



**CONTRIBUIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA ONTOLOGIA PARA
A SISTEMATIZAÇÃO DOS ASPECTOS DESCRITIVOS
MACROSCÓPICOS DAS ROCHAS CARBONÁTICAS E EVAPORÍTICAS**

Porto Alegre, 2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



PROGRAMA DE GEOLOGIA DO PETRÓLEO
CONVÊNIO UFRGS/ANP
AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO



**CONTRIBUIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA ONTOLOGIA PARA
A SISTEMATIZAÇÃO DOS ASPECTOS DESCRITIVOS
MACROSCÓPICOS DAS ROCHAS CARBONÁTICAS E EVAPORÍTICAS**

Ariane Kravczyk Bernardes

ORIENTADORES

Prof. Dr. Luiz Fernando De Ros
Profa. Dra. Mara Abel

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Norberto Dani
Prof. Dr. Rualdo Menegat

COMISSÃO DOS PROJETOS TEMÁTICOS

Prof. Dr. Marcus V. D. Remus
Profa. Dra. Maria Lidia Medeiros Vignol

Trabalho de Conclusão de Curso de Geologia apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Geologia.

Porto Alegre, 2012
Ariane Kravczyk Bernardes

**CONTRIBUIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA ONTOLOGIA PARA
A SISTEMATIZAÇÃO DOS ASPECTOS DESCRITIVOS
MACROSCÓPICOS DAS ROCHAS CARBONÁTICAS E EVAPORÍTICAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores: Prof. Dr. Luiz Fernando De Ros, Profa. Dra. Mara Abel

Porto Alegre, 2012

Verso da folha de rosto contendo a ficha catalográfica da monografia, de acordo com as normas da Biblioteca do IGEO-UFRGS.

E-mail: bibigeo@ufrgs.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **CONTRIBUIÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE UMA ONTOLOGIA PARA A SISTEMATIZAÇÃO DOS ASPECTOS DESCRITIVOS MACROSCÓPICOS DAS ROCHAS CARBONÁTICAS E EVAPORÍTICAS**, elaborado por ARIANE KRAVCZYK BERNARDES, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Nome do Professor (a)

Nome do Professor (a)

*Para o meu amado
amigo e companheiro,
Álvaro Krüger Ramos.*

“Poeminho do Contra

Todos esses que aí estão
Atravancando meu caminho,
Eles passarão...
Eu passarinho!”

Mario Quintana

“Dream on,
Dream until your dream comes true.”

Steven Tyler

“On ne voit bien qu'avec le coeur.
L'essentiel est invisible pour les yeux.”

Antoine de Saint-Exupéry

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na qual a minha trajetória no curso de Geologia e no mundo acadêmico teve o seu começo. Sou imensamente grata a Universidade por todas as oportunidades oferecidas dentro e fora do espaço do curso de geologia, tais como viagens, eventos culturais e por todo contato com pessoas interessantes ao longo desse período. Tudo isso constituiu parte fundamental para formação acadêmica e profissional que tenho hoje.

Agradeço ao conhecimento que recebi de todos os professores com quem convivi durante esses anos no curso de geologia, cada um foi importante da sua maneira para os saberes e experiências adquiridos. Em especial, quero agradecer e prestar a minha mais sincera admiração e respeito ao professor Rualdo Menegat, que para mim sempre será uma forte influência na prática do fazer científico. Rualdo tu és uma daquelas pessoas raras, sempre dispostas a dialogar e a aprender. Para mim, além de um exemplo a ser seguido, tu és um amigo com quem sempre poderei contar.

Agradeço a Agência Nacional do Petróleo (ANP) pela oportunidade de bolsa de estudos para a realização do trabalho contido nesta monografia. Assim como ao Geopetro Prh12 pela estrutura oferecida. Gostaria de agradecer aos meus orientadores Mara Abel e Luiz Fernando de Ros por tudo que foi proporcionado. Sou grata por todos os ensinamentos que adquiri com vocês antes e durante o período de orientação. Podem ter a certeza de que levarei todos esses ensinamentos por toda a minha vida. Mara te agradeço por ter me apresentado o universo das ontologias, foi uma experiência bastante interessante e tenho certeza que me será muito útil no futuro. Agradeço a toda a equipe da Endeeper pela oportunidade de estar em um ambiente de excelência profissional no qual pude aprender e crescer profissionalmente. E agradeço pelo ótimo convívio que tivemos durante os anos de estágio, a todos vocês, Sabrina, Paulo, Eduardo, Carlos, Oscar, Luciano, Alexandre e Leonardo. Foram valiosos os momentos de aprendizado e também de descontração que tivemos, lembrarei sempre de todos vocês com muito carinho. Agradeço a todos os integrantes do grupo de pesquisa BDI do Instituto de Informática com quem também convivi durante esse período, com vocês aprendi os fundamentos da Ciência da Informação e como utilizá-los. Em especial, agradeço as conversas com o Sandro e o Joel, com as quais adquiri subsídio para a realização deste trabalho.

Faço um agradecimento aos professores Remus e Lídia por todo o apoio dado para a apresentação deste trabalho e pela compreensão dos problemas enfrentados. Nesse sentido, agradeço a professora Valesca, que em um curto período de tempo se dispôs a ajudar e contribuir com importantes observações e correções que foram necessárias para este trabalho. E agradeço ainda aos membros da comissão examinadora, professores Dani e Rualdo pela enorme disposição em avaliar este trabalho, assim como pelo voto de confiança nas idéias e pretensões contidas nele. Novamente, agradeço ao professor Rualdo com quem sempre pude contar para sanar as mais variadas dúvidas, tanto em questões referentes a este

trabalho com em tantas outras durante o curso de graduação. Rualdo serei sempre grata pela enorme receptividade e respeito com os quais tu recebeste este trabalho.

Agora, é a vez de agradecer pessoas muito especiais, meus pais Mariane e Ulisses por tudo que puderam fazer por mim. Sou grata a vocês pela oportunidade de fazer parte desse mundo e pelos anos de cuidados e carinho com os quais sempre pude contar. Todo o esforço de vocês não será em vão, lutarei sempre para fazer jus a tudo que vocês me proporcionaram. E sou agradecida por toda a minha família e amigos que mesmo distantes sempre estiveram de algum modo presentes e que souberam ter paciência com as minhas freqüentes ausências. Faço agora um agradecimento especial a minha avó, Maria Magdalena, minha grande amiga de todas as horas, com quem aprendi a amar e respeitar a natureza. E também com quem aprendi a filosofar e adorar café. Nossas discussões filosóficas regadas a café me ajudam sempre a pensar e a compreender um pouquinho melhor o mundo. *Vó*, tu nem imaginas como tu és importante para mim e como o convívio contigo contribuiu enormemente para a pessoa que me tornei.

Um parágrafo é pouco para expressar todo o amor e gratidão que tenho por ti, meu doce Álvaro. Tu és a pessoa especial da minha vida, a pessoa que mais impacto me causou. Ter te conhecido foi um maravilhoso presente do *acaso*, que sempre irei valorizar. Sou grata por todo teu apoio, paciência e incentivo durante esses anos de estudo e, sobretudo, nesse último ano mais difícil em minha vida. Bastam alguns poucos minutinhos da tua companhia para o dia assumir outra cor. Mesmo sem perceber tu me incentivas a buscar novas conquistas e a ser uma pessoa melhor. E não importa o que o futuro reservar para nós, tenho certeza que sempre poderemos contar com o nosso amor e amizade, pois como juntos aprendemos, nos tornamos eternamente responsáveis por aquilo que cativamos.

RESUMO

As rochas carbonáticas e evaporíticas têm enorme importância econômica, paleogeográfica e paleoambiental. Entretanto, essas rochas sedimentares carecem em muitos casos de terminologias descritivas padronizadas, que as caracterizem de maneira objetiva e eficiente. Esse fato prejudica a descrição sistemática e conseqüentemente interfere no processo de interpretação da gênese e da evolução dessas rochas, sendo esses conhecimentos altamente relevantes para sua exploração geoeconômica e estudo científico. Este trabalho pretende sistematizar a terminologia utilizada na descrição macroscópica das rochas carbonáticas e evaporíticas. Essa terminologia consiste essencialmente nos aspectos estruturais, texturais e composicionais usados para descrever essas rochas. Com isso, o trabalho objetiva melhorar a qualidade das descrições por meio de uma sistemática de descrição e por meio de vocabulário padronizado.

A sistematização do conhecimento será realizada por meio das metodologias baseadas na pesquisa bibliográfica, compilação de dados disponíveis na literatura e por meio das técnicas utilizadas para construção de ontologias. E, como etapa final, será realizada a validação da nomenclatura proposta para que ela possa ser consolidada e testada. Os aspectos descritivos selecionados neste trabalho serão validados com base em estudos desenvolvidos sobre essas rochas em diversas bacias sedimentares do mundo.

Em uma etapa futura, posterior ao término desse projeto, é pretendido que os conhecimentos aqui adquiridos sobre as rochas biogênicas e químicas sejam empregados no desenvolvimento de um software em colaboração com pesquisadores do Instituto de Informática da UFRGS. Esse software dará suporte adequado à descrição dessas rochas juntamente com a interpretação de seu significado geológico.

Palavras-Chave: Petrografia sedimentar. Rochas químicas. Sistematização. Terminologia descritiva. Ontologias.

CONTRIBUTION OF DEVELOPMENT OF AN ONTOLOGY FOR THE SYSTEMATIZATION OF THE MACROSCOPIC DESCRIPTIVE ASPECTS OF CARBONATE AND EVAPORITE ROCKS

ABSTRACT

The carbonate and evaporite rocks have enormous economic importance, paleogeographic and paleoenvironmental. However, the terminology and symbology used to characterize these types of sedimentary rocks have remarkable vagueness and incoherence. This fact undermines the systematic description, interpretation of the genesis and of the evolution of these rocks, and this knowledge is critical to their geo-economic exploration and scientific study.

This proposal for a thematic study has the central objective the systematization of terminology used in the macroscopic description of the main structural, compositional and textural aspects of the carbonate and evaporite rocks. The descriptive and genetic aspects will be compiled from studies conducted on these rocks in various sedimentary basins of the world. In a later step, after the end of this project, is intended that the knowledge gained about the chemical rocks obtained during this work will be employed in the development of computational tools that support the description and interpretation of these rocks.

So, from that project will be developed a software in collaboration with researchers from the Institute of Computer Science at UFRGS. This software will give support suitable for the description of these rocks along with the interpretation of its geological significance. The functionality of the system developed will be tested on various samples of these types of sedimentary rocks.

Keywords: Sedimentary petrography. Chemical rocks. Systematization. Descriptive terminology. Ontologies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Distribuição dos sedimentos carbonáticos modernos marinhos.....	15
Figura 1.2 – Mapa da distribuição das ocorrências de evaporitos conhecidas na América do Sul, com fácies dominantes da Sequência Evaporítica do Permocarbonífero nas bacias sedimentares.....	17
Figura 1.3 – Coluna estratigráfica generalizada com ocorrência de evaporitos ao longo do tempo geológico nas bacias brasileiras. Extraído de Mohriak et al (2008).....	18
Figura 3.1 – Representação de como o objeto de estudo e a atuação do geólogo se inserem no desenvolvimento de ontologias.....	36

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IA- Inteligência Artificial
UFO – Unified Foundational Ontology

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estruturas sedimentares selecionadas para descrever rochas químicas e biogênicas, associadas a sua gênese.....	45
Quadro 2 – Termos descritivos para composição de rochas biogênicas carbonáticas.....	48
Quadro 3 – Termos descritivos para a composição de minerais não carbonáticos.....	49
Quadro 4 – Termos descritivos composicionais para as rochas químicas e biogênicas constituídos pelos principais tipos de bioclastos.....	49
Quadro 5 – Termos descritivos composicionais para as rochas evaporíticas constituídos pelos principais minerais presentes nessas rochas.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Objetivos	19
1.1.1 Metas Específicas	21
1.2 Problema de Pesquisa	22
1.3 Justificativa	24
2 ESTADO DA ARTE	27
2.1 Área Geral - Rochas Intrabaciais	27
2.2 Área Específica – Sistematização do Conhecimento	29
2.3 Algumas considerações	31
3 METODOLOGIA DE TRABALHO	32
3.1 Ontologias	33
3.1.1 Tipos de Ontologias	37
3.1.2 Benefícios das Ontologias	38
3.2 Ontologia de Fundamentação	39
3.3 Etapas de trabalho	41
3.4 Validação da Terminologia	42
4 RESULTADOS OBTIDOS	44
5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	52
6 CONCLUSÕES	53
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho de conclusão de curso trás como tema uma abordagem teórico-prática dos aspectos descritivos pertencentes às rochas carbonáticas e evaporíticas. Os aspectos descritivos principais para esses grupos de rocha, que serão destacados neste trabalho, correspondem aos aspectos estruturais, texturais e composicionais.

As rochas carbonáticas e evaporíticas são rochas formadas em seu próprio ambiente de deposição. Por isso são também referidas como rochas intrabaciais. Elas são formadas por processos químicos e/ou biológicos. Ressaltando que os processos biológicos envolvendo ação direta ou indireta de organismos são predominantes na gênese das rochas carbonáticas. Esses processos de formação deixam o seu registro na rocha, que consiste essencialmente nas estruturas e texturas preservadas. Por essa razão, as estruturas e as texturas presentes são cruciais nas interpretações a respeito da origem e da evolução das rochas intrabaciais.

As rochas intrabaciais são compostas por constituintes formados no próprio ambiente de deposição. Esse grupo inclui rochas químicas e bioquímicas (biogênicas). As rochas químicas são formadas por processos unicamente químicos através da precipitação de compostos como carbonato ou sulfato de cálcio a partir da água dos oceanos e lagos. As rochas biogênicas são aquelas formadas por processos bioquímicos ou diretamente biogênicos, como por exemplo, conchas de moluscos ou outros organismos, Tucker (1981).

As principais condições nas quais essas rochas são formadas envolvem ambientes marinhos, tanto rasos, quanto profundos, e ambientes lacustres

como lagos salgados, onde precipitam rochas químicas como as rochas evaporíticas, por exemplo. É muitas vezes difícil definir se a rocha intrabaciais foi formada por processos puramente químicos, ou se houve em seu processo formador contribuição biológica Stanley (2008).

As rochas intrabaciais mais abundantes são as carbonáticas (calcários e dolomitos), que constituem um total de 10 a 15% das rochas sedimentares presentes no registro geológico. Elas são compostas predominantemente por carbonatos de cálcio e magnésio, fragmentos fósseis e quase sempre são muito puras, sendo que as impurezas totalizam menos do que 5% da rocha e são tipicamente limitadas a argilominerais, grãos de quartzo do tamanho de finas areias a tamanhos grosseiros de silte e quartzo granular muito fino a pó de origem incerta Blatt (1992). A figura 1.1, a seguir, ilustra a distribuição mundial de rochas carbonáticas.

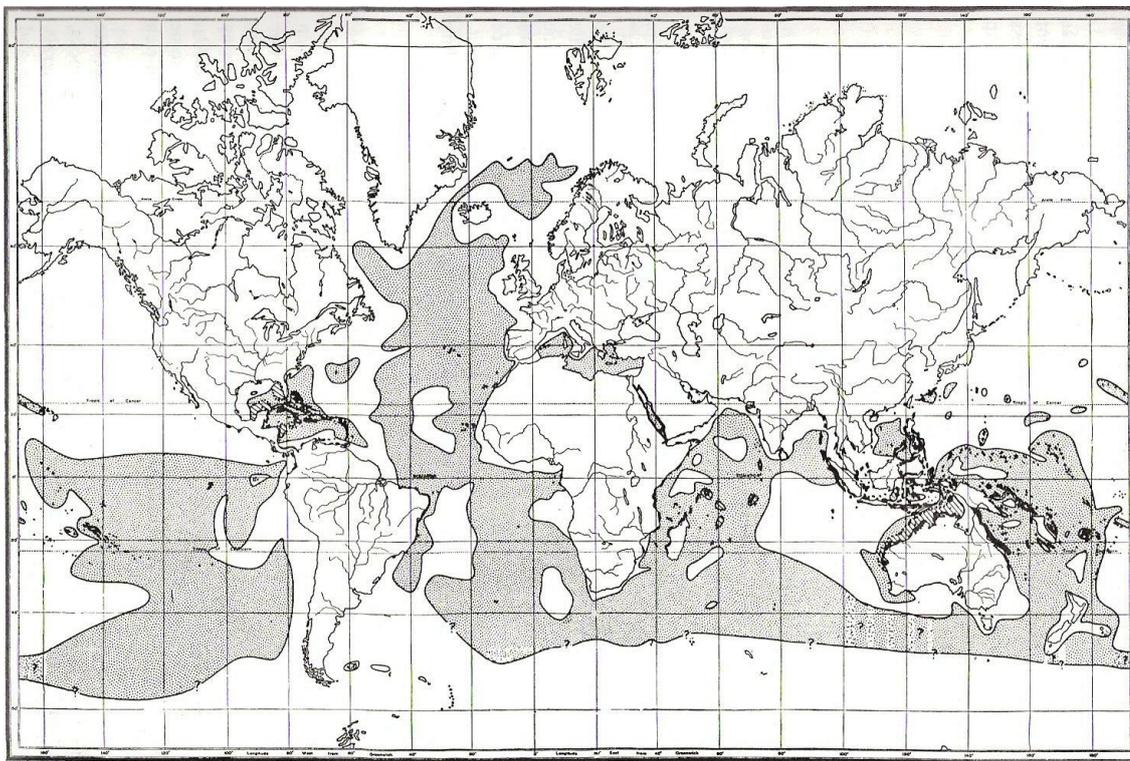


Figura 1.1 – Distribuição dos sedimentos carbonáticos modernos marinhos. As porções marcadas com linhas pretas espessas correspondem a recifes orgânicos. As porções marcadas em cinza representam as largas áreas compostas por sedimentos carbonáticos de águas rasas. E as linhas pontilhadas correspondem a outros sedimentos com mais de 30% de CaCO_3 , especialmente vases de *Globigerina*. Extraído de Blatt *et al* (1980).

Esse trabalho busca aprimorar a terminologia descritiva a fim de otimizar o tempo e a qualidade das descrições efetuadas para essas rochas. Em outras palavras, a seleção criteriosa de nomenclatura propicia maior precisão do significado relacionado à gênese dessas rochas. Assim, ao longo desse trabalho foram selecionadas estruturas e texturas variadas, comumente presentes em rochas intrabaciais e importantes para interpretação de sua gênese.

Neste trabalho, foram selecionadas como alvo de estudo as rochas carbonáticas e evaporíticas. Isso em razão da importância que essas rochas assumem no cenário atual das pesquisas por se tratarem de importantes reservatórios de óleo, além de estarem associadas a outros setores de importância econômica. Exemplos atuais de ocorrências dessas rochas, que servem de análogos para o estudo e compreensão das estruturas e texturas de rochas mais antigas, são encontrados na Grande Barreira de Corais, localizada ao longo da costa nordeste da Austrália. Outros exemplos semelhantes são o complexo de recifes de coral de Belize, localizado na costa nordeste da América Central, a porção de recifes ao longo da parte sul da Flórida, além de muitos atóis que circundam picos vulcânicos localizados na bacia do Oceano Pacífico. Essas áreas estão todas localizadas onde a temperatura da superfície do mar, durante os meses mais frios do inverno, é de pelo menos 18°C entre cerca de 25° norte e sul de latitude do Equador Blatt (1992). As figuras 1.2 e 1.3, a seguir, ilustram aspectos da distribuição dos evaporitos nas bacias sedimentares brasileiras.

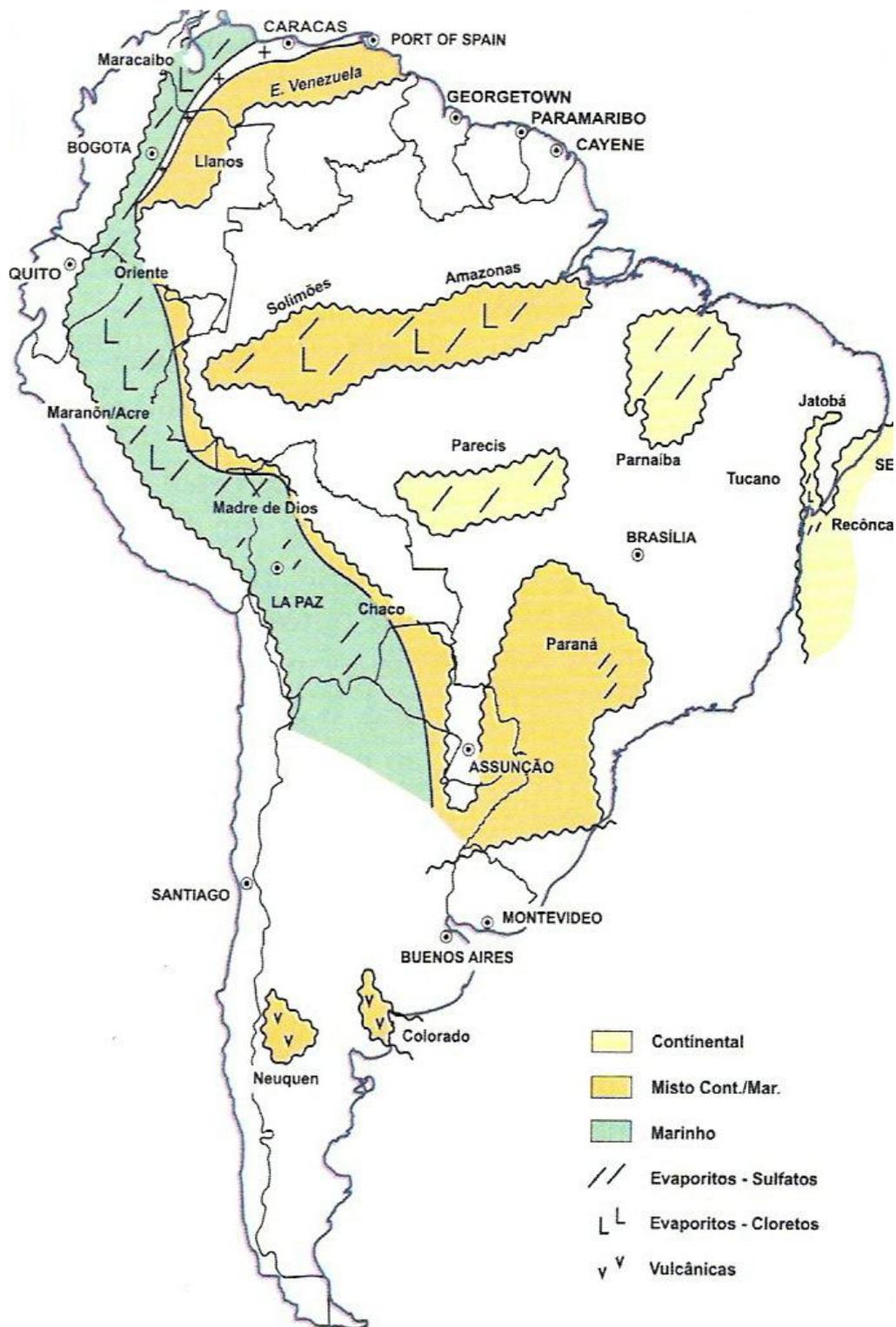


Figura 1. 2 – Mapa da distribuição das ocorrências de evaporitos conhecidas na América do Sul, com fácies dominantes da Sequência Evaporítica do Permocarbonífero nas bacias sedimentares. Extraído de Mohriak *et al* (2008).

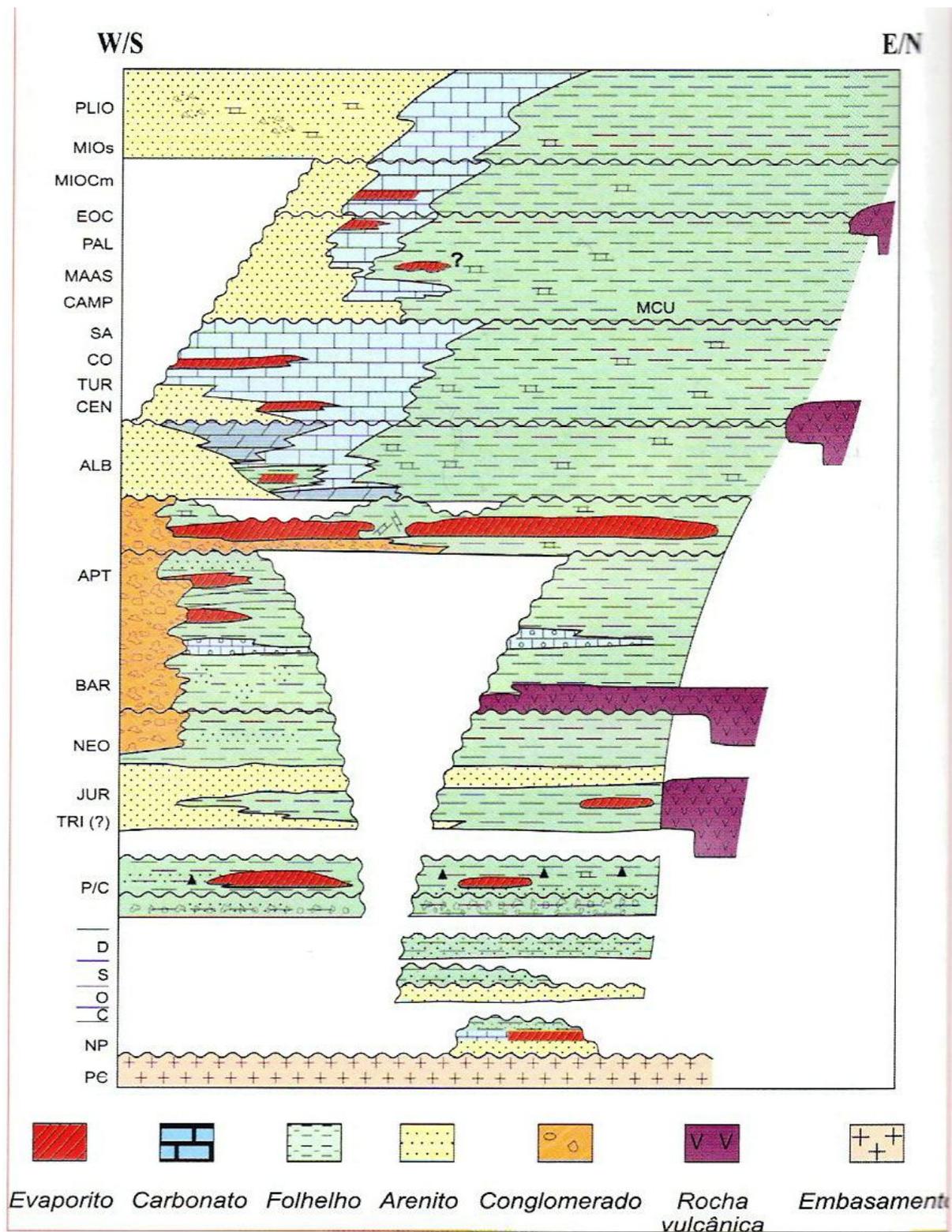


Figura 1.3 – Coluna estratigráfica generalizada com ocorrência de evaporitos ao longo do tempo geológico nas bacias brasileiras. Extraído de Mohriak *et al* (2008).

1.1 Objetivos

Este projeto busca aperfeiçoar o modo como o conhecimento é empregado em um ramo particular da Geologia; a petrologia de rochas químicas e biogênicas. E, mais especificamente, este projeto busca oferecer recursos para aprimorar a descrição e a identificação de estruturas e texturas sedimentares presentes nessas rochas.

Para que sejam bem compreendidos todos os aspectos que envolvem o objetivo central deste projeto, é preciso explicar de que modo foi tentado melhorar o conhecimento a cerca da petrologia das rochas químicas e biogênicas. Há muitas formas de se melhorar o conhecimento a respeito de uma determinada área. Podem ser produzidos dicionários que esclareçam um grande número de termos, podem ser realizados trabalhos de revisão que sumarizem conceitos já consagrados e adicionem a eles novos estudos desenvolvidos. E nessa mesma linha muitos outros exemplos poderiam ser citados. Entretanto, quando é mencionado neste trabalho expressões do tipo *aprimoramento do conhecimento*, o que está sendo referido é um modo específico e direcionado de aperfeiçoar a terminologia descritiva vigente para rochas químicas e biogênicas e, com isso, melhorar o conhecimento obtido a partir delas.

Esse modo específico e direcionado de se aprimorar as terminologias descritivas para as rochas carbonáticas e evaporíticas consiste no objetivo central desse trabalho. E para tanto foram empregados os princípios metodológicos de sistematização de conhecimento utilizados para a construção de ontologias referentes a um determinado domínio do conhecimento. Ontologia é um termo originado na Filosofia e se refere ao estudo das propriedades essenciais dos seres ou das coisas que existem. Nas Ciências da Computação e da Informação, que subsidiaram este trabalho, ontologias se referem a conjuntos de vocabulários

controlados, com o significado dos termos formalmente restritos e definidos. As ontologias segundo Gruber (1995) consistem em importantes ferramentas utilizadas para documentação ou construção de sistemas de computação. Esses princípios, bem como a definição e a utilização de ontologia na sistematização de conhecimento, serão apresentados e detalhadamente explicados no capítulo 3, correspondente a metodologia empregada neste trabalho.

Portanto, com base no objetivo de contribuir com o conhecimento produzido, a partir das descrições dos aspectos macroscópicos das rochas intrabaciais, foi selecionado um conjunto de aspectos descritivos para essas rochas. Esse conjunto de termos é composto por aspectos que descrevem a composição, estruturas e texturas das rochas carbonáticas e evaporíticas. Dessa forma, foram extraídas da bibliografia as principais texturas e estruturas usadas para descrever rochas bioquímicas.

A partir da pesquisa bibliográfica, juntamente com a utilização de metodologias de aquisição de conhecimento para construção de ontologias, buscou-se construir uma terminologia descritiva que apresentasse os conceitos e seus atributos de forma clara e mais objetiva possível a fim de eliminar ambiguidades e inconsistências, comuns nas descrições petrológicas.

Após a definição de uma terminologia descritiva suficiente para suportar descrições macroscópicas de rochas químicas e biogênicas, foi realizada a validação para essa terminologia. Essa etapa de validação consistiu no estudo de descrições petrológicas retiradas de artigos. Os dados utilizados a partir dessas publicações foram analisados e aprimorados com base na utilização do vocabulário descritivo proposto por este trabalho. Essa etapa foi crucial para que fosse possível observar os pontos fortes e fracos da terminologia proposta. E, com base nos

resultados obtidos, foram realizados ajustes, adaptações e correções na terminologia desenvolvida.

Assim, ficam aqui destacados os pontos chave do desenvolvimento desse trabalho, que consistem na proposição de uma sistemática de descrição para as rochas químicas, fundamentada com base na terminologia descritiva proposta por este trabalho. E a devida validação da terminologia produzida por meio de sua utilização para aprimoramento e automatização da informação disponível para as rochas intrabaciais. Um maior detalhamento das metas e objetivos específicos será dado na subseção 1.1.1, a seguir.

1.1.1 Metas Específicas

Os objetivos desse trabalho são os de propor uma sistemática de descrição macroscópica baseada em ontologias para as rochas intrabaciais, que permita sua caracterização tanto em testemunho como em afloramento, com fins de interpretação de processos, fácies, ambientes deposicionais e correlação estratigráfica.

Esse estudo busca separar as etapas de descrição e de interpretação das unidades de rocha para dar subsídio ao desenvolvimento de sistemas de software para suporte à descrição, que possam propor possíveis interpretações genéticas.

O objetivo é orientar a descrição à tarefa de captura sistemática de dados sobre as rochas intrabaciais, independentemente das teorias vigentes sobre sua formação, gerando assim um conjunto útil e duradouro de informações. Para isso, as principais metas a serem atingidas são a seleção de nomenclatura descritiva adequada a partir de estudos da literatura e a completa caracterização dos termos,

buscando identificar redundâncias e conflitos na utilização da terminologia e sua relação com as interpretações genéticas.

1.2 Problema de Pesquisa

O problema fundamental enfrentado neste estudo consiste nas dificuldades de utilização do vocabulário empregado nas descrições petrológicas. Essas dificuldades surgem devido à ineficácia da padronização e sistematização da terminologia descritiva usada para as rochas carbonáticas e evaporíticas. Isso se dá, como mencionado na seção anterior, pelo fato de ocorrerem naturalmente equívocos na linguagem, mesmo ela sendo de uso científico. Assim, as raízes mais profundas do problema a ser tratado consistem na imprecisão do vocabulário empregado nas descrições geológicas.

De acordo com Rover (2001), o conhecimento pode se manifestar sob duas maneiras; preciso e impreciso. O conhecimento impreciso pode ocorrer em três diferentes situações, sendo elas:

- 1) Quando há incerteza: surge a partir da preguiça ou diante da impossibilidade de se analisar toda a informação disponível em mundos complexos, dinâmicos ou inacessíveis.
- 2) Quando há difusão: Ocorre quando o conhecimento está situado entre dois estados, em outras palavras, quando há diferenças qualitativas que dependem do grau de pertinência à categoria de classificação.
- 3) Quando há ignorância: É o caso de falta de informação. Existe a ignorância teórica (nenhuma teoria completa sobre o domínio) e a ignorância prática (existe sempre uma análise clínica faltante).

Embora a imprecisão possa ser definida a partir de situações distintas, muitas podem ser as suas origens. E considerando que a imprecisão é inerente à linguagem, ela sempre estará presente em maior ou menor grau na linguagem empregada para expressar um determinado domínio do conhecimento. Por essa razão, a formalização do conhecimento é fundamental para mantê-la sob controle. A agregação de informação de múltiplas fontes de conhecimento e instrumentos pouco confiáveis podem produzir observações mal construídas, conclusões mal tiradas, conhecimento conflitante, subentendido ou perdido.

Na prática, no contexto em que esse trabalho foi desenvolvido, a imprecisão se origina pela falta de uma linguagem padronizada e eficiente que possa ser facilmente compreendida e reutilizada por pesquisadores, independentemente de sua escola de aprendizado.

Contudo, notar que o conceito *imprecisão*, tal como está sendo usado nesse texto, não representa nenhuma espécie de desconfiança quanto à qualidade e rigor da informação e do conhecimento usado. O termo imprecisão está sendo aqui empregado para caracterizar conceitos cuja definição não pode ser precisa / rigorosa, como os métodos clássicos de representação, tais como a lógica matemática.

É bastante comum para o geocientista se deparar com situações nas quais ficam dúvidas a respeito do significado de um termo e/ou de sua adequada utilização. E isso acontece por muitas razões. Uma delas, por exemplo, muito comum nas geociências é a tendência ao uso de terminologias e definições regionais, ou seja, usar um determinado vocabulário que em princípio deveria ter uma abrangência universal para designar apenas ocorrências regionais ou até mesmo locais de uma área de estudo. Outras situações de imprecisão podem se originar a partir de simples erros de tradução que são passados adiante por gerações. É comum ainda um mesmo termo apresentar mais de uma grafia diferente.

Portanto, a falta de homogeneização da terminologia descritiva, somada a situações de redundância e de ambigüidade dos termos utilizados, trazem problemas de integração das informações sobre unidades estratigráficas, quando essas informações são geradas por diferentes fontes. Isso representa umas das mais importantes consequências do problema abordado neste trabalho. Além de que a ausência de um padrão de descrição impede o desenvolvimento de ferramentas computacionais que apóiem as diferentes tarefas de análise e correlação estratigráfica de rochas químicas.

1.3 Justificativa

As rochas carbonáticas e evaporíticas são um importante objeto de estudo na Geologia. Sobretudo, em um momento no qual se intensificam as pesquisas sobre esse tipo de rocha pelo fato de se tratarem de importantes rochas-reservatório e também rochas selantes em sistemas petrolíferos.

Servem como justificativa, para o estudo e aperfeiçoamento do conhecimento relativo a essas rochas, além do fato de elas serem objetos importantes de estudo na indústria do petróleo, também a importância que elas assumem em outros setores. Alguns setores tais como construção civil, uma vez que as rochas carbonáticas são importantes fontes de matéria prima para construção, como cimento e argamassa. Outros setores de destaque são a hidrogeologia e a geologia ambiental. Rochas carbonáticas constituem importantes sistemas aquíferos, podendo ainda em alguns casos ser úteis para a agricultura. Além de haver muitas pesquisas a respeito dessas rochas aplicadas em reconstituições paleoambientais e em estudos a respeito de mudanças climáticas recentes Boggs (1995).

Desse modo, é possível perceber o amplo campo no qual se faz necessário o conhecimento a respeito dessas rochas. Nesse sentido,

melhorar a qualidade do conhecimento que é produzido por meio do aprimoramento da terminologia usada para descrever rochas intrabaciais é também contribuir com os diversos setores que utilizam dos conhecimentos a respeito dessas rochas. A captura de descrições de rochas carbonáticas e evaporíticas de maneira objetiva, completa e com qualidade tem grande impacto na capacidade de estudo e compreensão dessas ocorrências.

Mais especificamente, a existência desse trabalho é justificada pela necessidade que se tem de padronizar as informações a fim de melhor gerenciá-las em termos de volume de dados e qualidade da informação. Considerando a realidade de que é crescente a demanda pela automatização da informação, sabemos que o vocabulário adequado para isso é aquele livre de imprecisões dos conceitos. E por imprecisão de conceitos deve ser aqui entendido conceitos ou mesmo termos descritivos simples, como uma textura de rocha ou um constituinte da composição da rocha, que não expressem em todos os casos o mesmo significado por apresentarem alguma ambiguidade ou mesmo redundância.

A imprecisão de terminologias está presente em boa parte do vocabulário científico de diversas áreas. Na Geologia, sobretudo, que é o foco neste trabalho, são muito comuns os problemas de troca de informação entre cientistas de localidades distintas. É bastante comum que existam problemas de tradução entre diferentes idiomas, além de diferentes significados para um mesmo termo ou até mesmo a situação oposta, mais de um termo para designar um mesmo conceito.

Por enquanto, esse breve esboço sobre as dificuldades que as imprecisões terminológicas promovem no desenvolvimento do conhecimento, aliado a necessidade sempre crescente de automatização da informação, são colocados como justificativa fundamental para esse projeto. Isso porque ao se propor uma sistematização de parte de uma

terminologia descritiva de um domínio do conhecimento se torna possível utilizá-la em ferramentas computacionais. E essas ferramentas, por sua vez, fornecem a automatização da informação e com isso a possibilidade de se trabalhar com grande volume de informação e com resultados mais precisos e mais rápidos.

Em outras palavras, para se obter uma ferramenta computacional, ou seja, um software capaz de armazenar grandes quantidades de informação, fazer consultas dos dados armazenados e inferências inteligentes são necessárias diversas etapas de aquisição do conhecimento. A mais básica de todas consiste na sistematização de parte do vocabulário usado e aceito pela comunidade de um dado domínio do conhecimento que se deseja estudar.

Portanto, este trabalho corresponde justamente a essa etapa mais inicial de aquisição do conhecimento necessária como ponto de partida para padronização e formalização da nomenclatura usada para descrever rochas carbonáticas e evaporíticas. Assim, este trabalho vem a contribuir e possibilitar que as etapas seguintes possam ser realizadas com o objetivo final de desenvolver uma ferramenta computacional que suporte descrições e consultas aprimoradas para as rochas intrabaciais.

2 ESTADO DA ARTE

Esse capítulo abordará a área geral em que se insere esse trabalho, correspondente às rochas intrabaciais. Será feita uma análise com base em descrições da área geral e suas relações com a área específica, correspondente ao desenvolvimento de ontologias para sistematização da terminologia descritiva das rochas intrabaciais.

Com isso, serão mostradas as argumentações que justificam a escolha para abordagem do problema proposto nesse trabalho. Bem como serão apresentadas as abordagens concorrentes disponíveis na literatura, que em muitos casos não oferecem uma abordagem para resolução do problema aqui proposto, mas sim para problemas e necessidades semelhantes, relacionados ao que se pretendeu resolver nesse trabalho.

2.1 Área Geral – Rochas Intrabaciais

As rochas químicas e/ou biogênicas constituem um conjunto bastante amplo e variado, contando com diversas variedades de espécies. Há muitos tipos distintos de rochas carbonáticas que variam muito entre si a partir de diferenças composicionais e texturais, além dos muitos tipos de evaporitos que se diferenciam, sobretudo devido a sua composição mineralógica.

Há muitos trabalhos dedicados a esses diversos tipos de rochas intrabaciais. Entretanto, é pouco comum que o foco das publicações consista em uma revisão bibliográfica que tente integrar e sistematizar a nomenclatura usada para descrevê-las e que estabeleça interpretações

genéticas a respeito dessas rochas. Contudo, há publicações que enfatizam aspectos descritivos mais gerais da petrologia sedimentar e, com isso, propõem terminologias atualizadas para o grupo composto pelas rochas bioquímicas, como por exemplo, em Blatt (1992), que estabelece os principais aspectos composicionais e texturais como critério para classificação das rochas carbonáticas e evaporíticas. Conteúdo semelhante pode ser obtido em Tucker (1991), que apresenta aspectos descritivos mais gerais das rochas intrabaciais, porém de forma mais resumida.

A maior parte das obras disponíveis sobre rochas intrabaciais concentra-se em rochas carbonáticas, que representam uma significativa porção, cerca de 10 a 15% em volume das rochas sedimentares existentes no planeta Boggs (1995). O estudo das fácies carbonáticas tem sido muito desenvolvido, como se pode verificar em James (1984a), que enfoca o desenvolvimento de modelos de fácies para rochas carbonáticas. Sobre essas rochas destacam-se, ainda, Tucker & Wright, (1990), sobre a sedimentologia de rochas carbonáticas, Read (1985), sobre modelos de fácies em plataformas carbonáticas, e Bathurst (1975), que oferece uma análise detalhada dos processos diagenéticos carbonáticos e suas diversas etapas evolutivas.

Destacam-se, além disso, alguns trabalhos de revisão de aspectos referentes à classificação dessas rochas como os trabalhos de Wright (1992) e os de Burne & Moore (1987), que revisaram os depósitos microbiais e as rochas deles derivadas (microbiólitos). Entre os trabalhos a respeito das rochas evaporíticas, Hardie (1984) fornece critérios para diferenciar evaporitos marinhos de não marinhos, e Kendall (1972), foca os principais ambientes de formação das rochas evaporíticas. E para as rochas fosfáticas há trabalhos como o de Burnett (1977) que descreveu aspectos de geoquímica e a respeito da origem de depósitos fosfáticos do Peru e do Chile. Entre os trabalhos referentes à origem, formação e aspectos diagenéticos das rochas silicosas, destaca-se o de Hesse

(1990), que fala da origem dos depósitos tipo chert e da diagênese de sedimentos silicosos de origem biogênica.

2.2 Área Específica – Sistematização do Conhecimento

No que diz respeito a trabalhos voltados especificamente para a sistematização do conhecimento, há trabalhos na área da Ciência da Computação que utilizam o desenvolvimento de ontologias para a Geologia como domínio de conhecimento. Esses trabalhos contribuem com o entendimento necessário de como a construção de ontologias pode ser usada como ferramenta para gerenciar o conhecimento dentro das Geociências.

O trabalho de Abel (2001) propõe melhorias na capacidade de aplicar habilidades intelectuais dentro da área de Petrografia Sedimentar, contribuindo com o desenvolvimento de técnicas de aprendizagem para a engenharia de conhecimento. Nesse trabalho são buscados os recursos cognitivos aplicados na resolução de problemas, que na Geologia consistem essencialmente em reconhecimento visual e raciocínio baseado na análise de imagens e busca por métodos analíticos de interpretação. Esse trabalho adota para a construção de ontologias de domínio a mesma abordagem proposta em (Gomez-Perez *et al*, 2004) para o domínio do conhecimento correspondente a petrografia sedimentar. Essa é a mesma abordagem para construção de ontologias empregada neste trabalho, porém aqui o domínio do conhecimento consiste na petrologia de rochas químicas.

Outros trabalhos que trazem abordagens semelhantes aplicadas às áreas de petrologia e de estratigrafia sedimentar são os de Lorenzatti *et al* (2010) e Carbonera (2012), respectivamente. Esses trabalhos foram desenvolvidos com a finalidade de sistematizar a terminologia de descrição de rochas siliciclásticas e das fácies sedimentares por elas formadas. E no trabalho de Carbonera (2012) são propostas ainda bases

para interpretação de ambientes a partir da descrição dos atributos de fácies sedimentares. Os trabalhos acima mencionados contribuíram em grande parte como referência e ponto de partida para o desenvolvimento de ontologias na área de geologia. Assim, as abordagens trazidas por esses autores serviram fortemente de base para o desenvolvimento deste trabalho.

Enquanto isso, do ponto de vista da Geologia, há trabalhos que compilam o conhecimento mais atual e utilizável em descrições e classificações de rochas sedimentares. Esses trabalhos contribuem para sistematização do conhecimento não através da construção de ontologias, mas a partir da revisão bibliográfica e estruturação dos conceitos e classificações vigentes. Muitos desses trabalhos foram aqui utilizados também como base para a busca da nomenclatura padronizada. Entre eles estão o de Pettijohn (1964), que fornece um atlas e glossário das estruturas sedimentares primárias e o de Lucchi (1995) que oferece um atlas com abundantes fotografias e descrições de estruturas sedimentares variadas.

Ainda com foco no estudo das estruturas sedimentares, temos o trabalho de Bouma (1969), que oferece informações detalhadas a cerca dos métodos de estudo das estruturas sedimentares. E o trabalho de Allen (1984) que aborda os aspectos físicos da gênese das estruturas e suas características gerais. Além de Collinson (1992) que oferece descrições das principais categorias de estruturas e suas principais feições diagnósticas e Demicco (1994), que trata das estruturas sedimentares sobre o ponto de vista da diagênese de depósitos carbonáticos marinho rasos. E na literatura nacional, destaque para os trabalhos produzidos pela Universidade do Vale dos Sinos, na publicação Estudos Tecnológicos, Acta Geologica Leopoldensia. São Leopoldo, RS, que oferece um glossário de estruturas sedimentares primárias, químicas e orgânicas e um atlas de estruturas sedimentares pré-gonduânicas do estado do Rio Grande do Sul.

2.3 Algumas Considerações

Os itens definidos como aspectos descritivos fundamentais das rochas químicas foram escolhidos nesse trabalho com base na sua importância e abrangência descritiva. Os itens selecionados foram os aspectos estruturais, texturais e composicionais, bem como o seu significado genético para possíveis interpretações. Neste trabalho, optou-se apenas pelo estudo dos aspectos descritivos macroscópicos, ou seja, apenas as feições usadas para descrever macroscopicamente as rochas carbonáticas e evaporíticas.

Poucos são os trabalhos que objetivam uma reformulação da sistemática usada para descrever rochas químicas e/ou biogênicas. E isso é válido tanto para as pesquisas brasileiras como para as estrangeiras. Portanto, este projeto pretende contribuir para a adequada descrição e interpretação dos aspectos genéticos para o conjunto de rochas intrabaciais composto pelas rochas carbonáticas e evaporíticas.

3 METODOLOGIA DE TRABALHO

Os métodos usados na abordagem do problema proposto consistem essencialmente no estudo de bibliografia especializada e na aplicação dos princípios usados no desenvolvimento de ontologias.

A etapa de revisão bibliográfica foi fundamental, pois como mencionado antes, para atingir os objetivos desse trabalho é necessária a minuciosa busca na literatura de terminologias mais adequadas e precisas de modo a usá-las como ponto de partida para a sistematização e padronização do conhecimento. Dessa maneira, diferente de outros trabalhos nos quais a revisão bibliográfica trata-se de uma das fases iniciais, nesse trabalho, porém, o uso da bibliografia é constante e se faz necessário em todas as fases da execução do projeto. Isso porque os resultados obtidos dependeram em grande parte das informações extraídas a partir do estudo e revisão da literatura disponível.

As técnicas para o desenvolvimento de ontologias constituem parte importante da metodologia usada nesse trabalho. Através delas é possível dispor de uma orientação de como estruturar e organizar o conhecimento obtido. Contudo, o termo “ontologia” muitas vezes por si só não esclarece o leitor exatamente do que está sendo referido. Afinal, trata-se de um termo que teve sua origem na filosofia, mas passou por uma evolução ao longo da história e neste trabalho ele é mencionado no âmbito das Ciências da Computação. Portanto, para maiores esclarecimentos as seções a seguir são destinadas a explicar a definição de Ontologia no contexto em que está sendo utilizada neste projeto. Assim como uma descrição do tipo de ontologia adotada no desenvolvimento desse trabalho.

3.1 Ontologias

O termo ontologia tem sua origem na Filosofia, onde é compreendido como um sistema de categorias, independente das linguagens utilizadas para representá-lo, que classifica sistematicamente os tipos de seres que existem e suas relações, estabelecendo uma determinada visão de mundo Guarino (1998). Na Ciência da Computação, a definição do termo modificou-se ao longo do tempo. Neste contexto, a primeira vez que o termo apareceu foi em Mealy (1967), como a disciplina que investiga as coisas que existem independentemente de suas múltiplas representações possíveis. De forma independente, a Inteligência Artificial (IA) passou a utilizar aquilo que ficou conhecido como ontologias de domínio, a partir de Hayes (1978), com a proposta da sua ontologia dos líquidos no contexto das suas investigações em Física. Ainda na área de IA, Neches *et al* (1991) define ontologia como o vocabulário de um domínio (termos e relações entre termos) associado ao conhecimento existente por trás desse vocabulário. Uma definição bastante referenciada na literatura foi a oferecida por Gruber (1995), que afirma que uma ontologia consiste em uma especificação explícita de uma conceitualização. Atualmente, uma definição bastante aceita na área da Ciência da Computação é a oferecida por Studer *et al* (1998), que uniu as definições propostas por Gruber (1995) e Borst (1997), estabelecendo que uma ontologia consista em uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada. E sendo essa última definição mais completa a adotada neste trabalho.

Esclarecendo os requisitos desta definição:

- Por especificação explícita, podemos entender as definições de conceitos, instâncias, relações, restrições e axiomas.
- Por formal, que é declarativamente definida, portanto, compreensível para agentes e sistemas computacionais, em outras palavras, uma linguagem que possa ser legível para computadores.

- Por conceitualização, que se trata de um modelo abstrato de uma área de conhecimento ou de um universo limitado de discurso.
- Por compartilhada, por tratar-se de um conhecimento consensual, seja uma terminologia comum da área modelada, ou acordada entre os desenvolvedores dos agentes que se comunicam. Trata-se de um conhecimento compartilhado e aceito por uma determinada comunidade, que pode se comunicar entre si, pois compartilha os significados dos termos.

Assim, apesar da palavra “ontologia” denotar uma teoria sobre a natureza do ser ou existência, em Inteligência Artificial ela pode ser interpretada como o conjunto de entidades com suas relações, restrições, axiomas e vocabulário. Uma ontologia define um domínio, ou, mais formalmente, especifica uma conceitualização acerca dele, Gruber (1995). Normalmente, uma ontologia é organizada em hierarquias de conceitos (ou taxonomias). Pelo fato de, idealmente, não refletirem nenhum formalismo específico, e de representarem com frequência um vocabulário comum entre usuários e sistemas Gruber (1995) pode-se considerar as ontologias como a materialização do nível de conhecimento.

De fato, ontologias pré-construídas sobre domínios restritos têm sido bastante reutilizadas e podem vir a representar um papel fundamental como fornecedoras de conhecimento para a inferência dinâmica realizada por agentes inteligentes.

Na Geologia, mais especificamente na petrologia sedimentar, o desenvolvimento de ontologias contribui para a consolidação de uma linguagem descritiva mais eficiente e eficaz no estabelecimento de interpretações da gênese da rocha. Outra importante vantagem é que a construção de ontologias permite que se utilize o conhecimento que foi adquirido na construção de sistemas computacionais específicos para determinada área da Geologia. Nesse caso, um dos objetivos futuros

desse trabalho é que parte do conhecimento, aqui adquirido, possa ser empregado para o desenvolvimento de um software especializado na descrição e interpretação macroscópica das rochas intrabaciais.

Para que se possa compreender como se dá a utilização das ontologias como metodologia para sistematização do conhecimento, de acordo com a definição de ontologia apresentada, será feita uma contextualização dos termos para a petrologia sedimentar. Considerando que, em última análise, uma ontologia corresponda a uma especificação explícita e formal de uma conceitualização compartilhada, será mostrado, a seguir, como cada um desses termos estão relacionados.

O que diz respeito à especificação explícita corresponde ao ato de tornar explícitos os conceitos, as propriedades, assim como suas restrições, funções e axiomas. Isso dentro de um domínio do conhecimento, que corresponde, nesse caso, a petrologia das rochas carbonáticas e evaporíticas. E os conceitos desse domínio correspondem ao significado de todos os termos que descrevem e transmitem conhecimento a cerca dessas rochas, como por exemplo, as estruturas e texturas sedimentares.

O termo formal enfatiza que esses conceitos e suas relações de significado devam estar organizados de tal forma sistemática, que possam a eles ser atribuídos códigos, que por sua vez, possam ser legíveis e processados por computadores. Assim se garante que o conhecimento adquirido possa ser utilizado por sistemas computacionais inteligentes, capazes de realizar interpretações a partir dos dados armazenados.

A conceitualização se refere à coleção dos conceitos, objetos e idéias, além de outras entidades e sua relação, que foram capturados a partir da área de conhecimento estudada. Assim sendo, correspondem aos conceitos mencionados acima, que constituem os aspectos texturais,

estruturais e composicionais das rochas químicas. E o termo *compartilhada* se refere ao importante fato de que os conceitos, as idéias e a linguagem que os expressa devem ser necessariamente compartilhados e compreendidos por uma determinada comunidade, que pode, a partir desses conceitos, comunicar-se entre si. Nesse caso, essa comunidade corresponde aos geólogos e mais especificamente aos petrólogos de rochas sedimentares. A figura 3.1, abaixo, ilustra as relações mencionadas entre o conceito de ontologia e sua contextualização na petrologia sedimentar. Cada vértice do triângulo representa um segmento presente na construção ontológica, sendo a petrologia sedimentar como objeto de estudo, os profissionais atuantes nessa área como a comunidade que compartilha do conhecimento e a informação sistematizada como um dos produtos do desenvolvimento.



Figura 3.1 – Representação de como o objeto de estudo e a atuação do geólogo se inserem no desenvolvimento de ontologias.

3.1.1 Tipos de Ontologias

Diferentes tipos de ontologias, de acordo com seu grau de genericidade podem ser delineados, segundo Gómez-Perez (2004):

- Ontologias de representação são aquelas que definem as primitivas de representação como axiomas e atributos de forma declarativa.
- Ontologias gerais (ou de topo) trazem definições abstratas necessárias para a compreensão de aspectos do mundo, como tempo, processos, papéis, espaço, seres, coisas, etc.
- Ontologias centrais (core ontologies) ou genéricas de domínio definem os ramos de estudo de uma área e/ou conceitos mais genéricos e abstratos desta área. Por exemplo, a ontologia central de Direito criada por Valente e Breuker (1996), inclui conhecimentos normativos, de responsabilidade, reativos, de agências legais, comportamentos permitidos, etc. Esses conceitos e conhecimentos foram agrupados nesta ontologia para que ela sirva de base para a construção de ontologias de ramos mais específicos do direito, como direito tributário, de família e outros.
- Ontologias de domínio tratam de um domínio mais específico de uma área genérica de conhecimento, como direito tributário, microbiologia, etc.
- Ontologias de aplicação procuram solucionar um problema específico de um domínio, como, por exemplo, identificar doenças do coração, a partir de uma ontologia de domínio de cardiologia. Normalmente, ela referencia termos de uma ontologia de domínio.

Como se pode perceber, os tipos de ontologias estão listados em ordem decrescente de genericidade. Nem todos os tipos são necessários para a construção de uma aplicação. Há ainda que se

preocupar em manter as ontologias reutilizáveis, ou seja, escolher que uma ontologia num nível acima da ontologia em uso esteja ligada a esta ou evitar relacionamentos com uma ontologia específica.

Existe outra classificação quanto ao teor das ontologias, aplicável apenas para os dois últimos tipos citados acima:

- Ontologias de tarefas descrevem tarefas de um domínio, como processos, planos, metas, escalonamentos, etc, mas com uma visão mais funcional, embora declarativa, de um domínio.
- Ontologias de domínio propriamente ditas, tem uma visão mais epistemológica do domínio, focando nos conceitos e objetos do universo de discurso.

3.1.2 Benefícios das Ontologias

À medida que tem crescido o interesse por ontologias pela comunidade de Ciência da Computação, elas têm sido utilizadas de diferentes maneiras. Muitas vezes são usadas para descrever domínios já consagrados, como Medicina, Engenharia e Direito, a fim de promover consenso entre a comunidade de agentes interessada no domínio em questão. Outras vezes, para promover integração entre bases de conhecimento de Sistemas Baseados em Conhecimento distintos Guizzardi (2004).

De forma geral, ontologias constituem uma ferramenta poderosa para suportar a especificação e a implementação de sistemas computacionais de qualquer complexidade. A utilização de ontologias oferece vantagens variadas, que podem ser resumidas em três principais áreas:

- Comunicação: ontologias são ferramentas úteis para ajudar as pessoas a se comunicarem, sob várias formas, acerca de um determinado conhecimento. Em primeiro lugar, elas podem ajudar as

peessoas a raciocinar e a entender o domínio do conhecimento e, portanto, atuam como uma referência para a obtenção do consenso numa comunidade profissional sobre o vocabulário técnico a ser usado nas suas interações. Além disso, ontologias constituem um excelente guia no processo de elicitação de conhecimento das diversas fontes.

- **Formalização:** devido à natureza formal da notação usada, a especificação do domínio elimina contradições e inconsistências envolvendo as restrições, resultando, portanto, em uma especificação não ambígua. Outro ponto a ser destacado é que, já que uma notação formal é usada, a especificação formalizada pode ser automaticamente verificada e validada, se um provador automático de teoremas existe para aquela notação. Com um mecanismo de inferência, é também possível derivar novos conhecimentos de forma automática, a partir da base de conhecimento já presente na ontologia. Por fim, esta característica torna possível a obtenção de um processo de geração de infraestruturas computacionais de maneira sistemática e idealmente automática.
- **Representação do conhecimento e reuso:** A ontologia forma um vocabulário de consenso e representa o conhecimento do domínio de forma explícita no seu mais alto nível de abstração, possuindo um potencial enorme de reuso. O conhecimento formalizado na camada de domínio pode ser especializado em diferentes aplicações, servindo diferentes propósitos, por diferentes equipes de desenvolvimento, em diferentes pontos do tempo.

3.2 Ontologias de Fundamentação

A partir da análise das diferentes ontologias aqui descritas e suas aplicabilidades e com base nas necessidades exigidas pelo problema proposto, optou-se pela ontologia de fundamentação proposta por Guizzardi (2004) e detalhadamente descrita em Carbonera (2012). A

seguir, serão mais bem explicados os fundamentos do tipo de ontologia adotada.

As ontologias de fundamentação, também chamadas de ontologias de nível superior, são meta-ontologias que definem conjuntos de categorias ontológicas de alto nível de abstração, independentemente do domínio, e que constituem uma fundamentação geral para múltiplas ontologias mais elaboradas, específicas a domínios particulares (GUIZZARDI; WAGNER, 2004).

Dessa forma, ontologias de fundamentação descrevem as categorias que são utilizadas para construção de modelos conceituais de nível inferior (como as ontologias de domínios específicos). Assim, as ontologias de fundamentação são tomadas como uma referência adequada para a elaboração de linguagens para modelagem conceitual, de modo que suas primitivas de representação reflitam o sistema de categorias e suas relações admissíveis, previstas pelas ontologias de fundamentação. Além disso, pode se dizer que ontologias de fundamentação também atuam como guias para a tomada de decisões de modelagem em um processo de modelagem conceitual, esclarecendo e justificando o significado dos modelos, aumentando a compreensibilidade e o potencial de reusabilidade dos mesmos (GUIZZARDI; WAGNER, 2004).

Entre esses tipos de ontologia de fundamentação, destaca-se a UFO (do inglês *Unified Foundational Ontology*), proposta como uma síntese (unificação) de noções abordadas por outras ontologias de fundamentação, tais como OntoClean/DOLCE e GFO/GOL, e que busca oferecer soluções para questões problemáticas não resolvidas existentes nessas outras ontologias (GUIZZARDI; WAGNER, 2004).

A UFO é concebida como uma ontologia de referência filosoficamente e cognitivamente bem fundamentada, que integra uma variedade de teorias de áreas tais como: Ontologia Formal, Lógica, Filosofia da Linguagem,

Lingüística e Psicologia Cognitiva. A UFO tem sido aplicada com sucesso na avaliação e integração de modelos de linguagem de modelagem conceitual, e também para prover semântica de mundo real Guizzardi *et al* (2009).

3.3 Etapas de Trabalho

Nessa seção são listados alguns dos principais passos, necessários nas etapas de construção de ontologias, que foram efetuados neste trabalho, a partir da utilização da ontologia de fundamentação, de acordo com a abordagem proposta para a construção de ontologias de domínio (Gomez-Perez *et al*, 2004) na área de Geologia como descrito por Abel (2001).

Etapas principais para o desenvolvimento de ontologias:

- Revisão da literatura sobre a descrição de rochas intrabaciais;
- Estudo dos formatos de descrição de testemunhos e afloramentos descritos na literatura;
- Definição dos atributos necessários para a perfeita caracterização composicional, estrutural e textural das unidades descritas macroscopicamente;
- Definição dos formatos de descrição;
- Definição dos passos sugeridos na sistemática descritiva;
- Definição do vocabulário a ser utilizado, assim como a definição formal e tradução dos termos para a língua Inglesa;
- Validação da sistemática descritiva e das interpretações genéticas obtidas.

A metodologia fundamental que esteve presente em todas as etapas deste projeto consistiu na realização de uma intensa pesquisa bibliográfica e na compilação de trabalhos existentes. A pesquisa

bibliográfica possibilitou a seleção da terminologia de descrição adotada para o estudo de rochas químicas e biogênicas. Assim, o trabalho se orientou pela busca de um modelo puramente descritivo de rochas intrabaciais, que separe as hipóteses iniciais de interpretação da tarefa de descrição propriamente dita.

3.4 Validação da terminologia

Nesta seção são apresentadas as principais etapas e os procedimentos que foram adotados para testar e validar a nomenclatura selecionada e o modo de descrição proposto. As etapas de validação efetuadas durante o desenvolvimento de ontologias representam todo o esforço empregado para testar a terminologia proposta. Durante essa etapa são realizadas as correções e os ajustes necessários para o aprimoramento da nomenclatura. Nesse processo, são feitas mais do que correções do vocabulário, são também realizados testes, que têm por finalidade garantir que o conjunto de termos e conceitos levantados durante o trabalho sejam de fato utilizáveis e aceitos pela comunidade que os utiliza.

Assim sendo, é muito importante garantir que além de qualidade, a nomenclatura tenha também aceitação do grupo que a utiliza. Em outras palavras, é preciso ter cuidado ao verificar se a padronização dos termos é abrangente e condizente com a maior parte do vocabulário já aceito e usado pela comunidade geológica. Por essa razão as etapas de validação são parte fundamental da metodologia usada nesse trabalho. A validação faz com que os resultados obtidos possam ser de fato úteis e aplicáveis em trabalhos futuros. A seguir, são mostrados os passos da validação, nos quais a terminologia foi testada, corrigida e validada.

Os recursos utilizados no processo de validação consistiram essencialmente em:

- Conversas formais e informais com especialistas da área.
- Seleção e análise de trabalhos acadêmicos para verificação da correspondência entre a nomenclatura proposta e a utilizada pelos autores.

As conversas formais e informais se deram ao longo de todo o trabalho. As conversas formais ocorreram por meio de reuniões marcadas para discussão de um ou mais tópicos específicos. E as conversas informais se deram a partir de encontros casuais ou através do uso de e-mails. Cada uma dessas formas de discussão foi importante para elucidar dúvidas que surgiram ao longo da execução das tarefas e para melhor direcionamento do trabalho. As reuniões foram realizadas com os professores dos institutos de Geociências e de Informática da UFRGS, envolvidos do projeto.

Foram utilizados ao todo nove trabalhos acadêmicos, dos quais dois são monografias de conclusão de curso em geologia a respeito dos aspectos petrográficos das rochas carbonáticas. Esses trabalhos contêm descrições macroscópicas de rochas carbonáticas pertencentes à sub-bacia de Una-Utinga, localizada na porção central do estado da Bahia, a cerca de 420 km de Salvador, na região da Chapada Diamantina e na Formação Salitre, neoproterozóica, na bacia de Irecê, situada na porção centro-norte do estado da Bahia.

Além desses trabalhos foram utilizadas cinco dissertações de mestrado e duas teses de doutorado que abrangem as ocorrências de rochas carbonáticas e evaporíticas das bacias de Santos (RJ), de São Francisco (Grupo Bambuí, MG), bacia do Amazonas e bacia de Sergipe-Alagoas. Foram utilizados ainda artigos disponíveis na literatura estrangeira. Com isso, se pretendeu obter um número variado e abrangente de descrições macroscópicas que fornecesse descrições detalhadas e com o maior número de termos descritivos possível. Dessa forma, foi possível avaliar a usabilidade da terminologia proposta, bem como seus benefícios e suas limitações.

4 RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos são apresentados a seguir em forma de quadros, nos quais são mostrados uma parte da nomenclatura levantada. Toda a terminologia foi proposta nos idiomas inglês e português a fim de se obter maior alcance no uso do vocabulário. Assim, as tabelas contêm os dados em sua versão na língua inglesa e portuguesa. Ao todo, foram levantadas 109 estruturas sedimentares e 93 termos para descrição dos aspectos composicionais das rochas carbonáticas e evaporíticas. Os quadros mostrados a seguir separam os itens descritivos de acordo com a categoria a que cada termo pertence.

O quadro 1, a seguir, apresenta as estruturas sedimentares selecionadas para a descrição de rochas carbonáticas e evaporíticas e as relações com os processos de gênese dessas estruturas. São apontadas três relações possíveis, a relação com processos biológicos de formação, com processos químicos de formação e com processos físicos. São também estabelecidas relações compostas pela combinação entre essas três relações possíveis. Assim, estão associados às estruturas selecionadas um ou mais desses processos de formação. No quadro 1, esses processos estão representados por números da seguinte forma:

I – Correspondem aos processos que dão origem as estruturas sedimentares unicamente por meio de processos de origem biológica, a partir da intervenção direta ou indireta de organismos vivos.

II – Representam os processos de origem unicamente química, por meio de processos de precipitação e evaporação de minerais.

III – Representam os processos de origem física, que registram feições diagnósticas de transporte por corrente, de modo que seja possível a origem

de estruturas sedimentares muito semelhantes às desenvolvidas pelas rochas detríticas, tais como a estratificação paralela e gradativa.

E muitas vezes são atribuídas às estruturas a combinação entre esses processos, havendo origens a partir de processos químicos e biológicos, químicos e físicos e biológicos e físicos.

ESTRUTURAS SEDIMENTARES SELECIONADAS		GÊNESE
INGLÊS	PORTUGUÊS	
Columnar stromatolite	Estromatólito colunar	
Stromatolitic lamination	Laminação estromatolítica	
Stromatolites	Estromatólitos	
Bioherm	Bioherma (Bioconstrução)	
Subspherical	Subesférica	
Domed	Em forma de domo	
Tabular	Tabular	
Tonguing	Língua	
Biostrome	Biostroma	
Biostrome tabular	Biostroma tabular	
Biostrome domed	Biostroma em forma de domo	
Branching and coalescing	Ramificações e coalescências	
Parallel	Paralela	
Slightly divergent	Levemente divergente	
Markedly divergent	Marcadamente divergente	
Coalescing columns	Colunas coalescentes	
Column shape and margin structure	Formas de coluna e estruturas de margem	
Cornices	Cornijas	
Bridge	Ponte	
Peaks	Picos	
Bumps	Saliências	
Projections	Prolongamentos	
Niche and projection	Nichos e prolongamentos	
Ribs	Costelas	
Lamina shape	Formas laminares	
Gently convex	Suavemente convexa	
Steeply convex	Acentuadamente convexa	
Rectangular	Retangular	

Rhombic	Rômbica	
Wavy	Ondulada	
Wrinkled	Enrugada	
Parabolic	Parabólica	
Micro-unconformity	Micro-discordância	
Tuberous	Tuberosa	
Non-columnar stromatolites	Estromatólitos não colunares	
Flat-laminated	Horizontalmente laminado	
Cumulate	Acumulado	
Undulatory	Ondulatório	
Pseudocolumnar	Pseudocolunar	
Columnar-layered	Colunar em camadas	I
Stromatactis	Estromatítica	
Microbial laminites	Laminitos microbiais	
Thrombolites	Trombólitos	
Fenestrae	Fendas	I
Deformed sulfate layers	Camadas deformadas de sulfato	
Nodular	Nodular	
Massive structure	Estrutura maciça	
Solution breccia	Brecha de dissolução	II
Bioturbation	Bioturbação	
Burrows disrupting	Buracos rompidos	
Mounds	Montes	
Reefs	Recifes	
Caliche	Caliche	
Tepee	Tenda	
Chicken-wire	Estrutura em mosaico	
Wavy–crinkly laminae	Laminação ondulada a plissada	
Isopachous lamination	Laminação isópaca	
Planar lamination	Laminação plana	
Wavy lamination	Laminação ondulada	
Crinkled lamination	Laminação plissada	
Wispy irregular laminae	Lâmina delgada irregular	
Very thin lamination	Laminação muito delgada	
Rhythmic bedding	Acamamento rítmico	
Plane-parallel lamination	Laminação plano-paralela	
Bird's-eye	Estrutura olho de pássaro	
Cryptalgal structure	Estrutura criptoalgal	
Geopetal structure	Estrutura geopetal	I e II

Load casts	Marcas de carga	
Flute casts	Turboglifos	
Groove cast	Marcas de ranhuras	
Sedimentary boudinage	Boudinagem sedimentar	
Slumping	Estruturas de escorregamento	
Mud cracks	Gretas de contração	
Prism cracks	Gretas em forma de prisma	
Sheet cracks	Gretas em forma de folha	
Breccias-conglomerates	Brechas de conglomerado	
Storm-lag lithoclast gravels	Litoclastos cascalhosos de tempestade	
Channel-lag gravels	Cascalhos de canal	
Imbricate gravels	Cascalhos imbricados	
Breccias	Brechas	
Neptunian dykes	Diques neptunianos	
Injection dykes	Diques de injeção	
Filled fissures	Fissuras preenchidas	
Ripple marks	Marcas onduladas	III
Tool markings	Marcas de sulco	I e III
Bird foot casts	Marcas de pé de pássaro	
Sole markings	Marcas de sola	
Convolute bedding	Estratificação convoluta	II e III
Planar thin bedding	Estratificação plana delgada	
Wavy thin bedding	Estratificação ondulada delgada	
Crinkled thin bedding	Estratificação plissada delgada	
Planar thick bedding	Estratificação plana espessa	
Wavy-crinkled thick bedding	Estratificação espessa ondulada plissada	
Hummocky cross-bedding	Estratificação cruzada truncada (<i>hummocky</i>)	
Large-scale cross-bedding	Estratificação cruzada de grande porte	
Medium-scale cross-bedding	Estratificação cruzada de médio porte	
Wave-ripple cross-bedding	Estratificação cruzada ondulada	
Heterolithic cross-bedding	Estratificação cruzada heterolítica	
Small-scale cross-bedding	Estratificação cruzada de pequeno porte	
Graded bedding	Estratificação gradacional	
Inversely-graded stratification	Estratificação com gradação inversa	

Lenticular stratification	Estratificação lenticular	
Convolute slump folding	Dobra convoluta de escorregamento	
Plane-parallel bedding	Estratificação plano-paralela	
Cross-bedding	Estratificação cruzada	
Stylolites	Estilolitos	
Plane-parallel bedding	Estratificação plano-paralela	
Graded bedding	Estratificação gradacional	
Chicken-wire (Mosaic)	Estrutura em mosaico	

Quadro 1 – Estruturas sedimentares selecionadas para descrever rochas biogênicas e químicas, associadas a sua gênese. A coluna da direita é preenchida com os números I, II e III que correspondem aos processos de origem biológica, química e física, respectivamente.

Composition	/	Composição
Gravel-size carbonate particles		Partículas de carbonato tamanho cascalho
Sand-size carbonate particles		Partículas de carbonato tamanho areia
Coarse silt-size carbonate particles		Partículas de carbonato tamanho silte grosso
Fossil Fragment		Fragmento de fóssil
Bioclast		Bioclasto
Lithoclast		Litoclasto
Extraclast		Extraclasto
Intraclast		Intraclasto
Pisoid		Pisóide
Peloid		Pelóide
Oolith		Oólito
Ooids		Oóides
Oncoids		Oncóides
Pellets		Pélete
Micrite		Micrito
Coarsely crystalline carbonate cement (Sparry cement)		Cimento de carbonato cristalino grosseiro (cimento espático)

Quadro 2 – Termos descritivos para composição de rochas biogênicas carbonáticas.

Noncarbonate Minerals	/	Minerais não carbonáticos
Clay minerals		Argilominerais

Quartz	Quartzo
Chert	Chert

Quadro 3 – Termos descritivos para a composição de minerais não carbonáticos.

Bioclast	/	Bioclasto
Calcareous algae		Alga calcária
Calcareous algae red		Alga calcária vermelha
Calcareous algae green		Alga calcária verde
Cocoliths		Cocólitos
Foraminiferans		Foraminíferos
Foraminiferans benthonic		Foraminíferos bentônicos
Foraminiferans planktonic		Foraminíferos planctônicos
Sponges		Esponjas
Stromatoporoids		Estromatoporóides
Milleporoids		Mileporídeos
Rugose		Rugoso
Tubulate		Tabular
Scleractinian		Escleratíneos
Alcyonarian		Alcionários
Bryozoans		Briozoários
Brachiopods		Braquiópodes
Molluscs		Moluscos
Chitons		Quitons
Bivalves		Bivalvos
Gastropods		Gastrópodes
Pteropods		Pterópodes
Cephalopods		Cefalópodes
Belemnoids		Belemnóides
Annelids		Anelídeos
Arthropods		Artrópodes
Decapods		Decápodes
Ostracods		Ostracodes
Barnacles		Barnacles
Trilobites		Trilobitas
Echinoderms		Equinodermos

Quadro 4 – Termos descritivos composicionais para os principais tipos de bioclastos.

Mineral \ Mineral	
Halite	Halita
Sylvite	Silvita
Carnallite	Carnallita
Anhydrite	Anidrita
Langbeinite	Langbeinita
Polyhalite	Polyhalita
Kieserite	Kieserita
Gypsum	Gipsita
Kainite	Kainita
Aphthitalite (Glaserite)	Aphthitalita (Glaserita)
Antarcticite	Antarcticita
Aragonite	Aragonita
Bassanite	Bassanita
Bischofite	Bischofita
Bloedite (Astrakanite)	Bloedita (Astrakanita)
Burkeite	Burkeita
Calcite	Calcita
Dolomite	Dolomita
Epsomite	Epsomita
Gaylussite	Gaylussita
Glauberite	Glauberita
Hanksite	Hanksita
Hexahydrate	Hexahidrita
Leonhardtite	Leonhardtita
Leonite	Leonita
Loewite	Loewita
	Calcita magnesiana
Magnesian calcite	
Mirabilite	Mirabilita
Nahcolite	Nahcolita
Natron	Natronita
Pentahydrate	Pentahidrita
Pirssonite	Pirssonita
Polyhalite	Polihalita
Rinneite	Rinneita
Sanderite	Sanderita
Schoenite (Picromerite)	Schoenita (Picromerita)
Shortite	Shortita
Syngenite	Syngenita
Tachyhydrate	Taquidrita
Thenardite	Thenardita
Thermonatrite	Thermonatrita

Trona	Trona
Van'thoffite	Van'thoffita
Borax	Bórax

Quadro 5 – Termos descritivos composicionais para as rochas evaporíticas constituídos pelos principais minerais presentes nessas rochas.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados obtidos nesse trabalho consistem essencialmente na nomenclatura construída para dar suporte às tarefas de descrição de rochas carbonáticas e evaporíticas. A importância dos resultados obtidos é representada, sobretudo, pela qualidade dos dados propostos, mais do que pela quantidade em si de informação fornecida. Uma vez que não foi possível, por razões de cumprimento de cronograma, efetuar a validação de uma quantidade mais extensa de terminologia descritiva. Isso se deu pela razão de que muitas vezes o processo de validação da terminologia é complexo, tornando-se extensivamente demorado. Nesse sentido, o menor volume de terminologia pesquisada se tornou uma limitação na utilização dos resultados, sendo necessária a inclusão e validação de maior volume de vocabulário descritivo.

Contudo, a relevância efetivamente obtida com o produto desse projeto se traduz pelo aprendizado adquirido no desenvolvimento de ontologias, aplicado à Geologia na área de Petrologia Sedimentar. Com isso, foi possível obter um significativo incremento na compreensão do processo de construção ontológico. Foi possível ainda compreender melhor os desafios e dificuldades existentes para sistematizar o conhecimento a cerca das rochas intrabaciais. E isso torna possível agregar novas abordagens mais eficazes para sistematizar o conhecimento nessa área.

Como possibilidade de utilização dos resultados obtidos, além do uso no aprimoramento de metodologias para a construção de ontologias, se tem ainda a utilização da terminologia pesquisada como parte da base de conhecimento para sistemas computacionais. Assim, é esperado que a nomenclatura elaborada por esse trabalho seja usada em um software desenvolvido para auxiliar as tarefas de descrição macroscópica de litologias, classificações e interpretações diversas.

6 CONCLUSÕES

As conclusões advindas desse estudo consistem no entendimento de que é possível aprimorar o vocabulário usado nas descrições e classificações de rochas intrabaciais por meio da utilização de ontologias, como metodologia de sistematização e organização do conhecimento. O uso da Ontologia de Fundamentação se mostrou eficiente no cumprimento das metas estabelecidas nesse trabalho. E se conclui também que é necessário o desenvolvimento de outras abordagens para aquisição e validação de maior volume de vocabulário descritivo para que se possam estabelecer mais profundas e variadas relações entre os conceitos e interpretações possíveis.

A contribuição maior oferecida por esse trabalho diz respeito ao aprimoramento da metodologia que foi aqui empregada, baseada no desenvolvimento de ontologias. Dessa forma, foi possível uma melhor compreensão e adequação dessa técnica para as particularidades e necessidades existentes na área específica da Petrologia Sedimentar. E as terminologias propostas nesse trabalho contribuirão para fornecer dados para a base de conhecimento das ferramentas computacionais que forem posteriormente desenvolvidas.

Para estudos futuros, que venham dar continuidade a esse trabalho, é importante que sejam desenvolvidas novas abordagens para aquisição e validação da ontologia, tais como estudos e trabalhos de campo em ocorrências específicas dessas rochas. Assim, será possível por meio de situações reais com grande demanda por descrições detalhadas avançar com maior velocidade na construção e validação da ontologia de rochas carbonáticas e evaporíticas.

REFERÊNCIAS

ABEL, M. **Estudo da perícia em petrografia sedimentar e sua importância para a engenharia de conhecimento.** (Tese de Doutorado). Programa de Pós-graduação em Computação, UFRGS, Porto Alegre, 2001.

ALLEN, John R.L., **Sedimentary structures : their character and physical basis.** 2.ed. Amsterdam : Elsevier, 1984.

BATHURST, R. G. C., 1975, **Carbonate Sediments and their Diagenesis:** Amsterdam, Elsevier, 658 p.

BLATT, H, 1992, **Sedimentary Petrology:** New York, U.S.A., Freeman, 514 p.

BLATT, H., G. Middleton, and R. Murray, 1980, **Origin of Sedimentary Rocks:** New Jersey, USA, Prentice-Hall, Inc., 782 p.

BOGGS, S.Jr. **Principles of Sedimentology and Stratigraphy.** Prentice Hall do Brasil Ltda. - RJ - 2ª Ed. 1995.

BORST, W.N. **Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse.** Doctoral thesis, Centre for Telematics and Informatino Technology, The Netherlands, 1997.

BOUMA, Arnold H., **Methods for the study of sedimentary structures.** New York : John Wiley & Sons, 1969.

BURNE, R.V. and Moore, L.S. 1987, **Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities.** *Palaios*, v. 2, p. 241-254.

BURNETT, W. C., 1977, **Geochemistry and origin of phosphorite deposits from off Peru and Chile:** *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 88, p. 813-823.

CARBONERA, J. L., **Raciocínio sobre conhecimento visual: Um estudo em Estratigrafia Sedimentar.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

COLLINSON, J.D.. **Sedimentary structures.** 2. ed. London : Chapman & Hall, 1992.

CONIGLIO, M., F. R., and B. R. Pratt, 2004, **Reef-capping laminites in the Upper Silurian carbonate-to-evaporite transition**, Michigan Basin, south-western Ontario: *Sedimentology*, v. 51, p. 653-668.

DEMICCO, Robert V., **Sedimentary structures and early diagenetic features of shallow marine carbonate deposits**. Tulsa, Okla. : Society of Sedimentary Geology, 1994.

FERNANDEZ, M., Gómez-Pérez, A., Juristo, N. **Methontology: from ontological art towards ontological engineering**. In Proceedings of the AAAI97 Spring Symposium Series on Ontological Engineering, 1997, p. 33–40.

GÓMEZ-PÉREZ, A., M. FERNÁNDEZ-LÓPEZ e O. CORCHO. **Ontological Engineering**. London: Springer. 2004. 403 p.

GÓMEZ-PÉREZ, A., Fernández-López, M., Corcho, O. **Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web**. (Advanced Information and Knowledge Processing), Springer-Verlag New York, Inc, 2007.

GRUBER, T.R.. **Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing**. *International Journal of Human Computer Studies*, 43(5), 1995, p.907–928.

GUARINO, N. **Concepts, attributes and arbitrary relations:: Some linguistic and ontological criteria for structuring knowledge bases**. *Data & Knowledge Engineering*, 8(3) , 1992, p.249–261.

GUARINO, N. **Formal ontology in information systems**, Citeseer, 1998.

GUARINO, N. **Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation**. *International Journal of Human Computer Studies*, 43(5), 1995, p.625–640.

GUIZZARDI G., Almeida J.P., Guizzardi, R., Falbo R. **Ontologias de Fundamentação e Modelagem Conceitual, Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias (NEMO)**, UFES, 2009.

GUIZZARDI, G., Wagner G., Guarino N., Van Sinderen, M. **An ontologically wellfounded profile for UML conceptual models**. In *Advanced Information Systems Engineering*, 2004, p. 1–122.

GUIZZARDI, G. **Ontological Foundations for Structural Conceptual Models**. In *Enschede*, The Netherlands: Universal Press, v.05-74. 2005. 410 p. (CTIT PhD Thesis Series),2005.

GUIZZARDI, G. & Wagner, G. **A unified foundational ontology and some applications of it in business modeling.** In **Workshop on Enterprise Modeling and Ontologies for Interoperability**, 16th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAISE), Riga, 2004.

HARDIE, L. A., 1984, **Evaporites: marine or non-marine:** Am. Jour. Sci., v. 284, p. 193-240.

HARDIE, L. A., 1986, **Tidal Flats: Colo. Sch. Min. Quat.**, v. 81, p. 1-74.

HARRIS, P. M., C. H. Moore, and J. L. Wilson, 1985, **Carbonate Platforms: Colo. Sch. Min. Quat.**, v. 80, p. 1-60.

HAYES, Patrick J. **Naive Physics I: Ontology for Liquids**, Volume 1. Université de Genève. Institut Dalle Molle pour les études sémantiques et cognitives. Editora Université de Genève, Institut pour les études sémantiques et cognitives, 1978. p. 50.

HESSE, R., 1990, **Origin of chert: diagenesis of biogenic siliceous sediments**, in I. A. McIlreath, and D. W. Morrow, eds., **Diagenesis: Geoscience Canada Reprint Series**, v. 4: Ottawa, Ontario, Geological Association of Canada, p. 227-251.

HESSE, R., 1990, **Silica diagenesis: origin of inorganic and replacement cherts**, in I. A. McIlreath, and D. W. Morrow, eds., **Diagenesis: Geoscience Canada Reprint Series**, v. 4: Ottawa, Ontario, Geological Association of Canada, p. 253-275.

JAMES, N. P., 1984, Carbonate slopes, in R. Walker, ed., **Facies Models: Geoscience Canada Reprint Series**, v. 1: Montreal, Geological Association of Canada, p. 133-143.

JAMES, N. P., 1984, **Introduction to carbonate facies models**, in R. Walker, ed., **Facies Models: Geoscience Canada Reprint Series**, v. 1: Montreal, Geological Association of Canada, p. 105-107.

JAMES, N. P., 1984, Reefs, in R. Walker, ed., **Facies Models: Geoscience Canada Reprint Series**, v. 1: Montreal, Geological Association of Canada, p. 121-132.

JAMES, N. P., 1984, Shallowing - Upward sequences in carbonates, in R. Walker, ed., **Facies Models: Geoscience Canada Reprint Series**, v. 1: Montreal, Geological Association of Canada, p. 109-119.

JAMES, N. P., and P. W. Choquette, 1990, Limestones: introduction, in I. A. McIlreath, and D. W. Morrow, eds., **Diagenesis: Geoscience Canada**

Reprint Series, v. 4: Ottawa, Ontario, Geological Association of Canada, p. 9-11.

JAMES, N. P., and I. G. Macintyre, 1985, Reefs - zonation, depositional facies, diagenesis: *Colo. Sch. Min. Quat.*, v. 80, p. 1-70.

KENDALL, A. C., 1972, **Continental and supratidal (sabkha) evaporites**, in J. K. Rigby, and W. K. Hamblin, eds., *Recognition of Ancient Sedimentary Environments: SEPM Spec. Pub.*, v. 16: Tulsa, Okla., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, p. 145-157.

KENDALL, A. C., 1972, **Subaqueous evaporites**, in J. K. Rigby, and W. K. Hamblin, eds., *Recognition of Ancient Sedimentary Environments: SEPM Spec. Pub.*, v. 16: Tulsa, Okla., Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, p. 145-157.

KNAUTH, L. P., 1994, Petrogenesis of chert, in P. J. Heaney, C. T. Prewitt, and G. V. Gibbs, eds., *Silica: Physical Behavior, Geochemistry and Materials Applications: Reviews in Mineralogy*, v. 29: Washington, D.C., Mineralogical Society of America, p. 233-258.

LORENZATTI, A., Abel, M., Fiorini, S.R., Bernardes, A.K. e Scherer, C.M.S. **Lecture Notes in Computer Science, 2011**, Volume 6404, *Advances in Artificial Intelligence – SBIA 2010*, Pages 1-10.

LORENZATTI, A. **Ontologia para Domínios Imagísticos: Combinando Primitivas Textuais e Pictóricas**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009.

LORENZATTI, A. et al. **Ontological Primitives for Visual Knowledge**. A. C. D. R. Costa, R. Vicari, et al (Ed.). *Advances in Artificial Intelligence SBIA 2010*. São Bernardo do Campo: Springer Berlin / Heidelberg, v.6404, 2011. *Ontological Primitives for Visual Knowledge*, p.1-10. (*Lectures Notes in Artificial Intelligence*) , 2011, p.1–10.

LUCCHI, Franco Ricci., **Sedimentographica : photographic atlas of sedimentary structures**. 2d.ed New York : Columbia University Press, 1995.

MAIKLEM, W. R., D. G. Bebout, and R. P. Glaister, 1969, **Classification of anhydrite - a practical approach**: *Bull. Can. Petrol. Geol.*, v. 17, p. 194-233.

MEALY, G. H. **Another Look at Data**. In: *Fall Joint Computer Conference (AFIPS Conference Proceedings)*, 1967. *Proceedings*. Thompson Books, 1967. v. 31, p. 525-534.

MOHRIAK, Webster., Peter Szatmari e Sylvia M. Couto Anjos. **Sal: Geologia e Tectônica; Exemplos nas Bacias Brasileiras**. Editora Beca, São Paulo, 2008.

NECHES, Robert; Fikes, Richard; Finin, Tom; Gruber, Thomas; Patil, Ramesh; Senator, Tod; and Swartout, William. **Enabling Technology for Knowledge Sharing**. In *AI Magazine*, Fall, 1991.

PACKARD, J. J., I. Al-Aasm, I. Samson, Z. Berger, and J. Davies, 2001, A Devonian hydrothermal chert reservoir: the 225 bcf Parkland field, British Columbia, Canada: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 85, p. 51-84.

PETTIJOHN, Francis John, **Atlas and glossary of primary sedimentary structures**. New York : Springer-Verlag, 1964.

PLATT, N. H., 1992, Fresh-water carbonates from the Lower Freshwater Molasse (Oligocene, western Switzerland): sedimentology and stable isotopes: *Sedim. Geol.*, v. 78, p. 661-669.

READ, J. F., 1985, **Carbonate platforms facies models**: Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 69, p. 1-21.

RIDING, R., 2000, Microbial carbonates: a geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms: *Sedimentology*, v. 47, p. 174-214.

ROVER, Aires José. **Informática no direito: inteligência artificial, introdução aos sistemas especialistas legais**. Curitiba: Juruá, 2001.

SALLER, A., B. Ball, S. Robertson, B. McPherson, C. Wene, R. Nims, and J. Gogas, 2001, Reservoir characteristics of Devonian cherts and their control on oil recovery: Dollarhide field, west Texas: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 85, p. 35-50.

SELLWOOD, B. W., 1989, Shallow-marine Carbonate Environments, *in* H. G. Reading, ed., *Sedimentary Environments and Facies*: Oxford, Blackwell, p. 283-341.

SCHOLLE, P. A., 1978, A Color-Illustrated Guide to Carbonate Rock Constituents, Textures, Cements, and Porosities: AAPG Memoir, v. 27: Tulsa, Okla., American Association of Petroleum Geologists, 241 p.

SCHOLLE, P. A., D. G. Bebout, and C. H. Moore, eds., 1983, **Carbonate Depositional Environments**, The American Association of Petroleum Geologists, 708 p.

SCHOLLE, P. A., and D. S. Ulmer-Scholle, 2003, **A Color Guide to the Petrography of Carbonate Rocks: Grains, textures, porosity,**

diagenesis: AAPG Memoir v. 77: Tulsa, Oklahoma, The American Association of Petroleum Geologists, 459 p.

SPENCER, R. J., and T. K. Lowenstein, 1990, Evaporites, *in* I. A. McIlreath, and D. W. Morrow, eds., *Diagenesis: Geoscience Canada Reprint Series*, v. 4: Ottawa, Ontario, Geological Association of Canada, p. 141-163.

STANLEY, S. M., 2008. **Earth System History**. W H FREEMAN – USA.

STUDER, R., Benjamins, V.R. & Fensel, D. **Knowledge engineering: principles and methods**. *Data & knowledge engineering*, 25(1-2), 1998, p.161–197.

TORRES, G. M., **Construção Colaborativa de Ontologias para Domínios Visuais Utilizando Fundamentação Ontológica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

TUCKER, M. E., 1991, **Sedimentary Petrology**: Blackwell Science, Oxford, UK, 260 p.

TUCKER, M.E. 1981. **Sedimentary Petrology: an Introduction**. Blacwell Science, Oxford.

TUCKER, M. E., and V. P. Wright, 1990, **Carbonate Sedimentology**: Oxford, Blackwell Scientific Publications, 482pp p.

VALENTE, A. and J. Breuker. **Towards principled core ontologies**. In B.R. Gaines and M. Mussen, editors, *Proceedings of the KAW-96*, Banff, Ca, 1996.

WARREM, J. K., 1989, *Evaporite Sedimentology - Importance in Hydrocarbon Accumulation: Advanced References Series - Physical and Life Sciences*: Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall, 285 p.

WARREM, J. K., 2003, **Evaporites**.

WRIGHT, V. P., 1992, **A revised classification of limestones**: *Sedim. Geol.*, v. 76, p. 177-185.

GEO-03015 - PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

Título da Monografia: Sistematização dos aspectos descritivos macroscópicos estruturais, texturais e composicionais para as rochas carbonáticas e evaporíticas	
Autor: Ariane Kravczyk Bernardes	
Orientador(es): Prof. Dr. Luiz Fernando De Ros; Profa. Dra. Mara Abel	
Nota Final (1 até 10): 9	
Examinador: Prof. Dr. Rualdo Menegat	Data: 15 de Janeiro de 2013

1. O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia? *Sim (X). Não (). Em parte ().*
2. O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia ?
Sim (X). Não (). Em parte ()
3. As ilustrações são úteis e adequadas? *Sim (X). Não (). Em parte ()*
4. O manuscrito apresenta estrutura organizada? *Sim (X). Não (). Em parte ()*
5. A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia?
Sim (X). Não (). Em parte ()
6. Os materiais e métodos são descritos adequadamente? *Sim (X). Não (). Em parte ()*
7. Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente? *Sim (X). Não (). Em parte ()*
8. As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos?
Sim (X). Não (). Em parte ()
9. As referências são convenientes e usadas adequadamente? *Sim (X). Não (). Em parte ()*
10. O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)?
Sim (X). Não (). Em parte ().

Comentários: Trata-se de trabalho sobre tema inédito no graduação de geologia, qual seja, o desenvolvimento de ontologias descritivas em geologia sedimentar, mais especificamente, para o trabalho com rochas carbonáticas. O estudo envolve conceitos advindos da ciência da computação onde relaciona as ciências da cognição e inteligência artificial com o intuito de elaborar linguagens descritivas mais formais e eficientes para as rochas carbonáticas. Dada a dificuldade do tema para alunos da geologia, o trabalho alcançou resultados tangíveis que demonstram a utilidade da ferramenta. Certamente estudos ulteriores e mais avançados conseguirão dar corpo a esse esforço precursor. Metodologicamente, o trabalho está bem estruturado, utilizou-se de conceitos modernos e coerentes. Há algumas correções a serem feitas na tradução de termos do inglês propostos nos quadros de I a V. A autora utiliza-se de linguagem clara, concisa. Os exemplos são esclarecedores e dão suporte ao raciocínio feito. Por fim, está de parabéns a autora pelo pioneirismo no estudo da cognição e Inteligência Artificial no âmbito do graduação em geologia.

GEO-03015 - PROJETO TEMÁTICO EM GEOLOGIA III

Título da Monografia:	Sintematização dos aspectos descritivos macroscópicos estruturais, Texturais e composicionais para a rocha carbonática e evaporítica	
Autor:	ARIANE KRAVCZYK BERNARDES	
Orientador(es):	LUIZ FERNANDO DE ROS & MARA ABEL	
Nota Final (1 até 10):	8,5	
Examinador:	NORBERTO DANI	Data: 15/01/2013

1. O título é informativo e reflete o conteúdo da monografia? Sim (). Não (). Em parte (X).
2. O resumo do trabalho informa sobre os tópicos essenciais da monografia? Sim (). Não (). Em parte (X)
3. As ilustrações são úteis e adequadas? Sim (). Não (X). Em parte (X)
4. O manuscrito apresenta estrutura organizada? Sim (). Não (). Em parte ()
5. A introdução apresenta os fundamentos para o restante do texto da monografia? Sim (). Não (). Em parte (X)
6. Os materiais e métodos são descritos adequadamente? Sim (). Não (X). Em parte ()
7. Os resultados são de qualidade e mostrados concisamente? Sim (). Não (). Em parte (X)
8. As interpretações e conclusões são baseadas nos dados obtidos? Sim (). Não (). Em parte (X)
9. As referências são convenientes e usadas adequadamente? Sim (X). Não (). Em parte ()
10. O manuscrito possui boa redação (digitação, ortografia e gramática)? Sim (). Não (). Em parte (X)

Comentários:	Durante a disciplina de Projeto Temático em I é abordado a escolha do "PROBLEMA" para a realização de uma pesquisa e nesta oportunidade algumas questões foram colocadas, visando: O problema é adequado para o proponente?; o proponente tem competência e meios para fazê-lo?; o proponente tem tempo para realizá-lo? crédito que a Unione aprendeu que a análise prévia do problema que será abordado é de igual importância que a realização do projeto. O tema é muito amplo e está na fronteira com outros à sua do conhecimento, advindo daí as dificuldades da autora em sua realização. O foco principal do projeto, que é a descrição macroscópica de Textura e estrutura de rocha carbonática e evaporítica não é tratado
---------------------	---