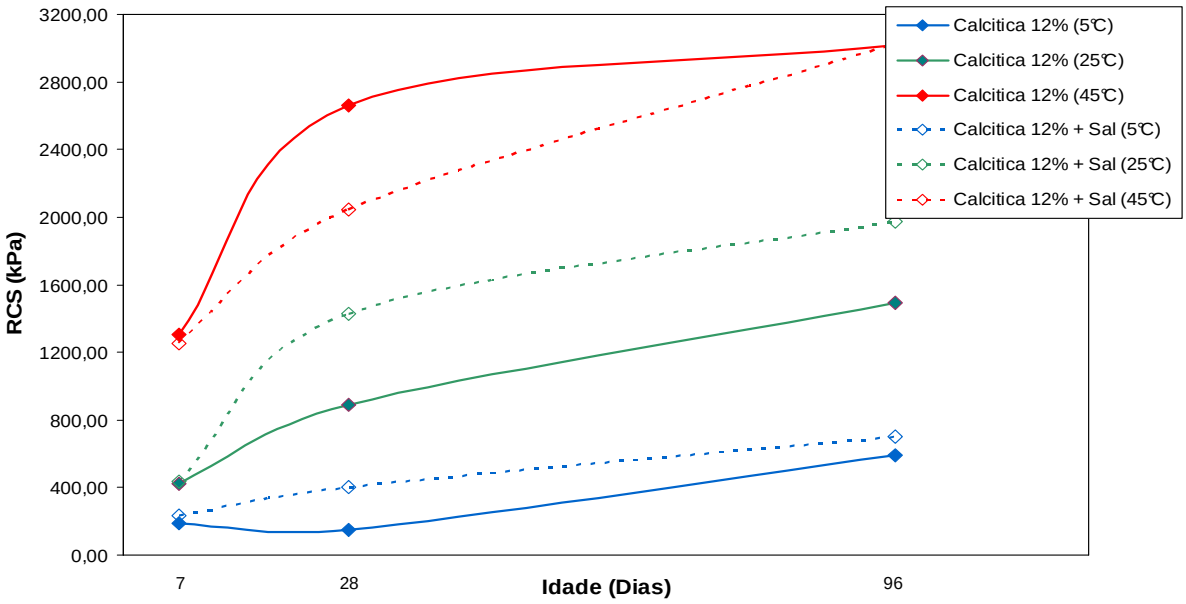

Figura 28: Gráfico RCS x Idade com teor de cal calcítica de 12%

A figura 28 mostra a variação da resistência ao longo do tempo da mistura do solo com a cal calcítica correspondendo a um teor de 12%. Como nos outros casos, a RCS se comportou da mesma maneira, as temperaturas maiores correspondem a maiores resistências e as temperaturas mais baixas, menores resistências. A adição do aditivo também teve bons efeitos se tratando de temperaturas menores, porém, para as temperaturas mais altas este efeito é negativo.

As figuras 29 e 30 representam os gráficos 3D das amostras moldadas com teor de 12% de cal calcítica sem aditivo, e com aditivo, respectivamente.

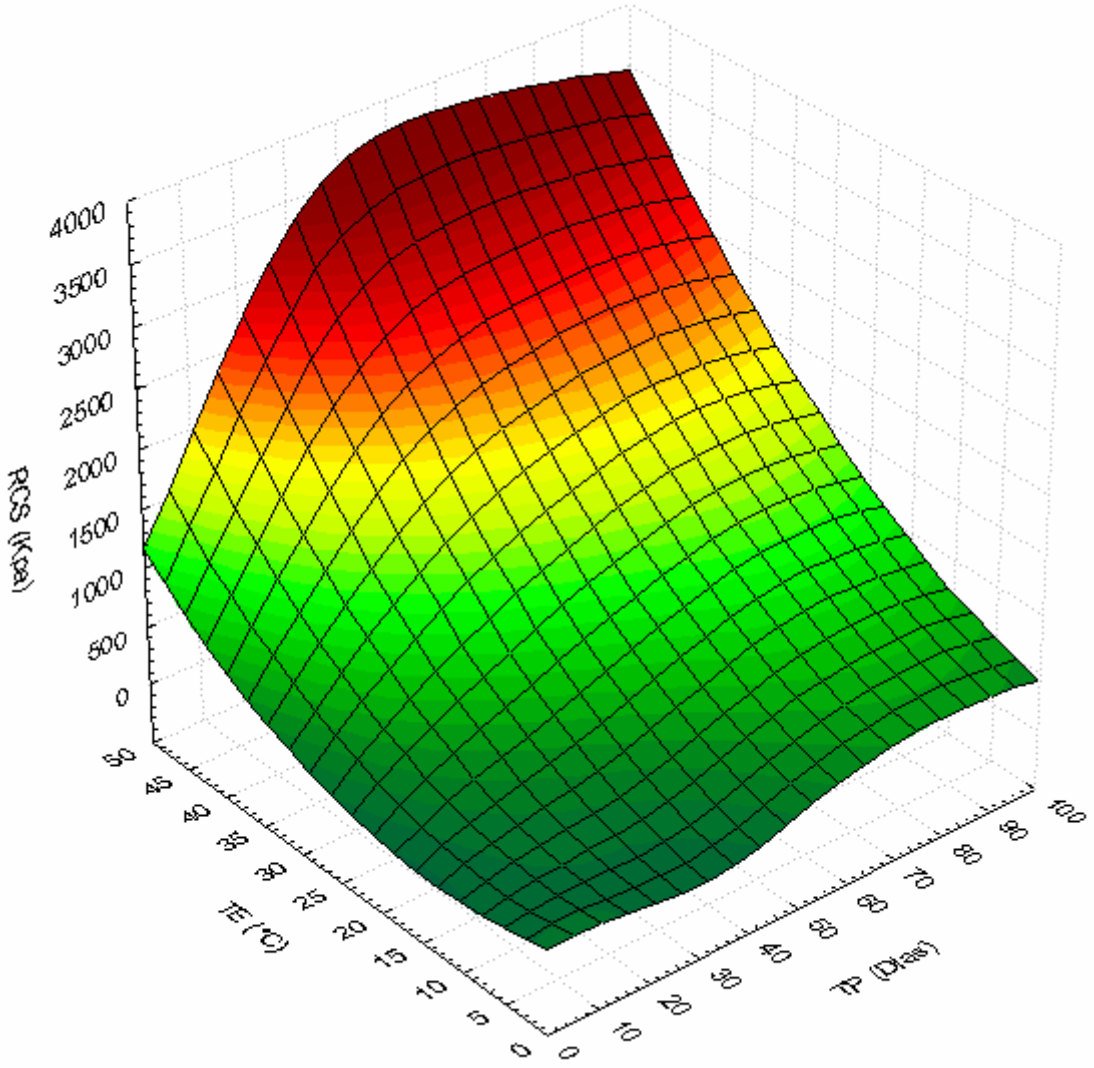

Figura 29: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 12% sem o uso de aditivo

No gráfico apresentado anteriormente é evidente que quanto maior o tempo de cura e a temperatura de cura, maior será a resistência alcançada. Fato interessante que é possível notar no gráfico é de que a mistura, quando curada em temperaturas perto do zero grau Celsius (0°C) não apresenta um ganho de RCS ao longo do tempo significativa, e de que a resistência de pico é alcançada entre os cinquenta e sessenta dias de cura.

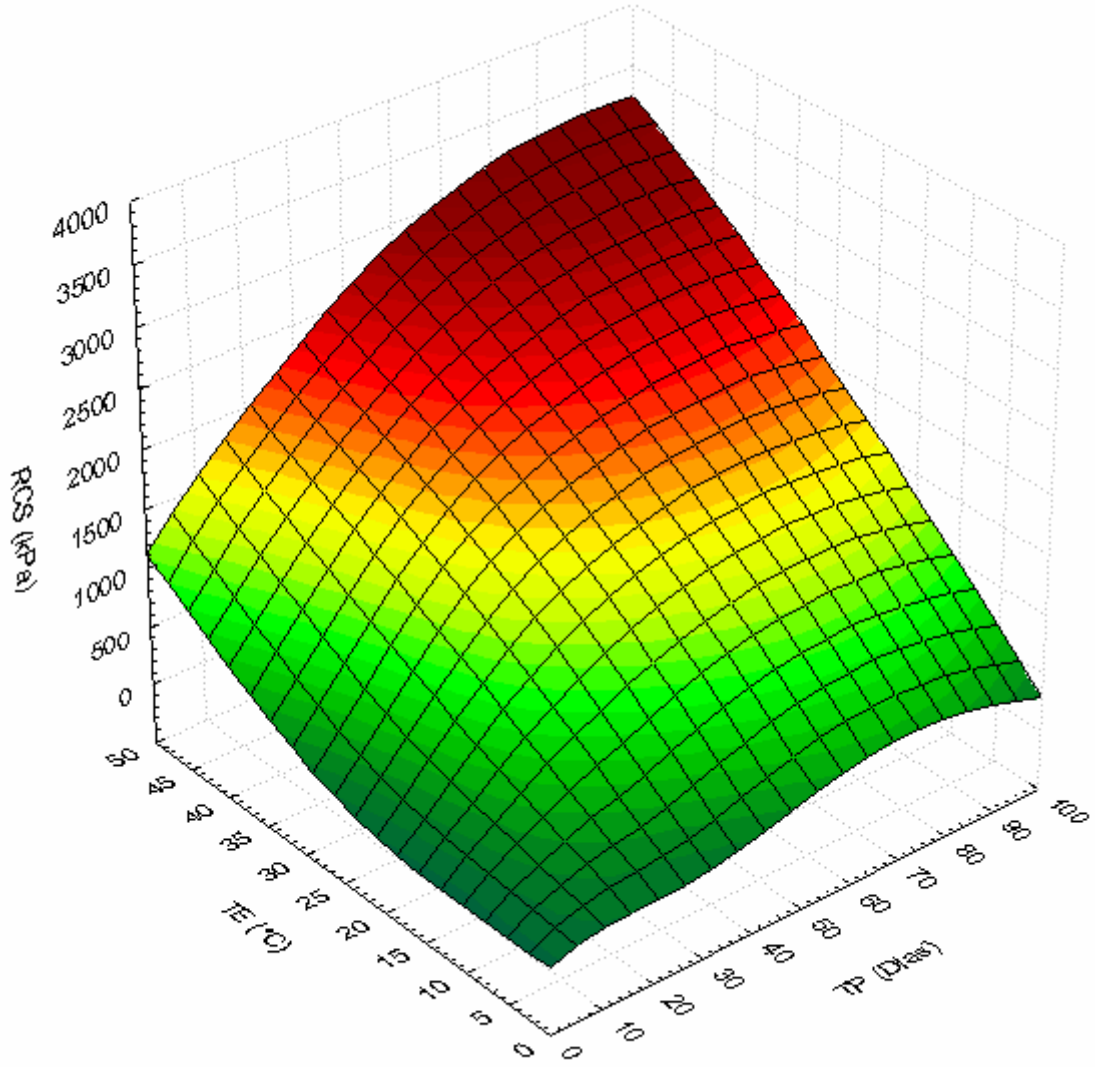

Figura 30: Gráfico 3D das amostras com teor de cal calcítica de 12% com o uso de aditivo

Se o gráfico apresentado anteriormente for comparado com o da figura 29, onde mostra o comportamento da RCS da mistura com teor de 12% de cal calcítica sem o uso de aditivo, nota-se que as resistências alcançadas com o uso de aditivo são menores nas temperaturas de cura mais elevadas em relação às resistências alcançadas nas mesmas condições para misturas sem aditivo, porém para temperaturas de cura menores, a RCS cresce quando utilizado o aditivo. Ainda na figura 29 pode-se notar que as misturas curadas em temperaturas próximas ao zero grau Celsius (0°C) não obtiveram ganho significativo de resistência ao longo do tempo, fato este que também nota-se na figura 30.

4.2.1 Modelo não-codificado

O modelo estatístico, assim como suas características, feito para a cal calcítica não-codificada está representado na tabela 9:

Tabela 9: Características do modelo estatístico para cal calcítica não-codificada

Modelo definido para a cal calcítica não-codificada	RCS = 687,32 **+ 6,55*TRxTE - 0,24*TPxTP - 51,86*TE + 1,51*TRxTP + 14,40*TP - 104,40*TR + 0,18*TPxTE + 0,29*TExTE - 3,36*TExAD** + 7,42*TRxAD + 25,53*AD + 0,30*TPxAD
Erro Padrão (kPa)	241,09
Confiabilidade (R^2)	0,92
Confiabilidade Ajustada (R^2)	0,91

Onde:

RCS - Resistência à compressão simples (kPa)

TR - Teor de cal (%)

TP – Tempo de cura (Dias)

TE – Temperatura de cura (°C)

AD – Adição de aditivo (%)

Nota-se que na tabela 9 a variável de maior importância é a combinação do teor de cal e da temperatura de cura (TRxTE). Quanto maior a temperatura de cura e maior o teor de cal, maior será a RCS, na figura 31 está representado o grau de influência de cada uma das variáveis.

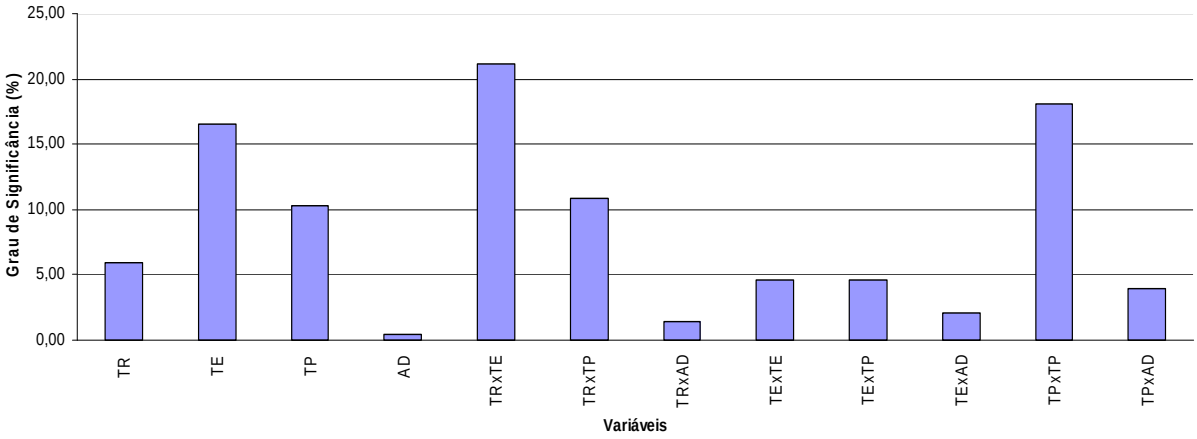

Figura 31: Grau de influência de cada variável no modelo de cal calcítica não-codificada

A figura 32 representa o gráfico gerado pelo software mostrando a linha de tendência da variável dependente RCS em relação aos valores observados em laboratórios e previstos pelo modelo.

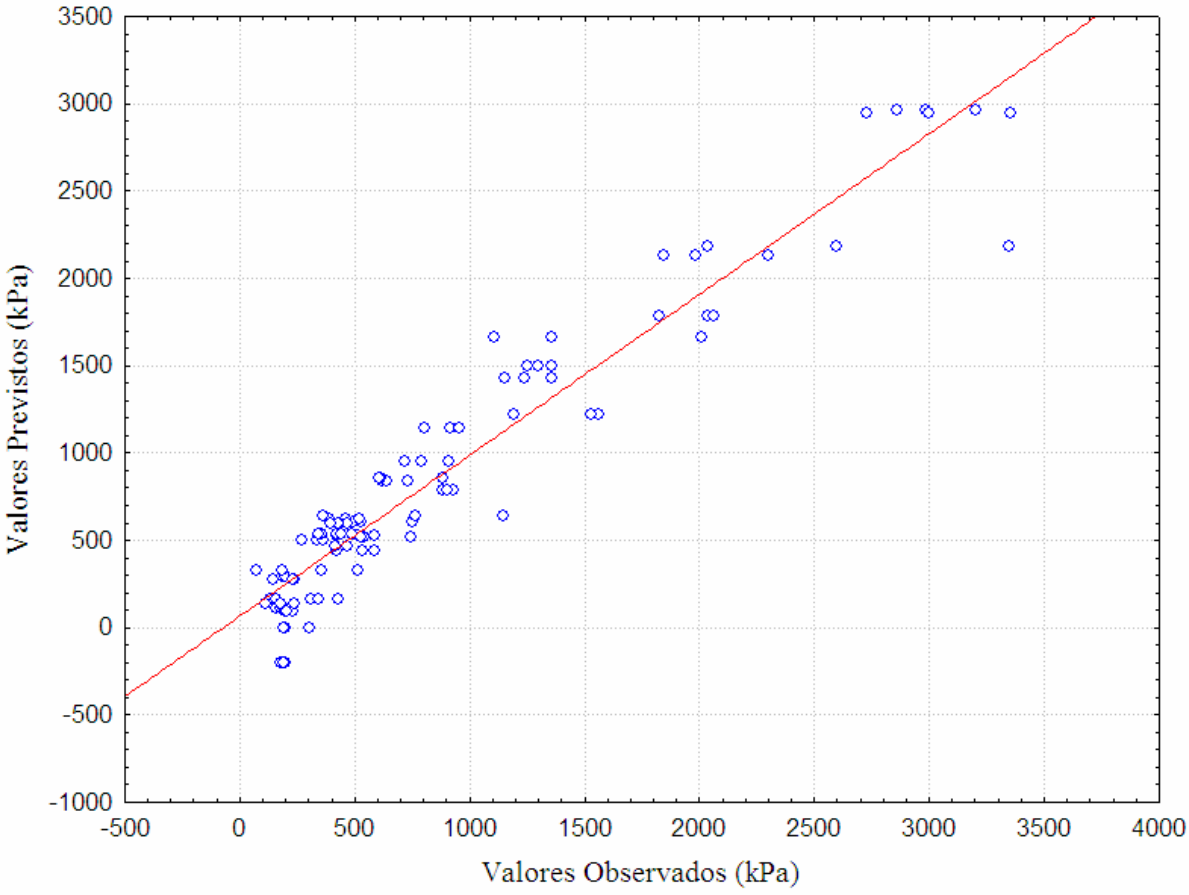

Figura 32: Gráfico dos valores previsto x observados dos CP's moldados com cal calcítica

Assim como o gráfico dos CP's moldados com a cal dolomítica, os moldados com cal calcítica apresentaram uma boa aproximação com a linha de tendência, dando um maior grau de confiabilidade para o modelo matemático.

4.2.2 Modelo codificado

A mesma escala utilizada para fazer a regressão múltipla do modelo estatístico da cal dolomítica será utilizada para fazer o modelo da cal calcítica, que varia de -1 a 1. A equação encontrada para o modelo está descrita na tabela 10:

Tabela 10: Características do modelo estatístico para cal calcítica codificada

Modelo definido para a cal calcítica codificada	RCS = 126,82 **+ 6,30*TRxTE - 0,24*TPxTP - 741,40*AD - 738,58*TExAD + 1,79*TRxTP - 331,91*TRxAD + 0,20*TPxTE** + 431,98*TP - 144,84*TE 121,25*TPxAD + 44,73*TR + + 0,03*TExTE
Erro Padrão (kPa)	391,24
Confiabilidade (R^2)	0,79
Confiabilidade Ajustada (R^2)	0,77

Onde:

RCS - Resistência à compressão simples (kPa)

TR - Teor de cal (%)

TP – Tempo de cura (Dias)

TE – Temperatura de cura (°C)

AD – Adição de aditivo (%)

No modelo estatístico para a cal calcítica codificada, novamente a combinação do teor de cal com a temperatura de cura (TRxTE) tiveram uma maior significância. Na figura 33 está representado a influência das variáveis neste modelo matemático.

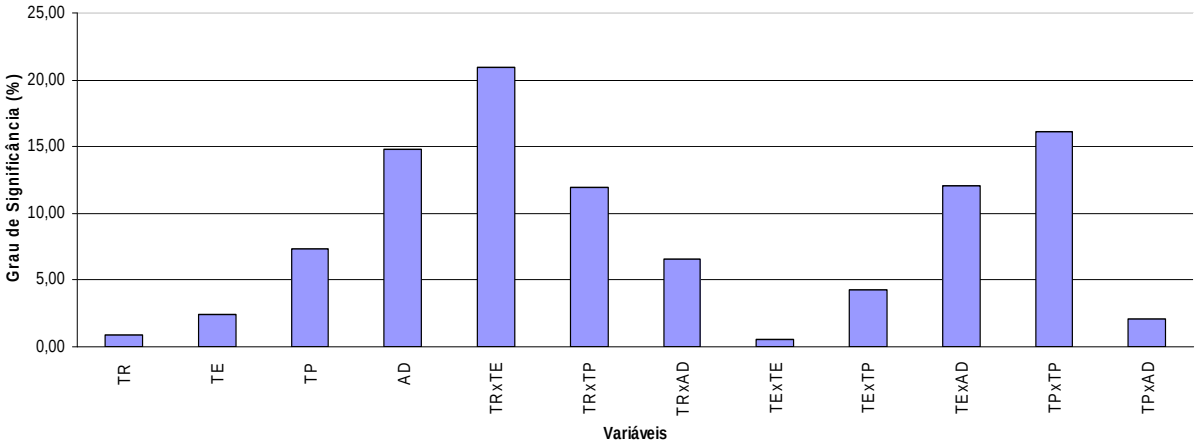

Figura 33: Grau de influência de cada variável no modelo de cal calcítica codificada

4.3 Análise global

Na tabela 11 está apresentado uma análise global de todos os modelos matemáticos criados a partir dos resultados dos CP's de solo-cal, nela consta qual foi a variável mais significativa nesta mistura.

Tabela 11: Análise global da variável mais influente na mistura solo-cal

Modelo Estatístico	Variáveis mais significativas
Cal dolomítica codificada	TR, TE, TRxTE, TP, TRxTP, TExTE, TPxTP, TExAD
Cal calcítica codificada	TR x TE, TPxTP, AD, TExAD, TRxTP,TP, TRxAD, TPxTE

Com a análise global, é possível chegar a uma conclusão envolvendo todos os modelos criados a partir dos dados levantados através da regressão múltipla, pelo software *Statistica*. O intuito é identificar qual a variável teve maior significância. Apenas os modelos estatísticos codificados foram analisados pelo motivo de que todos possuem a mesma escala, sendo possível a análise de significância.

Nota-se que em todos os casos a variável teor de cal está presente, dando a ela o grau de maior importância na estabilização de solos com cal, neste sentido significa que para alcançar maiores resistências deve-se optar pela utilização de maiores teores da mesma. Porém, ressalta-se que a variável temperatura também teve grande importância, até no modelo da cal dolomítica codificada, que segundo a tabela não foi a mais importante, porém analisando o modelo nota-se que foi a segunda mais importante, sendo assim a conclusão é de

que fazer obras que irão utilizar o solo-cal para estabilização, deve ser feito preferencialmente no verão, onde as temperaturas são mais altas e o resultado será mais satisfatório.

Através da regressão múltipla, conclui-se que o aditivo não teve alta significância nos resultados. Ele ganha alguma significância quando relacionado com a temperatura, pois anteriormente, com a análise dos gráficos, pode se notar também a influência positiva do aditivo quando relacionado com temperaturas menores, porém, para temperaturas maiores, o efeito é negativo. Então o aditivo funciona como acelerador quando for utilizado para misturas que irão curar em temperaturas mais baixas, porém quando a mistura for curada em temperaturas maiores, o seu uso não é indicado.

Com relação as duas cales utilizadas na mistura, a que teve uma maior influência positiva nos resultados de RCS foi a calcítica, fato que pode ser notado tanto nos gráficos de dois eixos como também nos que foram utilizados três eixos.

A variável tempo também obteve grande significância no resultado final de RCS, pode-se dizer que ao longo do tempo a mistura solo-cal vai aumento a resistência, há um grande ganho nos primeiros 28 dias, após isso ela continua crescendo, porém não com a mesma intensidade.

A norma NRB 12253 (1992), prescreve que para solos estabilizados com cimento, a resistência mínima alcançada para ser empregado como camada de pavimento é de 2,1 MPa, aos sete dias de cura. Considerando esta norma, apenas as misturas utilizando teores de 12% de cal calcítica, com ou sem aditivo, e 12% de cal dolomítica curadas a temperatura de 45 °C poderiam ser adotadas como camada de pavimento.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões

De acordo com os objetivos que foram traçados para este estudo, que foi de analisar o comportamento mecânico da mistura solo-cal quando for adicionado um acelerador a ela, estudar os efeitos que causam na resistência, quando a mistura solo-cal for curada a temperaturas mais elevadas e mais baixas, observar o desempenho da mistura solo-cal quando utilizados tempos de cura diferentes e concluir qual das variáveis é a mais significativa para alcançar maiores resistências, a seguir será apresentado as conclusões.

Um dos objetivos traçados para a pesquisa foi de analisar o comportamento de um aditivo, que para o estudo foi utilizado o sal, na mistura solo-cal. Como conclusão após observar os gráficos de dois e três eixos e também os modelos matemáticos feitos para cada uma das cales em estudo, pode-se notar que o aditivo é considerado acelerador apenas para misturas que forem curadas a temperaturas mais baixas, pois quando a mistura é curada em temperaturas elevadas, o aditivo retarda as reações químicas, não permitindo alcançar resistências tão altas quando comparado à mesma mistura sem o aditivo.

Em relação ao objetivo traçado de concluir como se comporta a mistura solo-cal quando a mesma for curada a temperaturas mais baixas e mais altas, pode-se concluir que a variável temperatura de cura tem grande influência no resultado final. Pode-se dizer que quanto maior a temperatura, mais satisfatório será o resultado alcançado de resistência, em contrapartida, quanto menor for a temperatura de cura, menor será a resistência alcançada.

Outro objetivo do estudo foi de analisar qual o efeito que causa o tempo de cura na mistura solo-cal. Após a análise de todos os gráficos e também dos modelos matemáticos feitos, consegue-se concluir que o tempo é uma variável muito importante, nos primeiros dias há um ganho de resistência bastante significativo, ela continua crescendo ao longo do tempo, porém, não com a mesma intensidade.

Como um dos objetivos traçados para a pesquisa foi de encontrar qual das variáveis é a mais importante quando se deseja alcançar maiores resistências, foi feita a análise de cada

variável separadamente e combinadas umas com as outras. Como conclusão tem-se que o teor de cal combinado com a temperatura de cura é a variável mais significativa no resultado final de RCS.

Analisando os resultados obtidos no estudo, devem-se observar os seguintes fatos:

- A melhor estação do ano para realizar uma obra com solo-cal é o verão;

- O uso do aditivo só é interessante quando a obra for feita em alguma localidade ou estação do ano onde as temperaturas não ultrapassem os 25°C;

- Quanto maior o tempo de cura, maior será a RCS alcançada, porém, fato que pode se notar é de que a partir dos 30 dias a intensidade com que a RCS aumenta é menor em relação aos primeiros dias;

- Se possível, deve-se usar a cal calcítica na mistura solo-cal, pelo fato de que resultou em melhores resultados de RCS comparado com a mistura utilizando a cal dolomítica.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

- Estudar a RCS de CP's com outras energias de compactação;

- Fazer o estudo da influência de outros aglomerantes, como o cimento Portland CP-V ARI.

- Analisar o comportamento da mistura com teores de aditivos diferentes;

- Fazer o estudo na prática, de qual a temperatura que a base de um pavimento alcança nas diferentes estações do ano na região de Ijuí-RS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Solo-cimento: Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos: NBR 12024.** Rio de Janeiro, 1992, 5 p.

_____. **Solo-cimento: Ensaio de compressão simples de corpos-de-prova cilíndricos: NBR 12025.** Rio de Janeiro, 1990, 2 p.

_____. **Cal Hidratada para argamassas – Requisitos: NBR 7175**. Rio de Janeiro, 2003. 4 p.

_____. **Solo-cimento - Dosagem para emprego como camada de pavimento: NBR 12253**. Rio de Janeiro, 1992. 4 p.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 5.ed.revisada. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2008. 488 p.

BONAFÉ, Leandro. **Estudo da resistência de um solo residual de basalto estabilizado e reforçado.** 2004. 101 p. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Civil. Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2004.

CAPPER, P. L. and CASSIE, W. F. **The Mechanics of Engineering Soils.** London, E. & F. N. Spon LTD, 1970. Tradução de João Luís da Providência Vilas Boas e Costa.

CAPUTO, Homero Pinto **Mecânica dos solos e suas aplicações:** Mecânica das Rochas – Fundações – Obras de Terra. 6 ed. rev. e at. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1988. 498 p.

CRISTELO, Nuno Miguel Cordeiro. **Estabilização de solos residuais graníticos através da adição de cal**. Cabo Verde, 2001. Dissertação de mestrado, Universidade do Minho Escola de Engenharia.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. Tradução 6ª edição norte-americana, São Paulo: Thomson, 2007. 561 p.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS E RODAGEM. **Manual de Pavimentação**, Rio de Janeiro, 1996. 320 p.

DNIT - Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Manual de Pavimentação.** 3º ed. Rio de Janeiro, 2006. 274 p.

GUIMARÃES, José Epitácio Passos **A Cal:** Fundamentos e Aplicações na Engenharia Civil. São Paulo: Ed. Pini Ltda. 1998. 285 p.

INGLES, O. G. and METCALF, J. B. **Soil Stabilization:** Principles and Practice. Sydney – Melbourne – Brisbane: Butterworths, 1972. 374 p.

MEDINA, Jacques de. **Mecânica dos pavimentos**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1997. 380 p.

NOVROTH, Ricardo Klein. **Estudo da viabilidade técnica e econômica de diferentes aglomerantes para estabilização de solos.** 2009. 55 p. Trabalho de conclusão de curso. Engenharia Civil. Universidade regional do noroeste do estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2009.

PINTO, C. S. **Curso básico de Mecânica dos Solos em 16 aulas.** São Paulo: Oficina de Textos. 2000. 247 p.

SENÇO, Wlastermir de; **Manual de Técnicas de Pavimentação**. Volume 2. São Paulo: Ed. Pini, 671p., 2001.

SOUZA JÚNIOR, Dilermano Salvador de. **Estudo do comportamento de escórias de alto-forno a carvão vegetal produzidas a partir de ativação à quente**. Belo Horizonte, 2007. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, 127 p.

SPECHT, Luciano P. **Comportamento de misturas solo-cimento-fibra submetidas a carregamentos estáticos e dinâmicos visando a pavimentação**. Porto Alegre, 2000. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 151 p.

VAN IMPE, W. F. **Soil Improvement:** Techniques and their Evolution. Rotterdam: A. A. Balkema Publishers. 1989. 125 p.

VARGAS, M. **Introdução à Mecânica dos Solos.** São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil Ltda. 1978. 509 p.

VENDRUSCOLO, M. A. **Estudo do comportamento de materiais compósitos fibrosos para aplicação como reforço de base de fundações superficiais**. Porto Alegre, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 224p.

ANEXO I
Planilha com as características dos CP’s

Aglomerante	TR(%)	AD(%)	TP(Dias)	TE (℃)	CP	Massa	P.úmido	P.seco	Umidade	γnlab	γdlab	G.C.	ø(mm)
Dolomitica	6	-	96	25	1	364,93	10,35	9,85	31,45%	1858,57	1413,94	101,50%	51,825
					2	366,13	9,34	9,00	32,08%	1864,68	1411,83	101,35%	51,575
					3	366,11	10,01	9,50	32,28%	1864,58	1409,59	101,19%	51,950
					4	365,13	12,66	11,66	30,96%	1859,59	1419,97	101,94%	51,600
				5	5	366,12	9,90	9,40	32,89%	1864,63	1403,09	100,72%	51,625
					6	365,31	11,13	10,41	30,00%	1860,50	1431,16	102,74%	51,525
					7	365,73	12,11	11,15	33,68%	1862,64	1393,32	100,02%	51,375
					8	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
				45	9	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					10	361,27	13,25	12,22	28,93%	1839,93	1427,05	102,44%	52,200
					11	362,78	13,09	12,09	28,41%	1847,62	1438,85	103,29%	52,200
					12	360,32	13,71	12,50	29,23%	1835,09	1420,05	101,94%	51,675
Dolomitica	6	Sal	28	25	13	364,84	9,39	9,01	35,85%	1858,11	1367,78	98,19%	52,100
					14	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					15	364,81	11,04	10,35	35,20%	1857,96	1374,19	98,65%	51,770
					16	365,13	11,40	10,64	31,80%	1859,59	1410,93	101,29%	51,230
				5	17	364,97	12,28	11,38	32,97%	1858,77	1397,92	100,35%	51,600
					18	364,19	11,82	10,87	32,42%	1854,80	1400,66	100,55%	51,770
					19	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					20	365,30	12,67	11,51	32,04%	1860,45	1408,96	101,15%	52,000
				45	21	364,84	10,91	10,35	32,00%	1858,11	1407,66	101,05%	51,800
					22	364,74	12,86	11,81	32,71%	1857,60	1399,74	100,48%	52,250
					23	364,38	11,23	10,56	32,52%	1855,77	1400,32	100,53%	52,030
					24	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
Dolomitica	6	Sal	96	25	25	364,27	9,94	9,52	29,58%	1855,21	1431,74	102,78%	51,900
					26	366,27	12,24	11,53	22,76%	1865,39	1519,59	109,09%	52,360
					27	365,71	11,51	10,65	31,62%	1862,54	1415,12	101,59%	51,950
					28	364,88	12,02	11,20	31,66%	1858,31	1411,45	101,32%	51,900
				5	29	364,59	9,75	9,39	31,58%	1856,84	1411,20	101,31%	51,400
					30	364,77	11,62	10,93	30,67%	1857,75	1421,75	102,06%	51,575
					31	366,42	12,99	11,90	31,50%	1866,16	1419,10	101,87%	52,000
					32	364,97	13,48	12,11	32,46%	1858,77	1403,22	100,73%	51,825
				45	33	363,96	11,40	10,58	31,66%	1853,63	1407,89	101,07%	51,250
					34	365,41	12,37	11,42	32,65%	1861,01	1402,99	100,72%	51,700
					35	364,72	13,02	11,78	32,29%	1857,50	1404,09	100,80%	51,300
					36	365,77	12,32	11,40	33,58%	1862,85	1394,59	100,11%	51,325
Dolomitica	12	-	96	25	37	362,50	9,15	8,89	32,10%	1846,19	1397,59	100,33%	52,700
					38	362,52	9,91	9,49	33,60%	1846,29	1381,96	99,21%	52,250
					39	357,27	9,20	8,89	32,29%	1819,56	1375,41	98,74%	51,975
					40	354,69	12,06	11,30	31,80%	1806,42	1370,58	98,39%	51,825
				45	41	362,40	11,88	11,13	29,88%	1845,68	1421,06	102,01%	52,450
					42	361,77	10,00	9,64	29,75%	1842,48	1420,00	101,94%	52,425
					43	354,40	13,58	12,31	33,51%	1804,94	1351,92	97,05%	51,950
					44	362,22	13,74	12,47	33,33%	1844,77	1383,58	99,32%	52,000
				5	45	362,28	10,44	9,80	33,33%	1845,07	1383,80	99,34%	51,900
					46	362,42	11,91	11,08	33,60%	1845,79	1381,54	99,18%	52,025
					47	362,24	10,76	10,11	30,81%	1844,87	1410,39	101,25%	52,000
					48	362,10	16,01	14,10	32,99%	1844,16	1386,71	99,55%	52,125
Dolomitica	12	Sal	96	25	49	361,35	10,67	10,05	31,47%	1840,34	1399,79	100,49%	52,550
					50	361,35	10,32	9,84	30,38%	1840,34	1411,52	101,33%	51,500
					51	363,20	8,88	8,65	32,39%	1849,76	1397,16	100,30%	52,500
					52	362,51	10,52	9,82	35,90%	1846,24	1358,56	97,53%	52,175
				45	53	360,51	11,35	10,67	32,85%	1836,06	1382,05	99,21%	52,650
					54	362,32	11,97	11,00	31,29%	1845,28	1405,49	100,90%	52,250
					55	363,18	9,99	9,52	30,32%	1849,66	1419,29	101,89%	52,200
					56	362,30	12,84	11,86	30,91%	1845,17	1409,45	101,18%	51,875
				5	57	361,88	10,29	9,82	31,13%	1843,04	1405,55	100,90%	52,250
					58	361,72	10,28	9,88	30,08%	1842,22	1416,27	101,67%	51,825
					59	361,72	11,02	10,48	29,19%	1842,22	1425,99	102,37%	52,375
					60	361,51	11,79	11,00	30,98%	1841,15	1405,67	100,91%	52,700
Calcitica	12	-	96	25	61	359,90	12,29	11,43	29,05%	1832,95	1420,30	101,96%	51,950
					62	361,63	12,91	11,76	30,26%	1841,76	1413,88	101,50%	51,950
					63	358,24	12,56	11,62	30,52%	1824,50	1397,87	100,35%	52,325
					64	358,88	16,50	14,55	30,19%	1827,76	1403,96	100,79%	51,875
				5	65	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					66	359,07	11,50	10,70	29,41%	1828,72	1413,11	101,44%	51,775
					67	358,68	14,34	13,07	28,60%	1826,74	1420,44	101,97%	52,025
					68	353,78	15,41	13,77	32,22%	1801,78	1362,72	97,83%	52,325
				45	69	361,90	14,94	13,46	28,52%	1843,14	1434,17	102,96%	52,125
					70	353,52	12,05	11,20	26,15%	1800,46	1427,19	102,45%	52,000
					71	361,00	11,78	10,97	26,91%	1838,55	1448,70	104,00%	52,625
					72	362,53	10,39	9,97	26,09%	1846,35	1464,34	105,12%	52,425

Aglomerante	TR(%)	AD(%)	TP(Dias)	TE (℃)	CP	milivolt	Força (kgf)	Área (m²)	Tensão (kPa)	Média (kPa)	Média_corrigida(kPa)
Dolomitica	6	-	96	25	1	1,200	24,448	0,002	115,896	123,723	134,573
					2	0,960	19,047	0,002	91,173		
					3	1,460	30,298	0,002	142,939		
					4	1,460	30,298	0,002	144,885		
				5	5	1,230	25,123	0,002	120,020	92,046	122,729
					6	1,270	26,023	0,002	124,803		
					7	1,250	25,573	0,002	123,362		
					8	0,000	0,000	0,000	0,000		
				45	9	0,000	0,000	0,000	0,000	196,967	196,967
					10	1,860	39,298	0,002	183,629		
					11	1,960	41,548	0,002	194,144		
					12	2,100	44,698	0,002	213,129		
Dolomitica	6	Sal	28	25	13	0,670	12,522	0,002	58,737	53,533	53,533
					14	0,000	0,000	0,000	0,000		
					15	0,590	10,722	0,002	50,936		
					16	0,580	10,497	0,002	50,924		
				5	17	0,820	15,897	0,002	76,021	60,578	80,770
					18	0,840	16,347	0,002	77,660		
					19	0,000	0,000	0,000	0,000		
					20	0,950	18,822	0,002	88,629		
				45	21	1,840	38,848	0,002	184,341	114,335	175,782
					22	1,530	31,873	0,002	148,648		
					23	1,950	41,323	0,002	194,356		
					24	0,000	0,000	0,000	0,000		
Dolomitica	6	Sal	96	25	25	1,470	30,523	0,002	144,278	133,838	138,166
					26	1,270	26,023	0,002	120,854		
					27	1,360	28,048	0,002	132,324		
					28	1,410	29,173	0,002	137,897		
				5	29	1,460	30,298	0,002	146,014	121,712	131,327
					30	1,310	26,923	0,002	128,870		
					31	0,990	19,722	0,002	92,867		
					32	1,230	25,123	0,002	119,096		
				45	33	1,400	28,948	0,002	140,326	142,347	150,977
					34	1,200	24,448	0,002	116,457		
					35	1,490	30,973	0,002	149,850		
					36	1,610	33,673	0,002	162,755		
Dolomitica	12	-	96	25	37	7,310	161,929	0,002	742,357	665,330	684,345
					38	5,910	130,427	0,002	608,283		
					39	6,280	138,753	0,002	653,977		
					40	6,270	138,528	0,002	656,701		
				45	41	19,450	435,091	0,002	2013,720	1799,723	1965,933
					42	18,310	409,440	0,002	1896,807		
					43	12,370	275,784	0,002	1301,091		
					44	18,870	422,040	0,002	1987,272		
				5	45	4,700	103,201	0,002	487,820	465,188	465,188
					46	4,220	92,401	0,002	434,671		
					47	3,920	85,650	0,002	403,304		
					48	4,600	100,951	0,002	473,073		
Dolomitica	12	Sal	96	25	49	10,130	225,382	0,002	1039,161	1067,230	1102,258
					50	9,730	216,381	0,002	1038,760		
					51	9,370	208,281	0,002	962,145		
					52	11,790	262,733	0,002	1228,854		
				45	53	13,230	295,135	0,002	1355,606	1747,950	1878,731
					54	19,890	444,991	0,002	2075,339		
					55	20,730	463,892	0,002	2167,635		
					56	13,200	294,460	0,002	1393,220		
				5	57	6,630	146,628	0,002	683,840	568,205	653,196
					58	5,840	128,852	0,002	610,834		
					59	6,480	143,253	0,002	664,914		
					60	3,150	68,325	0,002	313,232		
Calcitica	12	-	96	25	61	19,030	425,640	0,002	2008,084	1342,297	1491,759
					62	12,890	287,484	0,002	1356,292		
					63	10,730	238,882	0,002	1110,901		
					64	8,510	188,930	0,002	893,912		
				5	65	0,000	0,000	0,000	0,000	592,041	592,041
					66	7,140	158,104	0,002	750,951		
					67	4,800	105,451	0,002	496,064		
					68	5,170	113,777	0,002	529,108		
				45	69	27,230	610,149	0,002	2859,260	2911,087	3015,682
					70	28,300	634,225	0,002	2986,390		
					71	31,060	696,327	0,002	3201,396		
					72	25,030	560,646	0,002	2597,301		

Dolomitica	12	-	28	25	73	362,24	10,48	9,96	32,10%	1844,87	1396,58	100,26%	52,390
					74	363,38	13,18	11,94	32,12%	1850,67	1400,71	100,55%	51,750
					75	356,67	10,92	10,47	27,27%	1816,50	1427,25	102,46%	51,950
					76	362,60	11,60	10,73	32,34%	1846,70	1395,40	100,17%	52,350
				5	77	361,57	10,78	10,22	30,77%	1841,46	1408,17	101,09%	52,050
					78	363,17	13,28	12,08	32,79%	1849,61	1392,91	99,99%	52,280
					79	361,41	14,08	12,73	32,07%	1840,64	1393,72	100,05%	51,830
					80	361,42	11,95	10,99	30,19%	1840,69	1413,87	101,50%	51,800
				45	81	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					82	362,47	10,83	10,19	34,41%	1846,04	1373,45	98,60%	52,200
					83	360,20	11,22	10,42	29,74%	1834,48	1413,97	101,51%	52,230
					84	362,12	29,83	27,03	32,44%	1844,26	1392,47	99,96%	52,700
Dolomitica	12	Sal	28	25	85	361,03	10,73	10,16	30,98%	1838,71	1403,83	100,78%	52,030
					86	362,73	11,57	10,69	32,47%	1847,36	1394,53	100,11%	52,000
					87	362,34	11,23	10,51	31,58%	1845,38	1402,49	100,68%	52,400
					88	362,71	12,96	11,92	32,10%	1847,26	1398,40	100,39%	52,250
				45	89	361,61	10,52	9,88	32,82%	1841,66	1386,58	99,54%	52,030
					90	362,07	12,65	11,69	31,37%	1844,00	1403,64	100,76%	51,900
					91	363,54	11,60	10,70	34,09%	1851,49	1380,77	99,12%	52,350
					92	361,71	14,02	12,63	33,57%	1842,17	1379,13	99,00%	51,730
				5	93	361,48	11,00	10,36	33,16%	1841,00	1382,54	99,25%	52,550
					94	361,08	12,93	11,83	34,06%	1838,96	1371,79	98,48%	52,250
					95	363,49	11,71	10,78	32,18%	1851,24	1400,54	100,54%	52,350
					96	363,12	17,25	14,57	39,82%	1849,35	1322,65	94,95%	51,730
Calcitica	6	-	96	25	97	357,25	11,32	10,49	30,74%	1819,46	1391,65	99,90%	52,700
					98	361,02	14,64	13,13	31,86%	1838,66	1394,44	100,10%	52,150
					99	360,45	12,23	11,40	28,92%	1835,75	1423,95	102,22%	51,975
					100	359,97	13,10	11,99	30,58%	1833,31	1403,99	100,79%	51,925
				45	101	363,10	10,39	9,83	32,18%	1849,25	1399,00	100,43%	52,225
					102	362,15	13,95	12,43	34,47%	1844,41	1371,64	98,47%	52,060
					103	361,80	12,72	11,60	29,14%	1842,63	1426,84	102,43%	51,825
					104	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
				5	105	361,23	11,82	10,86	32,65%	1839,72	1386,87	99,56%	52,075
					106	360,25	13,87	12,61	30,29%	1834,73	1408,21	101,09%	52,625
					107	362,07	11,97	11,12	29,82%	1844,00	1420,38	101,97%	51,400
					108	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
Calcitica	6	Sal	96	25	109	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					110	362,84	13,89	12,45	34,62%	1847,92	1372,74	98,55%	51,900
					111	360,24	13,82	12,58	30,54%	1834,68	1405,44	100,89%	52,275
					112	363,04	17,43	15,16	32,20%	1848,94	1398,61	100,40%	52,320
				45	113	360,06	13,94	12,48	32,09%	1833,77	1388,29	99,66%	52,300
					114	362,58	15,48	13,76	32,39%	1846,60	1394,80	100,13%	52,225
					115	360,31	12,18	11,12	31,64%	1835,04	1393,96	100,07%	52,025
					116	360,31	16,52	14,58	31,60%	1835,04	1394,45	100,10%	52,625
				5	117	361,77	12,21	11,18	31,31%	1842,48	1403,18	100,73%	52,250
					118	360,94	14,35	12,94	32,49%	1838,25	1387,48	99,60%	51,950
					119	363,04	15,87	14,02	32,63%	1848,94	1394,08	100,08%	52,225
					120	362,90	14,62	12,99	32,21%	1848,23	1397,91	100,35%	52,425
Calcitica	12	Sal	96	25	121	362,14	16,05	14,44	28,10%	1844,36	1439,81	103,36%	52,175
					122	360,31	13,40	12,18	27,92%	1835,04	1434,55	102,98%	51,575
					123	357,52	14,84	13,26	32,18%	1820,83	1377,55	98,89%	51,475
					124	358,90	17,49	15,50	28,35%	1827,86	1424,15	102,24%	51,875
				45	125	358,56	13,72	12,41	28,29%	1826,13	1423,40	102,18%	52,450
					126	359,70	14,99	13,49	28,85%	1831,93	1421,80	102,07%	51,800
					127	360,75	17,00	15,04	30,06%	1837,28	1412,63	101,41%	51,625
					128	360,54	22,73	19,55	29,69%	1836,21	1415,83	101,64%	51,500
				5	129	356,35	15,53	13,78	30,07%	1814,87	1395,32	100,17%	51,725
					130	361,18	15,33	13,66	30,14%	1839,47	1413,41	101,46%	52,000
					131	362,13	16,81	14,63	32,34%	1844,31	1393,57	100,04%	51,625
					132	362,16	17,71	15,60	29,51%	1844,46	1424,18	102,24%	52,325
Dolomitica	6	-	28	25	133	361,42	14,14	12,75	32,71%	1840,69	1387,05	99,57%	51,250
					134	357,63	13,26	12,01	33,78%	1821,39	1361,44	97,73%	51,075
					135	358,90	16,33	14,38	32,34%	1827,86	1381,20	99,15%	51,525
					136	360,51	15,49	13,87	31,27%	1836,06	1398,64	100,41%	51,300
				45	137	355,15	14,02	12,47	32,77%	1808,76	1362,33	97,80%	50,700
					138	361,62	14,13	12,77	31,92%	1841,71	1396,03	100,22%	52,150
					139	359,85	13,23	12,04	32,78%	1832,70	1380,23	99,08%	51,850
					140	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
				5	141	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					142	360,54	18,28	15,89	32,74%	1836,21	1383,32	99,30%	52,175
					143	350,30	15,41	13,80	32,14%	1784,06	1350,17	96,93%	51,350
					144	352,83	16,40	14,21	33,54%	1796,94	1345,65	96,60%	51,475

Dolomitica	12	-	28	25	73	5,700	125,702	0,002	583,117	564,729	592,103
					74	6,190	136,728	0,002	650,048		
					75	5,230	115,127	0,002	543,144		
					76	4,730	103,876	0,002	482,606		
				5	77	2,650	57,074	0,002	268,230	272,896	292,093
					78	3,120	67,650	0,002	315,140		
					79	2,860	61,799	0,002	292,908		
					80	2,130	45,374	0,002	215,304		
				45	81	0,000	0,000	0,000	0,000	1683,048	2244,064
					82	21,730	486,393	0,002	2272,775		
					83	21,530	481,893	0,002	2249,161		
					84	21,540	482,118	0,002	2210,254		
Dolomitica	12	Sal	28	25	85	7,490	165,979	0,002	780,648	888,627	924,620
					86	7,870	174,529	0,002	821,810		
					87	9,100	202,205	0,002	937,649		
					88	9,780	217,506	0,002	1014,400		
				45	89	16,530	369,388	0,002	1737,341	1669,039	1752,304
					90	19,320	432,166	0,002	2042,799		
					91	14,240	317,861	0,002	1476,772		
					92	13,370	298,285	0,002	1419,241		
				5	93	4,980	109,501	0,002	504,875	412,115	445,719
					94	3,080	66,749	0,002	311,304		
					95	4,320	94,651	0,002	439,745		
					96	3,780	82,500	0,002	392,536		
Calcitica	6	-	96	25	97	2,580	55,499	0,002	254,433	448,480	513,163
					98	5,180	114,002	0,002	533,719		
					99	4,070	89,025	0,002	419,600		
					100	5,630	124,127	0,002	586,170		
				45	101	8,780	195,005	0,002	910,331	606,662	808,882
					102	7,630	169,129	0,002	794,548		
					103	6,880	152,253	0,002	721,769		
					104	0,000	0,000	0,000	0,000		
				5	105	3,070	66,524	0,002	312,344	271,932	362,576
					106	3,430	74,625	0,002	343,091		
					107	4,100	89,700	0,002	432,293		
					108	0,000	0,000	0,000	0,000		
Calcitica	6	Sal	96	25	109	0,000	0,000	0,000	0,000	324,913	433,217
					110	4,520	99,151	0,002	468,675		
					111	4,080	89,250	0,002	415,846		
					112	4,080	89,250	0,002	415,131		
				45	113	6,020	132,902	0,002	618,642	649,142	663,826
					114	7,110	157,429	0,002	734,914		
					115	5,830	128,627	0,002	605,088		
					116	6,280	138,753	0,002	637,922		
				5	117	3,430	74,625	0,002	348,033	393,330	408,430
					118	4,960	109,051	0,002	514,482		
					119	3,490	75,975	0,002	354,669		
					120	3,530	76,875	0,002	356,138		
Calcitica	12	Sal	96	25	121	17,450	390,089	0,002	1824,520	1776,004	1974,922
					122	19,020	425,415	0,002	2036,315		
					123	11,020	245,407	0,002	1179,248		
					124	19,500	436,216	0,002	2063,932		
				45	125	26,300	589,223	0,002	2727,085	2695,794	3027,919
					126	16,030	358,137	0,002	1699,418		
					127	28,010	627,699	0,002	2998,760		
					128	31,200	699,478	0,002	3357,913		
				5	129	4,040	88,350	0,002	420,453	631,368	701,673
					130	5,900	130,202	0,002	613,087		
					131	8,350	185,330	0,002	885,391		
					132	5,910	130,427	0,002	606,541		
Dolomitica	6	-	28	25	133	2,000	42,448	0,002	205,771	184,565	190,693
					134	1,890	39,973	0,002	195,103		
					135	1,700	35,698	0,002	171,206		
					136	1,640	34,348	0,002	166,179		
				45	137	2,250	48,074	0,002	238,123	162,222	216,296
					138	1,720	36,148	0,002	169,234		
					139	2,380	50,999	0,002	241,531		
					140	0,000	0,000	0,000	0,000		
				5	141	0,000	0,000	0,000	0,000	112,366	149,822
					142	1,600	33,448	0,002	156,443		
					143	1,560	32,548	0,002	157,164		
					144	1,370	28,273	0,002	135,858		

Calcitica	6	-	28	25	145	348,13	13,45	12,23	32,19%	1773,01	1341,26	96,29%	51,900
					146	347,83	15,34	13,63	33,79%	1771,48	1324,03	95,05%	52,230
					147	360,13	15,97	13,97	32,21%	1834,12	1387,32	99,59%	52,250
					148	359,56	14,67	13,21	32,16%	1831,22	1385,62	99,47%	52,780
				45	149	354,50	13,95	13,37	12,45%	1805,45	1605,61	115,26%	52,250
					150	358,14	15,21	13,55	32,36%	1823,99	1378,06	98,93%	52,380
					151	356,52	11,40	10,66	27,21%	1815,74	1427,40	102,47%	51,880
					152	356,26	15,69	13,79	34,73%	1814,41	1346,65	96,67%	52,500
				5	153	347,53	13,64	12,49	31,25%	1769,95	1348,53	96,81%	52,230
					154	350,92	13,76	12,39	34,86%	1787,22	1325,24	95,14%	52,000
					155	360,25	15,21	13,54	31,93%	1834,73	1390,68	99,83%	51,930
					156	359,97	16,75	14,57	31,73%	1833,31	1391,69	99,91%	51,950
Calcitica	6	sal	28	25	157	359,31	15,48	13,74	32,77%	1829,95	1378,30	98,94%	52,180
					158	355,65	18,34	15,99	31,76%	1811,31	1374,74	98,69%	51,980
					159	353,65	14,64	12,99	31,55%	1801,12	1369,17	98,29%	51,930
					160	357,48	17,54	15,40	31,80%	1820,63	1381,38	99,17%	51,230
				5	161	359,34	17,59	15,37	31,49%	1830,10	1391,82	99,92%	51,950
					162	359,14	16,35	14,46	31,82%	1829,08	1387,58	99,61%	52,350
					163	356,90	16,64	14,39	33,63%	1817,67	1360,20	97,65%	52,080
					164	357,16	18,97	16,42	32,20%	1819,00	1375,97	98,78%	52,580
				45	165	360,00	16,22	14,40	32,50%	1833,46	1383,74	99,34%	52,430
					166	345,66	20,06	17,11	33,60%	1760,43	1317,69	94,59%	52,630
					167	354,98	19,77	16,92	33,41%	1807,89	1355,13	97,28%	52,150
					168	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
Calcitica	12	-	28	25	169	360,48	16,14	14,42	30,02%	1835,91	1412,05	101,37%	52,275
					170	355,79	16,43	14,41	30,33%	1812,02	1390,33	99,81%	52,200
					171	360,17	17,09	15,24	28,82%	1834,33	1423,99	102,22%	51,650
					172	358,71	14,50	13,19	27,46%	1826,89	1433,27	102,89%	52,375
				5	173	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					174	354,26	13,30	12,24	29,44%	1804,23	1393,82	100,06%	52,200
					175	340,81	13,59	12,38	30,71%	1735,73	1327,92	95,33%	52,100
					176	355,30	17,17	15,06	29,51%	1809,52	1397,20	100,30%	51,775
				45	177	354,86	14,64	13,26	29,24%	1807,28	1398,42	100,39%	52,138
					178	360,88	14,04	12,79	28,28%	1837,94	1432,75	102,85%	52,300
					179	363,03	12,63	11,71	29,11%	1848,89	1431,99	102,80%	51,875
					180	358,59	16,18	14,39	30,13%	1826,28	1403,38	100,74%	51,150
Calcitica	12	Sal	28	25	181	360,09	13,17	11,95	33,61%	1833,92	1372,60	98,54%	52,250
					182	362,60	14,13	12,53	33,26%	1846,70	1385,75	99,48%	52,225
					183	363,49	14,66	13,27	31,17%	1851,24	1411,37	101,32%	52,325
					184	357,29	23,18	19,55	33,15%	1819,66	1366,62	98,11%	51,900
				5	185	361,64	16,65	14,61	34,29%	1841,81	1371,56	98,46%	51,775
					186	356,64	17,13	14,96	32,73%	1816,35	1368,45	98,24%	51,875
					187	363,01	13,96	12,62	31,98%	1848,79	1400,80	100,56%	51,400
					188	363,19	20,01	17,20	32,19%	1849,71	1399,30	100,45%	51,700
				45	189	362,17	18,42	15,90	33,60%	1844,51	1380,62	99,11%	51,975
					190	362,56	21,06	17,94	33,05%	1846,50	1387,81	99,63%	52,000
					191	358,69	21,66	18,14	34,27%	1826,79	1360,49	97,67%	52,150
					192	363,53	19,91	16,94	32,42%	1851,44	1398,12	100,37%	51,963
Dolomitica	6	Sal	7	25	193	336,93	15,12	13,45	33,27%	1715,97	1287,62	92,43%	51,600
					194	339,00	18,42	15,91	33,87%	1726,51	1289,66	92,58%	52,190
					195	362,83	15,84	14,10	32,10%	1847,87	1398,81	100,42%	51,900
					196	363,20	20,95	17,76	33,83%	1849,76	1382,19	99,22%	52,030
				45	197	355,78	16,52	14,53	34,43%	1811,97	1347,90	96,76%	51,830
					198	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					199	360,59	18,52	15,90	34,47%	1836,47	1365,67	98,04%	52,330
					200	358,33	18,51	15,85	35,66%	1824,96	1345,27	96,57%	51,500
				5	201	362,43	19,77	16,96	33,61%	1845,84	1381,49	99,17%	51,290
					202	358,73	18,65	15,96	33,33%	1826,99	1370,24	98,37%	51,650
					203	361,80	16,97	14,65	33,48%	1842,63	1380,48	99,10%	51,780
					204	360,70	17,67	15,33	34,21%	1837,03	1368,76	98,26%	51,400
Dolomitica	12	-	7	25	205	361,46	14,32	12,74	31,92%	1840,90	1395,47	100,18%	52,460
					206	359,76	14,34	12,86	29,90%	1832,24	1410,51	101,26%	52,100
					207	362,30	14,13	12,73	33,65%	1845,17	1380,56	99,11%	51,580
					208	363,84	19,98	17,23	31,57%	1853,02	1408,36	101,10%	51,650
				45	209	360,89	18,19	15,92	31,88%	1837,99	1393,66	100,05%	52,130
					210	362,70	15,28	13,54	33,98%	1847,21	1378,68	98,97%	51,950
					211	362,73	20,14	17,16	33,60%	1847,36	1382,80	99,27%	52,300
					212	357,70	23,08	19,46	33,06%	1821,75	1369,12	98,29%	51,850
				5	213	361,67	16,87	14,77	33,12%	1841,97	1383,66	99,33%	51,950
					214	362,76	15,13	13,55	32,38%	1847,52	1395,65	100,19%	51,550
					215	356,69	16,87	14,75	33,13%	1816,60	1364,58	97,96%	51,430
					216	361,72	19,40	16,50	33,03%	1842,22	1384,82	99,41%	52,580

Calcitica	6	-	28	25	145	4,120	90,151	0,002	426,131	464,940	510,822
					146	3,230	70,125	0,002	327,296		
					147	5,730	126,377	0,002	589,394		
					148	5,140	113,102	0,002	516,940		
				45	149	8,570	190,280	0,002	887,423	869,219	906,733
					150	7,360	163,054	0,002	756,676		
					151	8,830	196,130	0,002	927,801		
					152	8,820	195,905	0,002	904,977		
				5	153	2,650	57,074	0,002	266,384	310,648	325,402
					154	3,310	71,925	0,002	338,674		
					155	3,550	77,325	0,002	365,084		
					156	2,680	57,749	0,002	272,448		
Calcitica	6	sal	28	25	157	7,210	159,679	0,002	746,704	510,112	603,929
					158	2,270	48,524	0,002	228,660		
					159	5,190	114,227	0,002	539,313		
					160	4,930	108,376	0,002	525,770		
				5	161	4,500	98,701	0,002	465,651	432,217	458,979
					162	3,480	75,750	0,002	351,932		
					163	3,790	82,725	0,002	388,334		
					164	5,160	113,552	0,002	522,952		
				45	165	11,130	247,883	0,002	1148,144	569,332	759,109
					166	3,630	79,125	0,002	363,712		
					167	7,380	163,504	0,002	765,472		
					168	0,000	0,000	0,000	0,000		
Calcitica	12	-	28	25	169	8,850	196,580	0,002	915,929	858,789	891,016
					170	7,750	171,829	0,002	802,908		
					171	7,210	159,679	0,002	762,107		
					172	9,250	205,581	0,002	954,211		
				5	173	0,000	0,000	0,000	0,000	110,514	147,352
					174	0,820	15,897	0,002	74,283		
					175	1,870	39,523	0,002	185,390		
					176	1,820	38,398	0,002	182,382		
				45	177	24,750	554,346	0,002	2596,514	2456,983	2659,610
					178	32,050	718,603	0,002	3344,999		
					179	19,250	430,591	0,002	2037,316		
					180	17,000	379,963	0,002	1849,101		
Calcitica	12	Sal	28	25	181	15,010	335,186	0,002	1563,234	1307,677	1429,577
					182	11,500	256,208	0,002	1196,040		
					183	14,730	328,886	0,002	1529,457		
					184	8,970	199,280	0,002	941,976		
				5	185	4,080	89,250	0,002	423,917	374,195	404,299
					186	2,780	59,999	0,002	283,883		
					187	4,210	92,176	0,002	444,222		
					188	3,330	72,375	0,002	344,759		
				45	189	18,840	421,365	0,002	1986,003	1789,496	2043,755
					190	17,540	392,114	0,002	1846,357		
					191	9,860	219,306	0,002	1026,721		
					192	21,780	487,518	0,002	2298,904		
Dolomitica	6	Sal	7	25	193	1,660	34,798	0,002	166,405	161,617	169,878
					194	1,710	35,923	0,002	167,923		
					195	1,400	28,948	0,002	136,833		
					196	1,770	37,273	0,002	175,307		
				45	197	1,980	41,998	0,002	199,058	147,435	196,580
					198	0,000	0,000	0,000	0,000		
					199	1,900	40,198	0,002	186,903		
					200	2,000	42,448	0,002	203,778		
				5	201	1,530	31,873	0,002	154,265	145,941	159,274
					202	1,100	22,197	0,002	105,943		
					203	1,430	29,623	0,002	140,674		
					204	1,800	37,948	0,002	182,884		
Dolomitica	12	-	7	25	205	3,880	84,750	0,002	392,098	359,976	376,501
					206	3,400	73,950	0,002	346,874		
					207	2,996	64,859	0,002	310,399		
					208	3,750	81,825	0,002	390,532		
				45	209	12,630	281,634	0,002	1319,532	1161,812	1201,470
					210	10,990	244,732	0,002	1154,597		
					211	10,070	224,031	0,002	1042,835		
					212	10,720	238,657	0,002	1130,282		
				5	213	1,870	39,523	0,002	186,463	161,410	179,597
					214	2,020	42,898	0,002	205,539		
					215	1,100	22,197	0,002	106,852		
					216	1,530	31,873	0,002	146,788		

Dolomitica	6	-	7	25	217	361,57	15,38	13,60	33,33%	1841,46	1381,09	99,15%	51,225
					218	363,19	17,20	14,89	33,58%	1849,71	1384,76	99,41%	53,400
					219	358,84	16,08	14,09	32,84%	1827,55	1375,77	98,76%	51,600
					220	363,51	17,73	15,32	33,29%	1851,34	1388,98	99,71%	51,525
				5	221	361,49	28,74	26,19	33,33%	1841,05	1380,79	99,12%	51,925
					222	348,07	28,30	25,92	32,92%	1772,70	1333,68	95,74%	51,350
					223	354,51	30,06	27,19	32,91%	1805,50	1358,41	97,52%	51,625
					224	354,09	30,97	27,43	32,96%	1803,36	1356,31	97,37%	51,725
				45	225	341,02	31,43	28,33	32,56%	1736,80	1310,17	94,05%	51,575
					226	362,53	29,43	26,61	33,25%	1846,35	1385,58	99,47%	51,475
					227	360,96	31,53	28,10	33,24%	1838,35	1379,77	99,05%	51,575
					228	362,73	38,85	33,79	32,84%	1847,36	1390,71	99,84%	52,000
Dolomitica	12	Sal	7	25	229	361,57	15,38	13,60	33,33%	1841,46	1381,09	99,15%	52,030
					230	363,19	17,20	14,89	33,58%	1849,71	1384,76	99,41%	52,000
					231	358,84	16,08	14,09	32,84%	1827,55	1375,77	98,76%	52,400
					232	363,51	17,73	15,32	33,29%	1851,34	1388,98	99,71%	52,250
				5	233	361,23	28,74	26,19	33,33%	1839,72	1379,79	99,05%	52,550
					234	349,03	28,30	25,92	32,92%	1777,59	1337,36	96,01%	52,250
					235	355,63	30,06	27,19	32,91%	1811,20	1362,70	97,82%	52,350
					236	354,33	30,97	27,43	32,96%	1804,58	1357,23	97,43%	51,730
				45	237	345,76	31,43	28,33	32,56%	1760,94	1328,38	95,36%	52,030
					238	361,23	29,43	26,61	33,25%	1839,72	1380,61	99,11%	51,900
					239	361,72	31,53	28,10	33,24%	1842,22	1382,67	99,26%	52,350
					240	362,73	38,85	33,79	32,84%	1847,36	1390,71	99,84%	51,730
Calcitica	6	-	7	25	241	361,57	15,38	13,60	33,33%	1841,46	1381,09	99,15%	51,900
					242	363,19	17,20	14,89	33,58%	1849,71	1384,76	99,41%	52,230
					243	358,84	16,08	14,09	32,84%	1827,55	1375,77	98,76%	52,250
					244	363,51	17,73	15,32	33,29%	1851,34	1388,98	99,71%	52,780
				5	245	361,49	28,74	26,19	33,33%	1841,05	1380,79	99,12%	52,230
					246	348,07	28,30	25,92	32,92%	1772,70	1333,68	95,74%	52,000
					247	354,51	30,06	27,19	32,91%	1805,50	1358,41	97,52%	51,930
					248	354,09	30,97	27,43	32,96%	1803,36	1356,31	97,37%	51,950
				45	249	341,02	31,43	28,33	32,56%	1736,80	1310,17	94,05%	52,500
					250	362,53	29,43	26,61	33,25%	1846,35	1385,58	99,47%	52,380
					251	360,96	31,53	28,10	33,24%	1838,35	1379,77	99,05%	51,880
					252	362,73	38,85	33,79	32,84%	1847,36	1390,71	99,84%	52,500
Calcitica	6	Sal	7	25	253	361,57	15,38	13,60	33,33%	1841,46	1381,09	99,15%	52,180
					254	363,19	17,20	14,89	33,58%	1849,71	1384,76	99,41%	51,980
					255	358,84	16,08	14,09	32,84%	1827,55	1375,77	98,76%	51,930
					256	363,51	17,73	15,32	33,29%	1851,34	1388,98	99,71%	51,230
				5	257	361,49	28,74	26,19	33,33%	1841,05	1380,79	99,12%	51,950
					258	348,07	28,30	25,92	32,92%	1772,70	1333,68	95,74%	52,350
					259	354,51	30,06	27,19	32,91%	1805,50	1358,41	97,52%	52,080
					260	354,09	30,97	27,43	32,96%	1803,36	1356,31	97,37%	52,580
				45	261	341,02	31,43	28,33	32,56%	1736,80	1310,17	94,05%	52,430
					262	362,53	29,43	26,61	33,25%	1846,35	1385,58	99,47%	52,630
					263	360,96	31,53	28,10	33,24%	1838,35	1379,77	99,05%	52,150
					264	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
Calcitica	12	-	7	25	265	361,57	15,38	13,60	33,33%	1841,46	1381,09	99,15%	52,275
					266	363,19	17,20	14,89	33,58%	1849,71	1384,76	99,41%	52,200
					267	358,84	16,08	14,09	32,84%	1827,55	1375,77	98,76%	51,650
					268	363,51	17,73	15,32	33,29%	1851,34	1388,98	99,71%	52,375
				5	269	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
					270	348,07	28,30	25,92	32,92%	1772,70	1333,68	95,74%	52,200
					271	354,51	30,06	27,19	32,91%	1805,50	1358,41	97,52%	52,100
					272	354,09	30,97	27,43	32,96%	1803,36	1356,31	97,37%	51,775
				45	273	342,12	31,43	28,33	32,56%	1742,40	1314,39	94,36%	52,138
					274	363,89	29,43	26,61	33,25%	1853,27	1390,77	99,84%	52,300
					275	361,78	31,53	28,10	33,24%	1842,53	1382,90	99,27%	51,875
					276	0,00	0,00	0,00	0,00%	0,00	0,00	0,00%	0,000
Calcitica	12	Sal	7	25	277	361,78	15,38	13,60	33,33%	1842,53	1381,89	99,20%	52,250
					278	363,89	17,20	14,89	33,58%	1853,27	1387,43	99,60%	52,225
					279	359,12	16,08	14,09	32,84%	1828,98	1376,85	98,84%	52,325
					280	364,03	17,73	15,32	33,29%	1853,99	1390,97	99,85%	51,900
				5	281	360,78	28,74	26,19	33,33%	1837,43	1378,07	98,93%	51,775
					282	349,12	28,30	25,92	32,92%	1778,05	1337,70	96,03%	51,875
					283	354,51	30,06	27,19	32,91%	1805,50	1358,41	97,52%	51,400
					284	355,53	30,97	27,43	32,96%	1810,70	1361,83	97,76%	51,700
				45	285	347,30	31,43	28,33	32,56%	1768,78	1334,29	95,79%	51,975
					286	362,53	29,43	26,61	33,25%	1846,35	1385,58	99,47%	52,000
					287	362,12	31,53	28,10	33,24%	1844,26	1384,20	99,37%	52,150
					288	363,23	38,85	33,79	32,84%	1849,91	1392,63	99,97%	51,963

Dolomitica	6	-	7	25	217	1,200	24,448	0,002	118,627	117,381	124,712
					218	1,350	27,823	0,002	124,230		
					219	1,000	19,947	0,002	95,389		
					220	1,330	27,373	0,002	131,278		
				5	221	1,340	27,598	0,002	130,326	113,695	141,579
					222	0,390	6,222	0,002	30,043		
					223	1,770	37,273	0,002	178,068		
					224	1,200	24,448	0,002	116,344		
				45	225	1,400	28,948	0,002	138,563	143,334	152,740
					226	1,370	28,273	0,002	135,858		
					227	1,820	38,398	0,002	183,799		
					228	1,200	24,448	0,002	115,117		
Dolomitica	12	Sal	7	25	229	3,100	67,199	0,002	316,059	417,455	451,253
					230	3,300	71,700	0,002	337,614		
					231	5,340	117,602	0,002	545,332		
					232	4,600	100,951	0,002	470,813		
				5	233	2,980	64,499	0,002	297,386	254,973	271,176
					234	2,080	44,248	0,002	206,365		
					235	2,320	49,649	0,002	230,667		
					236	2,780	59,999	0,002	285,477		
				45	237	10,530	234,382	0,002	1102,368	1088,828	1098,899
					238	10,320	229,657	0,002	1085,562		
					239	10,240	227,857	0,002	1058,616		
					240	10,470	233,032	0,002	1108,767		
Calcitica	6	-	7	25	241	1,620	33,898	0,002	160,232	169,232	177,143
					242	1,830	38,623	0,002	180,268		
					243	1,500	31,198	0,002	145,500		
					244	1,970	41,773	0,002	190,928		
				5	245	1,460	30,298	0,002	141,411	140,129	144,822
					246	1,360	28,048	0,002	132,069		
					247	1,300	26,698	0,002	126,051		
					248	1,630	34,123	0,002	160,985		
				45	249	1,930	40,873	0,002	188,813	186,049	191,365
					250	1,870	39,523	0,002	183,414		
					251	2,010	42,673	0,002	201,868		
					252	1,750	36,823	0,002	170,103		
Calcitica	6	Sal	7	25	253	1,800	37,948	0,002	177,457	203,116	211,670
					254	2,270	48,524	0,002	228,660		
					255	2,000	42,448	0,002	200,417		
					256	2,000	42,448	0,002	205,931		
				5	257	1,500	31,198	0,002	147,185	187,621	205,722
					258	2,400	51,449	0,002	239,030		
					259	2,300	49,199	0,002	230,952		
					260	1,400	28,948	0,002	133,317		
				45	261	2,400	51,449	0,002	238,301	132,085	176,113
					262	1,200	24,448	0,002	112,378		
					263	1,800	37,948	0,002	177,661		
					264	0,000	0,000	0,000	0,000		
Calcitica	12	-	7	25	265	3,500	76,200	0,002	355,039	390,666	424,718
					266	4,200	91,951	0,002	429,659		
					267	2,800	60,449	0,002	288,509		
					268	4,800	105,451	0,002	489,456		
				5	269	0,000	0,000	0,000	0,000	141,821	189,094
					270	2,000	42,448	0,002	198,349		
					271	1,800	37,948	0,002	178,002		
					272	1,900	40,198	0,002	190,931		
				45	273	13,000	289,959	0,002	1358,147	977,579	1303,439
					274	12,500	278,709	0,002	1297,351		
					275	11,900	265,208	0,002	1254,819		
					276	0,000	0,000	0,000	0,000		
Calcitica	12	Sal	7	25	277	4,600	100,951	0,002	470,813	374,231	432,092
					278	4,200	91,951	0,002	429,247		
					279	3,900	85,200	0,002	396,217		
					280	2,000	42,448	0,002	200,649		
				5	281	2,000	42,448	0,002	201,619	220,568	231,757
					282	1,870	39,523	0,002	187,002		
					283	2,900	62,699	0,002	302,167		
					284	1,900	40,198	0,002	191,486		
				45	285	12,900	287,709	0,002	1356,048	1224,040	1249,783
					286	11,800	262,958	0,002	1238,198		
					287	11,000	244,957	0,002	1146,811		
					288	11,000	244,957	0,002	1155,103		