

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MÁRCIA VALÉRIA RODRIGUES FERREIRA

**ESTUDO EMPÍRICO E ASPECTOS PRÉ-COMPUTACIONAIS PARA
A DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE CAPACIDADES DA PERÍCIA
EM APRENDIZES DE XADREZ**

CURITIBA

2009

MÁRCIA VALÉRIA RODRIGUES FERREIRA

**ESTUDO EMPÍRICO E ASPECTOS PRÉ-COMPUTACIONAIS PARA
A DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE CAPACIDADES DA PERÍCIA
EM APRENDIZES DE XADREZ**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre. Programa de Pós-graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne

CURITIBA

2009

TERMO DE APROVAÇÃO

MÁRCIA VALÉRIA RODRIGUES FERREIRA

ESTUDO EMPÍRICO E ASPECTOS PRÉ-COMPUTACIONAIS PARA A DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE CAPACIDADES DA PERÍCIA EM APRENDIZES DE XADREZ

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, pela banca examinadora formada pelos professores:

Prof. Dr. Alexandre Ibrahim Direne
Departamento de Informática, UFPR

Profa. Dra. Laura Sanches García
Departamento de Informática, UFPR

Prof. Dr. Davidson Cury
Departamento de Informática, UFES

Curitiba, 31 de Agosto de 2009.

À minha mãe, Marly, por ser meu pilar e pelo apoio que me permitiu mais essa realização.

À minha família, pelo amor, pelo apoio e pela torcida em todas as fases da minha vida.

A vocês eu dedico essa vitória!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, pelo amor e apoio incondicional, especialmente à minha mãe, Marly, a pessoa mais incrível que eu conheço, exemplo de honestidade, coragem e ternura.

Ao meu namorado, Ronaldo, pela torcida, apoio, paciência e carinho. Você tornou essa caminhada mais doce e agradável.

Ao Prof. Dr. Alexandre I. Direne, meu orientador na pesquisa de dissertação, e à Laura Sanches García, minha orientadora nos projetos do C3SL/UFPR. Vocês foram mais que orientadores acadêmicos, foram também amigos, pais, conselheiros.

Ao Prof. Dr. Davidson Cury e, novamente, à Profa. Dra. Laura Sanches García, por terem aceitado o convite para participar da banca, pela leitura e pelas sugestões de melhoria deste documento.

Ao doutorando em educação e instrutor de xadrez Wilson da Silva, que, com muita disposição e boa vontade, deu várias contribuições para os primeiros resultados da pesquisa. E ao GMI Jaime Sunyé, que também avaliou e contribuiu para os primeiros resultados deste trabalho.

Ao instrutor de xadrez e aos aprendizes, alunos da Escola Estadual Hildegard Sondahl, que me permitiram ser “espectadora” em várias sessões de treinamento; aos instrutores e especialistas do CXC, por terem participado da pesquisa; e aos colaboradores do Clube, por permitirem utilizar o espaço para a realização das partidas, *post mortem* e entrevistas com especialistas e instrutores de xadrez. A colaboração de vocês foi fundamental para a realização desta pesquisa.

Ao professor Urbam pela atenção e longas conversas que sempre contribuíram para o meu crescimento. Ao professor Andrey, pela participação na banca da proposta e pelas dicas interessantes durante a realização da pesquisa. Aos professores Bona, Castilho, Fabiano, André, Marcos e Aldri. Cada um contribuiu de uma forma diferente para essa caminhada.

Ao C3SL – Centro de Computação Científica e Software Livre – da UFPR pela oportunidade de participar de projetos interessantes e de grande relevância social.

Aos funcionários do Departamento de Informática, sempre atenciosos. Em especial à Jucélia, secretária da pós-graduação, também sempre disposta a ajudar.

Ao Silvio e à Cecília, que leram este documento a procura de pequenos erros antes do envio para banca e para impressão, respectivamente. Ao Leandro, Zeh, que ajudou com a formatação da apresentação para a defesa.

Aos amigos que fiz em Curitiba: Marilda e Antônio, que me acolheram como pais logo que cheguei; Haroldo e Luíza, que também me acolheram com carinho. Aos amigos de república, do Hashi, do C3SL, das disciplinas, de futebol, de festas, de confidências, enfim, todos com quem compartilhei momentos felizes e difíceis nesse período. São tantas as pessoas iluminadas com as quais convivi que, para não ser injusta, gastaria muito espaço citando cada nome. Cada um de vocês sabe o quanto são especiais e o quanto contribuíram para eu concluir essa caminhada.

E à Deus, por me permitir realizar mais um sonho.

RESUMO

Este trabalho discute aspectos relevantes para o desenvolvimento da perícia no jogo de xadrez. É apresentada a hipótese central de que tal perícia é composta por capacidades isoladas. O problema de identificação de algumas dessas componentes está explicado em conjunto com a necessidade de ferramentas computacionais para apoiar a aquisição das referidas capacidades. A resenha literária mostra que as pesquisas existentes não apresentam as componentes da perícia nesse jogo de maneira sistemática, e que as ferramentas existentes para apoiar a aprendizagem nesse domínio não oferecem acompanhamento de longo prazo aos aprendizes. É apresentada a metodologia utilizada para identificar as capacidades isoladas da perícia em xadrez e os aspectos relevantes sobre o seu desenvolvimento. Os resultados do estudo empírico são discutidos. É apresentada uma proposta arquitetural de STI para prover acompanhamento de longo prazo em domínios onde as capacidades da perícia são conhecidas e existem ferramentas para aprendizes em níveis específicos. E, por fim, são discutidos os aspectos pré-computacionais para detecção automática da perícia em aprendizes de xadrez, detalhando a aplicação da arquitetura proposta no Projeto de Tipificação do Ensino de Xadrez – PROTEX.

Palavras-chave: STI. Sistemas Tutores Inteligentes. Arquitetura funcional para STI. Perícia no jogo de xadrez. Capacidades da perícia. Habilidades em jogos.

ABSTRACT

The work discusses relevant aspects for the development of expertise in chess. The main research assumption is based on the fact that chess expertise can be broken down into isolated components. The problem of identifying some of these components is explained along with the need of computational tools for supporting the acquisition of the referred abilities. The literature review suggests that existing research works so far have not approached the capacities of expertise in the game of chess in a systematic manner and that existing tools for the domain do not offer long-term tracking of the learner. A methodology for identifying the isolated capacities of expertise is presented as well as the relevant features of its development. The results of an empirical study are discussed. A functional architecture is proposed for ITS that may provide long-term tracking of the learner in domains where the capacities of expertise are known and there are enough tools for different levels competence. Finally, pre-computational aspects of the automatic detection of expertise in chess are discussed, expressing details of the applied architecture proposed in the PROTEX (Typicality in Chess Tutoring) project.

Keywords: ITS. Intelligent Tutoring Systems. Functional architecture for ITS. Expertise in chess. Capacities of expertise. Abilities in games.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 4.1 - CONVENÇÕES UTILIZADAS NOS EXEMPLOS.....	38
QUADRO 4.2 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE A ESCOLHA DA PRÓXIMA JOGADA.....	39
DIAGRAMA 4.1 - POSIÇÕES DE PARTIDAS ENTRE ESPECIALISTAS E O ROBÔ.....	39
QUADRO 4.3 - COMENTÁRIO DE ESPECIALISTA AO AVALIAR UMA POSIÇÃO.....	40
QUADRO 4.4 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL.....	41
DIAGRAMA 4.2 - POSIÇÕES REFERENCIADAS NO DIÁLOGO DO QUADRO 4.4.....	42
DIAGRAMA 4.3 - PADRÃO APRENDIDO.....	43
DIAGRAMA 4.4 - TRANSFORMAÇÃO SOBRE PADRÃO DE PEÇAS NO TABULEIRO.....	44
QUADRO 4.5 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL.....	45
DIAGRAMA 4.5 - POSIÇÕES QUE CONFIGURAM REI AFOGADO.....	45
DIAGRAMA 4.6 - POSIÇÕES COM PADRÃO TRANSLADADO NÃO EQUIVALENTE.....	46
QUADRO 4.6 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL.....	47
DIAGRAMA 4.7 - POSIÇÕES CITADAS NO QUADRO 4.6.....	48
QUADRO 4.7 - EXERCÍCIO DE FINAL COM I1.....	49
DIAGRAMA 4.8 - POSIÇÕES REFERENCIADAS NO QUADRO 4.7.....	49
QUADRO 4.8 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE A PROVÁVEL FINAL DA PARTIDA.....	50
DIAGRAMA 4.9 - POSIÇÃO DA PARTIDA ENTRE UM ESPECIALISTA E O ROBÔ.....	50
QUADRO 4.9 - COMENTÁRIOS DE UM ESPECIALISTA SOBRE SUA META.....	51
QUADRO 4.10 - DIÁLOGO ENTRE T E I2 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL.....	51
DIAGRAMA 4.10 - POSIÇÃO INICIAL CITADA NO QUADRO 4.10.....	52
FIGURA 4.1 - EXEMPLOS DE ÁRVORE DE LANCES.....	53
QUADRO 4.11 - EXPLICAÇÃO DE I3 SOBRE UMA DE SUAS JOGADAS.....	54
DIAGRAMA 4.11 - POSIÇÃO DA PARTIDA ENTRE DOIS APRENDIZES I3.....	54
QUADRO 4.12 - ESPECIALISTA EXPLICA A ESCOLHA DE UMA SEQUÊNCIAS DE LANCES.....	55
DIAGRAMA 4.12 - POSIÇÃO DA PARTIDA DE UM ESPECIALISTA CONTRA O ROBÔ.....	55
QUADRO 4.13 - ESCOLHA EQUIVOCADA DE UMA SEQUÊNCIA DE LANCES.....	57
DIAGRAMA 4.13 - POSIÇÕES DA PARTIDA DE UM ESPECIALISTA CONTRA O ROBÔ.....	57
QUADRO 4.14 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL.....	58
DIAGRAMA 4.14 - POSIÇÕES REFERENCIADAS NO QUADRO 4.14.....	59
QUADRO 4.15 - COMENTÁRIO SOBRE A MEMORIZAÇÃO DE SUBÁRVORE DE LANCES.....	60
QUADRO 4.16 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE VALOR RELATIVO DE PEÇAS.....	61
QUADRO 4.17 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE SUA DESVANTAGEM TEMPORAL.....	62
DIAGRAMA 4.15 - POSIÇÃO FINAL DA PARTIDA ENTRE UM ESPECIALISTA E O ROBÔ.....	62
QUADRO 4.18 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL.....	66
QUADRO 4.19 - COMENTÁRIO SOBRE A RELAÇÃO TABULEIRO-PEÇAS.....	66
DIAGRAMA 4.16 - POSIÇÕES DA PARTIDA ENTRE UM ESPECIALISTA E O ROBÔ.....	67
QUADRO 4.20 - COMENTÁRIO DE UM ESPECIALISTA SOBRE HARMONIA DE PEÇAS.....	67
DIAGRAMA 4.17: POSIÇÕES DA PARTIDA DE UM ESPECIALISTA CONTRA O ROBÔ.....	68

FIGURA 4.2 - ESTIMATIVA DE DESENVOLVIMENTO DAS CAPACIDADES POR CLASSE.....	74
FIGURA 5.1 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA CLÁSSICA DE STI.....	77
FIGURA 5.2 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA ALTERADA DE STI.....	78
FIGURA 5.3 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA INCREMENTAL DE STI.....	79
FIGURA 5.4 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA INCREMENTAL DE STI NO PROTEX.....	83
QUADRO 5.1 - INFORMAÇÕES DO MÓDULO DO APRENDIZ ENTRADAS PELO USUÁRIO.....	84
QUADRO 5.2 - INFORMAÇÕES DO MÓDULO DO APRENDIZ CALCULADAS PELO STI.....	85
QUADRO 5.3 - INFORMAÇÕES SOLICITADAS NO CADASTRO DE APRENDIZ NO STI.....	86
QUADRO 5.4 - INFORMAÇÕES SOBRE AS INTERAÇÕES COM AS FERRAMENTAS.....	87
QUADRO 5.5 - INFORMAÇÕES SOBRE AS FERRAMENTAS REGISTRADAS NO STI.....	89
QUADRO 5.6 - APRENDIZ CADASTRA-SE NO STI.....	91
QUADRO 5.7 - APRENDIZ USA O STI.....	91
QUADRO 5.8 - APRENDIZ ALTERA INFORMAÇÕES DO SEU PERFIL.....	92
QUADRO 5.9 - APRENDIZ VERIFICA O SEU PRÓPRIO DESENVOLVIMENTO.....	92
FIGURA 5.5 - SKILLOMETER – PROBABILIDADE DE DESENVOLVIMENTO DO APRENDIZ.....	93

LISTA DE TABELAS

TABELA 4.1 - PORCENTAGEM DE DESENVOLVIMENTO DAS CAPACIDADES POR CLASSE.....72

LISTA DE SIGLAS

- C3SL - Centro de Computação Científica e Software Livre
- CXC - Clube de Xadrez de Curitiba
- FIDE - *Fédération Internationale des Échecs*
(Federação Internacional de Xadrez)
- GMI - Grande Mestre Internacional
Título conferido pela FIDE, de maior grau.
- MF - Mestre FIDE
Título conferido pela FIDE, abaixo do MI.
- MI - Mestre Internacional
Título conferido pela FIDE, abaixo do GMI.
- PROTEX - Projeto de Tipificação do Ensino de Xadrez
- STI - Sistemas Tutoriais Inteligentes
(*ITS – Intelligent Tutoring Systems*)
- UFPR - Universidade Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

	Rei branco
	Rei preto
	Dama branca
	Dama preta
	Torre branca
	Torre preta
	Bispo branco
	Bispo preto
	Cavalo branco
	Cavalo preto
	Peão branco
	Peão preto

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
1.1 O problema central.....	15
1.2 Objetivos do trabalho.....	16
1.2.1 Objetivos gerais.....	16
1.2.2 Objetivos específicos.....	17
1.3 Justificativa.....	17
1.4 Contexto do projeto.....	18
1.5 Estrutura da dissertação.....	21
RESENHA LITERÁRIA.....	22
2.1 Aspectos relacionados à perícia em xadrez.....	22
2.2 STI e modelagem de ferramentas de ensino e aprendizagem.....	27
METODOLOGIA.....	30
3.1 Hipótese simplificadora.....	30
3.2 Passos metodológicos.....	30
3.2.1 Pesquisa bibliográfica complementar.....	30
3.2.2 Estudo empírico.....	31
3.2.3 Análise dos dados do estudo empírico.....	34
3.2.4 Formalização das capacidades táticas e estratégicas da perícia em xadrez.....	34
3.2.5 Delineamento dos aspectos pré-computacionais para detecção automática da perícia em aprendizes de xadrez.....	34
RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO.....	36
4.1 Capacidades identificadas.....	36
4.1.1 Avaliação e seleção.....	38
4.1.2 Classificar e reconhecer padrões de peças.....	40
4.1.2.1 Classificar e reconhecer padrões transformados.....	43
4.1.3 Perceber relação dinâmica entre padrões.....	46
4.1.4 Definir metas.....	50
4.1.5 Projeção da árvore de lances candidatos.....	52
4.1.5.1 Prever as melhores jogadas do adversário.....	56
4.1.6 Abandonar hipóteses e definir nova meta.....	59
4.1.7 Memorizar subárvore de lances.....	60
4.1.8 Reconhecer etapas da partida (abertura, meio e final de jogo).....	61
4.1.9 Administração do tempo.....	61
4.1.10 Administração material.....	63
4.1.11 Administração posicional.....	64
4.1.11.1 Abstração dos esquemas tabuleiro-peça.....	65

4.1.11.2 Reconhecer harmonia de peças.....	67
4.1.11.3 Administrar cooperação entre as peças.....	68
4.1.12 Abstração do tabuleiro.....	69
4.2 Outros fatores que podem influenciar o desempenho do enxadrista.....	70
4.3 Desenvolvimento das capacidades táticas e estratégicas da perícia em xadrez.....	70
DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE CAPACIDADES DA PERÍCIA EM APRENDIZES DE XADREZ.....	76
5.1 Arquitetura funcionalista clássica de STI.....	76
5.2 Arquitetura funcionalista incremental de um STI.....	78
5.3 Arquitetura funcionalista incremental no PROTEX.....	82
5.4 Modelo do aprendiz na arquitetura funcionalista incremental no PROTEX.....	84
5.5 Módulo pedagógico na arquitetura funcionalista incremental no PROTEX.....	88
5.6 Módulo de interface na arquitetura funcionalista incremental no PROTEX.....	90
CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS.....	94
6.1 Contribuições e retrospectiva.....	94
6.2 Trabalhos futuros.....	95
REFERÊNCIAS.....	97
APÊNDICES.....	100
ANEXO.....	111

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Neste capítulo são descritos o problema central, os objetivos gerais e específicos, a justificativa e o contexto no qual o presente trabalho está inserido. Ao final, são descritos brevemente os tópicos abordados pelos demais capítulos deste trabalho.

1.1 O problema central

O xadrez é um dos jogos mais utilizados em contextos educacionais. Acredita-se que sua prática ajuda no desenvolvimento da lógica e da percepção espacial de seus praticantes (BUENO *et al.*, 2008). Trata-se de um jogo que não tem componentes aleatórias como os “jogos de azar” (FEITOSA *et al.*, 2007). Em outras palavras, é de natureza puramente heurística, o que requer o uso do raciocínio lógico durante as partidas.

Com a popularização dos computadores, surgiram iniciativas para desenvolvimento de software de apoio ao ensino e aprendizagem do xadrez. Os programas comerciais de ensino desse jogo se concentram, em sua maioria, no ensino dos *princípios*, quais sejam: o conhecimento da geometria do tabuleiro, a apresentação das peças, a posição das peças no tabuleiro e, finalmente, os movimentos lícitos de cada peça. Todavia, algumas raras iniciativas de pesquisa e desenvolvimento abordam os passos posteriores aos dos princípios e entram no território do que pode ser chamado de “ensino de capacidades da *perícia* no jogo”.

No presente trabalho, *perícia* refere-se à competência do aprendiz em solucionar problemas em um domínio. Já as capacidades referem-se às habilidades que compõem a *perícia* em tal domínio. Em contextos de ensino e aprendizagem, os estudantes são geralmente classificados em níveis de desenvolvimento. Essa

classificação é realizada considerando as habilidades do aprendiz em solucionar problemas daquele domínio, ou seja, levando em conta as capacidades periciais já desenvolvidas por ele.

Os sistemas computacionais mais usados para apoiar o ensino e a aprendizagem oferecendo suporte adequado ao nível de desenvolvimento dos estudante são os Sistemas Tutores Inteligentes - STI (NWANA, 1990). Porém, poucos são os domínios para os quais existe um STI que consiga oferecer acompanhamento de longo prazo aos aprendizes. Os fatores que dificultam a construção desse tipo de sistema são, principalmente, a necessidade de se conhecer as capacidades da perícia no domínio e a complexidade da construção conceitual de cada um dos seus módulos. Essas são, ainda, questões em aberto para o domínio do jogo de xadrez, e são essas carências que o presente trabalho pretende suprir.

1.2 Objetivos do trabalho

1.2.1 Objetivos gerais

Até o presente momento, não se tem conhecimento de um trabalho que apresente e formalize as capacidades táticas e estratégicas da perícia no jogo de xadrez de maneira sistemática. Também não se tem conhecimento de um STI que ofereça um acompanhamento de longo prazo aos aprendizes no domínio. Portanto, os objetivos gerais deste trabalho de pesquisa são 1) identificar e apresentar de maneira sistemática as capacidades táticas e estratégicas da perícia no jogo de xadrez, e 2) discutir aspectos pré-computacionais para a construção de um STI para acompanhamento de longo prazo aos aprendizes desse domínio.

1.2.2 Objetivos específicos

Para alcançar os objetivos gerais, alguns objetivos específicos foram definidos:

- a) Identificar e apresentar as capacidades táticas e estratégicas da perícia no jogo de xadrez;
- b) Identificar aspectos relevantes sobre o desenvolvimento dessas capacidades por aprendizes nesse domínio;
- c) Delinear aspectos pré-computacionais para a construção de um STI que ofereça suporte adequado ao aprendiz em todos os estágios de desenvolvimento em xadrez.

1.3 Justificativa

Em uma atividade de tutoria, os elementos de comunicação entre os humanos permitem ao tutor perceber as capacidades e dificuldades do aprendiz. As possibilidades de intervenção, os gestos, o tom de voz, entre outros elementos, permitem ao tutor perceber quais são as dúvidas e necessidades do estudante naquele momento da aprendizagem. Dessa forma, o tutor pode intervir, dando explicações, lançando desafios, sugerindo conteúdos e atividades adequadas ao nível de desenvolvimento em que o aprendiz se encontra, mesmo sem ter conhecimento de todo o conjunto de capacidades que devem ser desenvolvidas naquele domínio específico. Um exemplo que ilustra tal capacidade do tutor humano pode ser verificado no Quadro 4.5 da seção 4.1.2.1.

Já na tutoria apoiada por computador, os elementos de comunicação entre o aprendiz e a máquina são bem mais restritos, geralmente, resumindo-se ao mouse, teclado e monitor. Além disso, o que é ainda mais agravante é a incapacidade perceptiva da máquina, comparada à percepção do tutor humano. Dessa forma, conhecer as componentes da perícia em um domínio, como elas ocorrem e são

treinadas, torna-se essencial para a construção de um STI que considere o desenvolvimento do aprendiz no momento da interação. Baseando-se nesse conhecimento, é possível projetar STI que:

- apoie o desenvolvimento enfatizado de cada capacidade;
- detecte, durante a interação, as capacidades e incapacidades do aprendiz;
- sugira conteúdos e atividades adequadas ao nível de desenvolvimento em que ele se encontre;
- identifique as dificuldades e, ainda que de forma mais limitada do que na tutoria entre humanos, ofereça uma ajuda contextualizada, dando explicações, lançando desafios, sugerindo conteúdos e atividades que ajudem-no a desenvolver as capacidades ausentes ou pouco desenvolvidas, que geraram tal dificuldade naquele momento da interação.

1.4 Contexto do projeto

O presente trabalho encontra-se inserido no Projeto de Tipificação do Ensino de Xadrez - PROTEX (DIRENE *et al.*, 2004), cujo objetivo principal é o desenvolvimento de software livre para apoiar o ensino e aprendizagem do jogo. Esse projeto é uma iniciativa que aborda não só os princípios, mas, também, a perícia em xadrez. Várias ferramentas já foram construídas no escopo do PROTEX visando apoiar o desenvolvimento de aprendizes que encontram-se em níveis de desenvolvimento específicos.

Os níveis (ou estágios) de desenvolvimento dos aprendizes considerados neste trabalho são:

- Iniciante: classe de aprendizes que estão aprendendo as regras do xadrez e os movimento lícitos, ou seja, os princípios do jogo;
- Intermediário: classe de aprendizes que já sabem os princípios do jogo, já fazem as jogadas de forma automatizadas, e estão desenvolvendo as capacidades da perícia no jogo do xadrez;
- Especialista: classe de aprendizes que fazem refinamentos sutis nas várias capacidades já bem desenvolvidas e desenvolvem outras capacidades mais complexas.

As ferramentas desenvolvidas no escopo do PROTEX direcionadas para iniciantes são: 1) Ambiente Xadrez Livre - ambiente do servidor de xadrez, descrito em (PICUSSA *et al.*, 2007) e disponível em <http://xadrezlivre.c3sl.ufpr.br>; 2) XadrEx - Expertise em Xadrez (AGUIAR *et al.*, 2007); 3) Monitor interativo, integrado ao Ambiente Xadrez Livre, descrito em “A User-Interface Environment Solution for an Online Educational Chess Server” (PICUSSA *et al.*, 2008).

Já as ferramentas direcionadas para aprendizes que já superaram a fase de aprendizagem de princípios e estão em algum dos níveis de desenvolvimento pericial no jogo são: 1) Ambiente Xadrez Livre - ambiente do servidor de xadrez na web, cuja interação é descrita em (PICUSSA *et al.* 2007); 2) SAEX – Sistema de Apoio ao Ensino de Xadrez (SCHÄFER, 2000); 3) brKChess – Ferramenta de autoria e ensino em xadrez (HARTMANN *et al.*, 2005); 4) CACAREJE – Colaboração Alternada com Competição na Aprendizagem Referenciada por Jogos Educativos (MARTINESCHEN *et al.*, 2006); 5) HeuChess+ – Ferramenta para comparação e avaliação de heurísticas (BUENO *et al.*, 2008), que é uma evolução da Heuchess – Ferramenta de autoria de heurística (FEITOSA *et al.*, 2007); 6) JAS – Jogador de abordagem socrática (HOBMEIR NETO *et al.*, 2008).

A ferramenta Xadrez Livre foi desenvolvida para ser usada por aprendizes que se encontram em qualquer um dos níveis de desenvolvimento em xadrez (PICUSSA

et al. 2007). Ela permite, dentre outras coisas, a realização de partidas entre humanos e com robôs. Entretanto, ela é essencialmente voltada para a prática pericial, não apresentando explicitamente durante a interação os princípios do domínio do xadrez nos quais estão ancorados. Já a ferramenta XadrEx (AGUIAR *et al.*, 2007) privilegia os princípios do jogo em detrimento da prática, possibilitando a autoria de conhecimentos teóricos e exercícios de fixação direcionados para iniciantes em xadrez.

As funcionalidades oferecidas nas várias outras ferramentas do PROTEX auxiliam os aprendizes a estabelecer relações entre a teoria e o desenvolvimento de habilidades específicas, mesmo que ainda não tenham um conjunto completo e sistematicamente produzido com as múltiplas capacidades da perícia em xadrez. Entretanto, elas são supostamente direcionadas a níveis específicos de aprendizagem (SCHÄFER, 2000; HARTMANN *et al.*, 2005; MARTINESCHEN *et al.*, 2006; FEITOSA *et al.*, 2007; AGUIAR *et al.*, 2007; BUENO *et al.*, 2008; HOBMEIR NETO *et al.*, 2008 e o Monitor interativo integrado ao Ambiente Xadrez Livre, descrito em PICUSSA *et al.*, 2008).

As ferramentas citadas foram (ou estão sendo) desenvolvidas para funcionarem independentemente ou encadeadas a apenas mais uma ferramenta. Entretanto, sob o ponto de vista educacional, o uso de qualquer uma delas independentemente não oferece suporte adequado ao nível de competência do aprendiz em todos os estágios de desenvolvimento em xadrez. Já o uso integrado dessas ferramentas em um STI potencializaria sua eficiência, uma vez que o aprendiz poderia usá-las em um único sistema.

Nesse STI, o registro explícito das múltiplas capacidades da perícia dos aprendizes serviria de base para o ambiente decidir como lidar com as particularidades de cada usuário, sugerindo a utilização de uma ferramenta adequada ao nível pericial em que o usuário se encontrasse. Dessa forma, o uso de

diferentes ferramentas seria transparente para o estudante, já que elas lhe seriam apresentadas como funcionalidades do mesmo sistema.

Este trabalho vem, então, suprir algumas necessidades existentes no PROTEX: a identificação das capacidades táticas e estratégicas da perícia em xadrez e, a partir desses resultados, discutir aspectos pré-computacionais para a construção de um STI para a integração das ferramentas de apoio ao ensino e aprendizagem do jogo.

1.5 Estrutura da dissertação

Esta Dissertação está organizada em 6 capítulos. Este Capítulo apresenta a Introdução. No Capítulo 2 é apresentada uma resenha literária de trabalhos correlatos. No Capítulo 3 a metodologia utilizada é descrita. As contribuições são apresentadas nos Capítulos 4 e 5, sendo que no 4 são descritos os resultados do estudo empírico e no 5 são delineados aspectos pré-computacionais para detecção automática de perícia em aprendizes de xadrez. E, por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões desta pesquisa e as propostas de trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

RESENHA LITERÁRIA

Neste Capítulo é apresentada uma análise crítica de alguns trabalhos relacionados com o problema exposto no Capítulo 1.

2.1 Aspectos relacionados à perícia em xadrez

O desenvolvimento das capacidades da perícia em um domínio específico ocorre, geralmente, após a compreensão dos respectivos princípios. Primeiro, o conhecimento é adquirido declarativamente por meio de instrução e, posteriormente, transformado em procedimentos por meio da prática (DIRENE, 1997). Assim, após a compreensão dos princípios, a prática é que irá permitir ao indivíduo desenvolver as capacidades da perícia.

Existe uma vasta literatura associada ao jogo de xadrez (SILVA, 2004). Muitas publicações são relacionadas aos princípios do jogo, apresentados no Anexo. Outras pesquisas são relacionadas às características dos jogadores, e já começam a entrar no campo da perícia no domínio. Algumas dessas últimas são relevantes para o presente trabalho e serão descritas sucintamente nesta seção.

Neste ponto é interessante definir os conceitos de estratégia e de tática considerados neste trabalho, já que eles estão presentes em muitos dos resultados das pesquisas apresentadas nesta seção. Estratégia refere-se à “capacidade para estabelecer objetivos e desenvolver planos para atingir estes objetivos durante a partida” (SILVA, 2004, p. 55). E tática refere-se à “manobra das forças durante o combate, ou seja, as ações concretas de um plano estratégico” (SILVA, 2004, p. 55).

Cleveland (1907) pesquisou sobre a aprendizagem no jogo de xadrez. De acordo com o autor, o desenvolvimento da habilidade nesse domínio passa por cinco estágios:

Primeiro: aprendizagem do nome e do movimentos das peças e, posteriormente, o desenvolvimento da habilidade de fazer movimentos de forma automatizada;

Segundo: realização de movimentos de defesa e ataques individuais com o objetivo de capturar peças de seu adversário, mas sem tática ou estratégia definidas;

Terceiro: aprendizagem da relação entre as peças, o valor dos grupos e das peças individuais como parte dos grupos;

Quarto: planejamento consciente do desenvolvimento sistemático das peças durante a partida;

Quinto: aquisição do sentido posicional no domínio do xadrez. (CLEVELAND, 1907).

Outra pesquisa, realizada com enxadristas que jogavam partidas simultâneas às cegas¹, cita três características apresentadas por esses jogadores: 1) os enxadristas percebem as posições de jogo e as sequências de movimentos como unidades bem estruturadas e não como peças e movimentos individuais dissociados; 2) os enxadristas não têm em mente uma imagem completa do tabuleiro, mas uma imagem de forma inacabada onde eles procuram reconstruir continuamente os detalhes da posição corrente; e 3) os enxadristas não veem as peças, então os detalhes de cor e forma das peças são abstraídos. Logo, sua memorização é do tipo visual abstrata e não do tipo visual concreta (BINET², 1894, citado por Wilson, 2004).

1 “Em uma partida simultânea às cegas um enxadrista de maior força joga simultaneamente contra vários adversários ao mesmo tempo, sem que possa ver os tabuleiros. Ele faz os lances verbalmente, usando a notação de xadrez, e alguém lhe transmite as respostas aos lances também pela notação” (Silva, 2005, p. 40).

2 BINET, A. *Psychologie des Grands Calculateurs et Joueurs d’Echecs*. Paris: Hachette, 1894.

Miller (1956) estudou sobre a capacidade de armazenamento de blocos (*chunks*) de informação (ou palavras) na memória de curta duração e concluiu que esta capacidade é de aproximadamente 7 (± 2 , ou seja, de 5 a 9 palavras ou blocos), mas que pode-se ampliar essa capacidade por meio de treinamento (MILLER, 1956).

De acordo com Schäfer (2000), os enxadristas aprendem a associar características visuais com regiões do tabuleiro, criando padrões. Esses padrões são usados para classificar imagens de tabuleiros, formando casos exemplares em suas memórias. Os casos exemplares são, então, usados para a análise de jogadas. Quando a experiência com o jogo vai aumentando, eles desenvolvem a habilidade de comparação de padrões visuais baseando-se em seu volumoso estoque de casos exemplares memorizados (SCHÄFER, 2000).

Pesquisas mais recentes sobre o mecanismo de memória dos enxadristas concluíram que uma diferença básica entre um especialista e um iniciante em xadrez é associada à quantidade de “casos exemplares” que ele conseguiu adquirir nos vários anos de experiência com o jogo (AGUIAR *et al.*, 2007). Simon e Chase (1973), que realizaram experimentos com auxílio de software, estimam que os mestres e os grandes mestres têm de 10 mil a 100 mil padrões em sua memória de longo prazo.

De Groot (1946) realizou uma pesquisa que consistiu na apresentação de posições de partidas para enxadristas em vários níveis de desenvolvimento, desde iniciantes em xadrez até grandes mestres. Após um curto intervalo de tempo de exposição à configuração do tabuleiro, que variou de 2 a 15 segundos, eles deveriam reconstruir as posições em outro tabuleiro. Os resultados levaram à conclusão de que a memória dos enxadristas, para assuntos enxadrísticos, organiza-se de forma diferente nos jogadores fortes e nos fracos (DE GROOT, 1946). Além disso, ele aponta suas conclusões sobre os fatores que influenciam o talento no xadrez, já que os participantes verbalizavam seus pensamentos durante a pesquisa. Ele cita os seguintes:

1. pensamento esquemático bidimensional, relacionando o espaço do tabuleiro às possibilidades de movimentos das peças, à cooperação ou à oposição entre elas;
2. pensamento não-verbal durante a realização das partidas: a escolha do próximo movimento não depende de formulações verbais;
3. capacidade de memória, entendida como conhecimento (princípios) e experiência (perícia);
4. capacidade de aprender progressivamente, refinando e criando novas regras a cada experiência;
5. capacidade de testar hipóteses para reajustá-las, modificá-las ou trocá-las por outras caso as evidências sejam incompatíveis;
6. capacidade de manter e rastrear complexos sistemas hierárquicos de problemas e sub-problemas durante o processo de pensamento;
7. afinidade com a investigação ativa: motivação e capacidade de gerar e modificar hipóteses, regras, ideias, sistemas (no tabuleiro) e planos;
8. motivação para ter o “temperamento do xadrez”: fusão de pensamento, jogo e paixão pelo combate;
9. espírito de luta: ter concentração no objetivo e estratégia para vencer. (DE GROOT, 1946)

Apesar de o pensamento do enxadrista ser tipicamente não-verbal durante as partidas, os jogadores de xadrez desenvolveram a habilidade de verbalizar seu raciocínio para analisar partidas após o seu término, o que no xadrez é chamado de *post mortem* (SILVA, 2004).

Pesquisas recentes e específicas sobre perícia foram também desenvolvidas na área de radiologia médica. Como existe um espaço interdisciplinar entre essa

área e o xadrez (DIRENE *et al.*, 2004), alguns dos resultados dessas pesquisas podem ser generalizados e aplicados também ao xadrez. Um exemplo de similaridade entre essas duas áreas pode ser encontrado na generalização dos passos usados por um radiologista para analisar imagens de raio-x (LESGOLD *et al.*, 1989) e aqueles realizados pelo enxadrista para analisar a próxima jogada em uma partida (SCHÄFER, 2000).

As componentes da perícia em radiologia médica foram inicialmente estudada por Lesgold *et al.* (1989), que identificou seis capacidades. Posteriormente, a pesquisa de Direne e Scott (2001) estenderam este conjunto incluindo mais 9 capacidades. As 15 capacidades que os radiologistas desenvolvem, inicialmente no período de residência médica, mas que se estende durante toda sua vida profissional, são citadas a seguir:

1. Mapeamento 2D-3D;
2. Velocidade de diagnóstico;
3. Diagnóstico diferencial;
4. Seleção de características de discriminação;
5. Fácil reconhecimento de anomalias peculiares;
6. Identificação de características de difícil visualização;
7. Visão perspectiva de evolução do quadro diagnosticado;
8. Expressão de justificações conclusivas;
9. Exposição explícita de relações lógicas entre características;
10. Detecção precisa de características desproporcionais;
11. Consistência de relações simbólicas;
12. Completude de detecção e de expressão de características;

13. Domínio de vocabulário técnico;
14. Inferência de características totalmente invisíveis;
15. Estruturação (e expressão) do seu raciocínio (DIRENE e SCOTT, 2001).

2.2 STI e modelagem de ferramentas de ensino e aprendizagem

Existem muitas ferramentas computacionais que visam apoiar o processo de ensino e aprendizagem em várias áreas. A maioria delas enquadra-se na categoria de software chamada de Sistemas Tutores Inteligentes. De acordo com Nwana (1990), os STI possuem quatro componentes básicos: módulo de interface, módulo do perito, módulo do aprendiz e módulo pedagógico.

O módulo de interface permite a interação do aprendiz com o STI. Ele realiza tradução entre a representação do conhecimento interno ao STI para uma linguagem compreensível pelo aprendiz, em ambas as direções. Ele trabalha em cooperação com o módulo pedagógico, para que as informações comunicadas pela interface sejam adequadas ao contexto e aos objetivos educacionais para aquele aprendiz em específico.

O módulo do perito refere-se à fonte de conhecimento que deve ser apresentado ao aprendiz. Isso inclui geração de explicações e respostas, bem como tarefas e questionamentos. Ele serve de parâmetro para a avaliação do desempenho do estudante. Para tanto, esse módulo deve gerar soluções de problemas para compará-las com as soluções dos aprendizes. Idealmente, ele deve gerar vários caminhos possíveis de solução para compará-los com os passos intermediários na solução do problema do aprendiz.

O módulo do aprendiz refere-se à representação dinâmica do conhecimento de princípios e desenvolvimento pericial do aprendiz no domínio. Esse módulo deve extrair informações a partir do comportamento humano durante a interação com o

sistema para estimar o nível de desenvolvimento do aprendiz no domínio. Idealmente, esse modelo deveria incluir todos os aspectos do conhecimento e do comportamento do estudante que podem influenciar seu desempenho e sua aprendizagem.

O módulo pedagógico é responsável por orientar todo o processo de aprendizagem, adequando os conteúdos a serem apresentados e as atividades propostas às capacidades do aprendiz. Por isso, as informações contidas no módulo do aprendiz são extremamente importantes para a função realizada pelo módulo pedagógico, pois elas permitem que sejam oferecidas atividades adequadas ao nível de desenvolvimento do estudante.

Todavia, foram identificadas limitações na história deste campo de pesquisa. Uma delas é a complexidade de construção de um STI que consiga prover acompanhamento adequado ao aprendiz em todas as fases do desenvolvimento em um domínio (NWANA, 1990; SELF, 1990; GIRAFFA, 1999). Um exemplo de complexidade no desenvolvimento desse tipo de sistema é a construção do módulo do aprendiz. Idealmente, ele deve abordar todos os aspectos que podem influenciar o desenvolvimento das capacidades da perícia pelo estudante no respectivo domínio (WENGER, 1987). Entretanto, a construção de um modelo dinâmico do aprendiz que seja completo é provavelmente impossível (NWANA, 1990).

Contudo, um modelo de aprendiz extremamente detalhado não necessariamente melhora a qualidade do processo de aprendizagem associado ao uso do STI (SELF, 1990). Baseando-se nessa premissa, Self (1990) propôs diretrizes para a construção de modelos de aprendiz com objetivos mais realistas, que podem ser traduzidas informalmente como 1) pergunte ao aprendiz aquilo que for necessário para ajudar em sua modelagem; 2) não perca tempo em mensurar e reconhecer aquilo que não for possível tratar; 3) tenha empatia com (tente entender) as crenças

dos aprendizes e não as rotule como erros; 4) adote uma postura colaborativa, ajudando os aprendizes quando eles apresentarem dificuldades.

Além da complexidade de desenvolvimento dos outros módulos, outra limitação para construir STI em muitas áreas é a falta de conhecimento sobre as capacidades da perícia no domínio e sobre os aspectos relativos ao seu desenvolvimento. Um contra-exemplo é o domínio de radiologia médica, cujas capacidades da perícia foram identificadas (DIRENE e SCOTT, 2001) e incorporadas no ambiente RUI (DIRENE, 1997).

Como alternativa à construção de STI capazes de prover acompanhamento de longo prazo, muitas ferramentas são construídas para treinamento de capacidades específicas, solucionando subconjuntos de problemas do domínio. Podem ser citadas como exemplo a ferramenta UMRAO (GADWAL; GREER; MCCALLA, 1993), um STI que auxilia iniciantes a treinar de finais de jogo com dois peões e rei brancos contra um bispo e rei pretos, e as ferramentas construídas no contexto do PROTEX, descritas na seção 5.4., para o domínio do xadrez.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

3.1 Hipótese simplificadora

Nesta pesquisa, adotou-se a hipótese de que para o xadrez, assim como ocorre em radiologia médica, a perícia pode ser decomposta em componentes isoladas para serem monitoradas. Isoladas, neste caso, não quer dizer que elas não tenham relação entre si, mas que o desenvolvimento enfatizado de cada uma delas pode ocorrer de maneira organizada (não aleatória).

3.2 Passos metodológicos

Os seguintes passos metodológicos foram trilhados para alcançar os objetivos desta pesquisa: 1) Pesquisa bibliográfica complementar; 2) Estudo empírico; 3) Análise dos dados do estudo empírico; 4) Formalização das capacidades táticas e estratégicas da perícia em xadrez; e 5) Delineamento dos aspectos pré-computacionais para detecção automática da perícia em aprendizes de xadrez. Cada um dos passos será descrito resumidamente a seguir.

3.2.1 Pesquisa bibliográfica complementar

Na pesquisa bibliográfica (MARCONI e LAKATOS, 1999) complementar foram identificadas possíveis capacidades da perícia em xadrez a partir da análise de pesquisas relacionadas ao jogo e, também, de pesquisas em áreas correlatas, como a de radiologia médica, cuja pesquisa em perícia está mais avançada (LESGOLD *et al.*, 1989; CURY; OMAR; DIRENE, 1998; DIRENE e SCOTT, 2001).

3.2.2 Estudo empírico

No estudo empírico foram verificadas as capacidades identificadas na pesquisa bibliográfica complementar e identificadas outras possíveis capacidades da perícia em xadrez. Para o registro das situações e dos fatos observados foram realizadas anotações e filmagens. A técnica utilizada neste passo foi a de estudos exploratório-descritivos combinados (MARCONI e LAKATOS, 1999), onde os procedimentos de amostragem são flexíveis e possibilitam encontrar tanto descrições qualitativas e/ou quantitativas quanto informações detalhadas obtidas por observação.

Para a seleção dos elementos da população pesquisada foi utilizada a técnica de amostragem não-probabilística por tipicidade (MARCONI e LAKATOS, 1999). Assim, foram selecionados sujeitos de pesquisa considerados representativos de vários níveis de desenvolvimento pericial no jogo de xadrez. A observação foi individual, não-participante e na vida real (MARCONI e LAKATOS, 1999). A observação foi realizada pela mestranda, que presenciou os fatos como espectadora, no próprio ambiente onde eles normalmente ocorrem. As atividades que envolveram aprendizes foram observadas em uma escola pública de Curitiba e as que envolveram especialistas, no CXC - Clube de Xadrez de Curitiba.

Para atingir os objetivos do estudo empírico foram realizadas atividades complementares umas às outras. Por isso, os resultados que elas permitiram alcançar, apresentados no último parágrafo da descrição de cada atividade, podem ser semelhantes ou iguais aos de outras. Tais atividades estão descritas a seguir:

a) Observação em ambiente de treinamento de xadrez;

Desta atividade participaram 7 sujeitos de pesquisa: 1 instrutor e 6 aprendizes. O próprio instrutor selecionou os aprendizes, para que envolvessem jogadores representativos de três sub-níveis de desenvolvimento pericial dentro do nível intermediário. Cada sessão gravada contava com apenas um aprendiz e o instrutor, para facilitar a

identificação da capacidade/incapacidade inerente ao nível daquele aprendiz.

Esta atividade ajudou tanto a identificar capacidades da perícia em xadrez quanto a verificar como elas podem ser treinadas.

b) Observação de uma partida, e a respectiva análise post mortem, jogada pelos aprendizes e especialistas;

Desta atividade participaram 12 sujeitos de pesquisa. Deles, 6 são os mesmos aprendizes que participaram da atividade a). Eles jogaram entre si ou com o instrutor, com tempo 30 minutos para cada jogador. Durante a partida, eles anotaram seus lances na súmula para ser possível realizar o *post mortem*.

Os outros 6 sujeitos são especialistas. Três deles têm titulação aferida pela FIDE – Federação Internacional de Xadrez: um GMI – Grande Mestre Internacional, um MI – Mestre Internacional, e um MF – Mestre Fide. Os outros três não têm titulação FIDE, mas já ganharam competições importantes de abrangência estadual, nacional ou internacional. Cada um deles jogou uma partida contra um robô (“robodifícil” do ambiente Xadrez Livre, disponível em: <http://xadrezlivre.c3sl.ufpr.br>), sendo 10 minutos para cada jogador. Apesar de ter menos tempo para jogar que os aprendizes, os especialistas não precisaram anotar os lances, já que isso é feito automaticamente pelo ambiente de jogo utilizado.

Esta atividade permitiu verificar a ocorrência das capacidades da perícia em xadrez em jogadores de diferentes níveis de desenvolvimento pericial.

c) Entrevistas com aprendizes, instrutores e especialistas em xadrez;

Desta atividade participaram 13 sujeitos de pesquisa, todos eles participaram das atividades descritas em a) ou b). Após cada sessão de treinamento na atividade a), foi realizada uma entrevista com o aprendiz e, depois, com o instrutor referente àquele aprendiz. Já as entrevistas com

os especialistas foram realizadas antes ou após o *post mortem* de sua partida.

Optou-se pela entrevista focalizada (MARCONI e LAKATOS, 1999), também chamada de semi-estruturada por outros autores. Nesse tipo de entrevista há um roteiro de perguntas pré-determinado, mas o entrevistador tem a liberdade de pedir mais esclarecimentos ou formular novas questões necessárias para uma boa exploração do objeto pesquisado. O roteiro de perguntas pré-determinado encontra-se no Apêndice A.

Esta atividade ajudou tanto a identificar capacidades da perícia em xadrez quanto a sugerir uma possibilidade de classificação de acordo com o nível de desenvolvimento pericial em que elas são, geralmente, mais desenvolvidas.

d) Questionários para aprendizes e instrutores.

Desta atividade participaram 11 sujeitos de pesquisa. Deles, 6 são os aprendizes que participaram da atividade a). Os outros 5 são instrutores: o instrutor da atividade descrita em a); dois especialistas da atividade descrita em b) que são também instrutores; e dois outros instrutores que não participaram de outras atividades do estudo empírico, mas que frequentam o CXC.

Os questionários (MARCONI e LAKATOS, 1999) foram elaborados à luz das possíveis capacidades identificadas até a atividade c) do estudo empírico. Os questionários encontram-se no Apêndice B.

Em especial, esta atividade ajudou a indicar uma possibilidade de classificação das capacidades quanto ao nível de desenvolvimento pericial em que elas são, geralmente, mais desenvolvidas.

3.2.3 Análise dos dados do estudo empírico

Neste passo, todos os dados coletados no estudo empírico foram analisados. Para isso, as seguintes atividades foram realizadas:

- a) Transcrição das filmagens realizadas nas atividades a) e b) do estudo empírico;
- b) Análise das entrevistas dos aprendizes e do instrutor referente a cada aprendiz;
- c) Anotação e descrição sucinta das capacidades que apresentaram-se como candidatas a componentes da perícia em xadrez;
- d) Análise das entrevistas dos especialistas, para verificar a existência de algum aspecto relacionado à perícia no jogo que não estivesse já representado pelas capacidades candidatas listadas na atividade c) deste passo metodológico.
- e) Análise dos questionários, verificando consistência com os resultados das atividades a), b), c) e d) deste passo metodológico, para classificação das capacidades da perícia no jogo de xadrez.

3.2.4 Formalização das capacidades táticas e estratégicas da perícia em xadrez

Deste passo participaram, além da mestranda, um instrutor e pesquisador da área de xadrez, e um especialista com titulação GMI na FIDE. As discussões realizadas nesta atividade permitiram formalizar e organizar taxonomicamente as capacidades táticas e estratégicas da perícia no jogo de xadrez.

3.2.5 Delineamento dos aspectos pré-computacionais para detecção automática da perícia em aprendizes de xadrez

Foi proposta uma arquitetura funcionalista incremental de STI para prover acompanhamento de longo prazo aos aprendizes. Foram delineados, com base nos

resultados do estudo empírico, os aspectos pré-computacionais relevantes para a detecção automática da perícia em aprendizes de xadrez, detalhando a aplicação da arquitetura incremental proposta no Projeto de Tipificação do Ensino de Xadrez - PROTEX.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DO ESTUDO EMPÍRICO

Este Capítulo apresenta as primeiras contribuições do presente trabalho, obtidos por meio de análise dos dados do estudo empírico. São descritas as capacidades da perícia identificadas e discutidos os aspectos relevantes quanto ao seu desenvolvimento. O conhecimento apresentado aqui pode ser útil para diversos contextos de treinamento de xadrez, como estudo individual, tutoria humano-humano ou tutoria automática apoiada por computador.

Apesar do conteúdo deste Capítulo poder ser útil para vários contextos, optou-se por delimitar a busca às capacidades táticas e estratégicas da perícia no jogo. Isso porque, desde o início da pesquisa, buscava-se gerar conhecimento para embasar a construção de sistemas computacionais de apoio à aprendizagem do jogo de xadrez. Sendo assim, não foram direcionados esforços para a identificação de capacidades psicológicas ou de fatores externos que talvez influenciem o desempenho dos enxadristas durante as partidas.

Como o objetivo do estudo empírico foi a identificação das componentes táticas e estratégicas da perícia em xadrez, os sujeitos de pesquisa foram instrutores, enxadristas do nível intermediário e especialistas. Enxadristas iniciantes não foram incluídos na população pesquisada, já que eles ainda encontram-se no estágio de aquisição de princípios, anterior ao de desenvolvimento de perícia. Os níveis de enxadristas considerados nesta pesquisa são descritos na seção 1.3.

4.1 Capacidades identificadas

Esta seção descreve de forma detalhada as capacidades da perícia em xadrez identificadas na presente pesquisa. São elas:

1. Avaliação e seleção;
2. Classificar e reconhecer padrões de peças;
 - 2.1. Classificar e reconhecer padrões transformados (translação, rotação e espelhamento);
3. Perceber relação dinâmica entre padrões;
4. Definir metas;
5. Projeção da árvore de lances candidatos;
 - 5.1. Prever as melhores jogadas do adversário;
6. Abandonar hipóteses e definir nova meta;
7. Memorizar subárvore de lances;
8. Reconhecer etapas da partida (abertura, meio e final de jogo);
9. Administração do tempo;
10. Administração material;
 - 10.1. Avaliação material absoluta;
 - 10.2. Avaliação material relativa;
11. Administração posicional;
 - 11.1. Abstração dos esquemas tabuleiro-peça;
 - 11.2. Reconhecer harmonia de peças;
 - 11.3. Administrar cooperação entre as peças;
12. Abstração do tabuleiro.

As capacidades citadas foram organizadas de forma taxonômica levando em consideração a relação existente entre elas. Cada capacidade é detalhada em uma seção específica. Foram inseridos trechos das gravações realizadas no estudo

empírico para explicar como elas ocorrem e, ou, são treinadas. Também são indicadas a fase (passo metodológico) da pesquisa em que cada capacidade foi percebida e, sempre que possível, as pesquisas anteriores que são a elas relacionadas. Algumas convenções foram utilizadas para representar os elementos dos trechos do estudo empírico inseridos nas descrições. Elas são mostradas no Quadro 4.1.

Convenção	Significado
T	Instrutor humano
I1	Aprendiz intermediário iniciante
I2	Aprendiz intermediário mediano
I3	Aprendiz intermediário avançado
E	Especialista
()	Comentários dos pesquisadores
[]	Complemento incluído para facilitar a compreensão da fala dos sujeitos pesquisados
{ }	Jogada realizada no tabuleiro

QUADRO 4.1 - CONVENÇÕES UTILIZADAS NOS EXEMPLOS
FONTE: O autor (2009)

As capacidades componentes da perícia em xadrez são inter-relacionadas. Não existe um limite rígido delimitando suas fronteiras, indicando onde termina uma e começa a outra. Na maioria das situações, mais de uma capacidade ocorre de forma combinada. Para a seleção dos trechos das gravações usados como exemplo, levou-se em consideração a componente que apresentou-se como mais relevante naquela situação. Entretanto, pode ocorrer que o leitor, nos trechos inseridos como exemplo de uma capacidade específica, identifique relação estreita com outras capacidades.

4.1.1 Avaliação e seleção

Refere-se à capacidade de avaliar uma posição ou um conjunto de peças específicas para a tomada de decisão. A avaliação e seleção é realizada a partir da análise das demais capacidades da perícia já desenvolvidas pelo jogador. Essa é,

provavelmente, a capacidade usada com maior frequência durante o contato com o jogo de xadrez.

Essa capacidade é utilizada, por exemplo, toda vez que o jogador precisa decidir qual a próxima jogada irá realizar durante as partidas. O Quadro 4.2 mostra a explicação de um especialista, jogando de brancas, sobre a escolha do próximo movimento em sua partida contra o robô. A posição correspondente ao comentário é mostrada no Diagrama 4.1 (a).

E _ Ele jogou c6 e entrega, em princípio, mais um peão. Mas eu resolvi não tomar esse peão porque, por exemplo, bispo por peão [Bxc6], cavalo por bispo [Nxc6], torre por cavalo [Txc6], tendo ideia de bispo xeque [Bb4], aí eu já tenho que tirar o meu rei [de e1], deixando a ala do rei toda estranha. E realmente o bispo por enquanto está valendo mais e eu não vi nenhuma razão que justificasse eu tomar esse peão [c6]. Eu preferi recolher meu bispo para c4 [Bc4]. Tinha pensado em e2 [Be2], mas c4 [Bc4] porque eu já estava com ideia de jogar b3, além de defender também a casa [a]2 onde a torre poderia entrar depois.

QUADRO 4.2 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE A ESCOLHA DA PRÓXIMA JOGADA

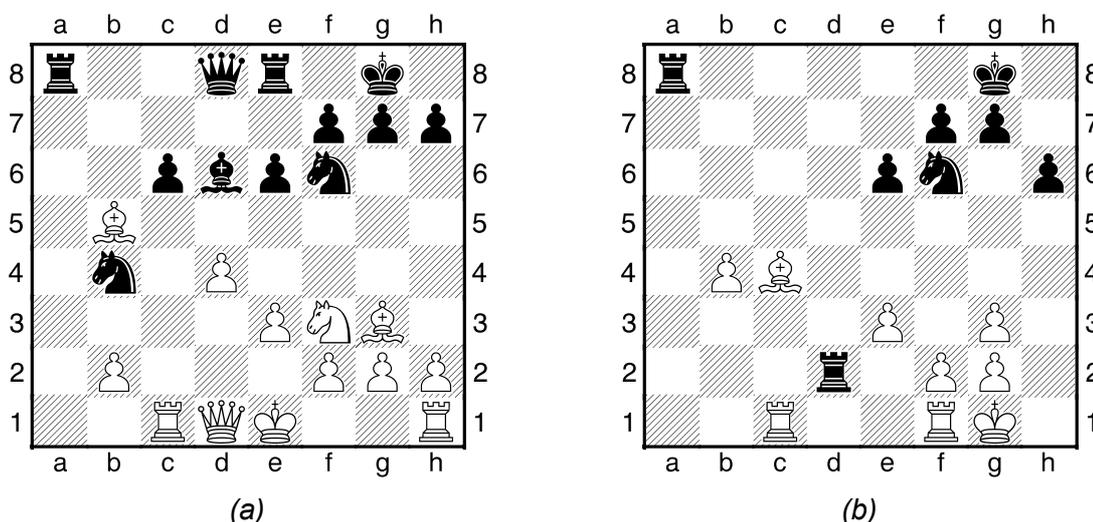


DIAGRAMA 4.1 - POSIÇÕES DE PARTIDAS ENTRE ESPECIALISTAS E O ROBÔ

Outro exemplo de avaliação que ocorre durante as partidas é a avaliação de uma posição. Essa avaliação é feita considerando a partida como um todo e identifica qual dos dois jogadores está com mais vantagem naquele momento específico. O Quadro 4.3 mostra o comentário de um especialista, jogando de

brancas, realizando esse tipo de avaliação. A posição correspondente ao comentário é apresentada no Diagrama 4.1 (b).

E _ De fato eu devo estar melhor, senão, ganho.

QUADRO 4.3 - COMENTÁRIO DE ESPECIALISTA AO AVALIAR UMA POSIÇÃO

O reconhecimento dessa capacidade como diferenciada das demais ocorreu na fase de discussão sobre as possíveis capacidades identificadas nas fases anteriores. Ela é tão entrelaçada com as outras habilidades que, até então, ela era vista como parte integrante de cada uma delas. No entanto, sua diferenciação das demais se faz necessária, já que é o peso dado a cada capacidade já adquirida (avaliação) que define o melhor caminho a ser seguido em uma determinada situação (seleção).

Apesar de ter sido identificada tardiamente como uma capacidade específica, todas as referências sobre xadrez consultadas na fase pesquisa bibliográfica discorriam de alguma maneira sobre avaliação e seleção. Entretanto, nesta seção será indicada apenas a referência que apresenta um apanhado geral sobre a “análise enxadrística” (SILVA, 2004), que discute aspectos interessantes sobre avaliação e seleção.

4.1.2 Classificar e reconhecer padrões de peças

Refere-se à capacidade de classificar um conjunto de peças dispostas no tabuleiro como um padrão e armazená-lo na memória juntamente com informações associadas, e de, posteriormente, reconhecer essa configuração como um padrão já aprendido, buscando na memória as informações a ele associadas. Esses padrões já conhecidos com as respectivas informações associadas serão citados nesta pesquisa como “casos exemplares” ou “padrões aprendidos”.

Se, por exemplo, um enxadrista já aprendeu que a posição: Brancas: ♔d6, d7; Pretas: ♚d8, corresponde a empate, quando ele encontrar esse padrão em outra

partida, ele deverá conseguir classificar e reconhecer essa configuração como um empate. As posições mais elementares do xadrez como “rei afogado”, “xeque” e “xeque-mate” com poucas peças são as primeiras a serem classificadas e memorizadas. De maneira adicional, a cada experiência com o jogo, os padrões de posições já memorizados vão sendo refinados, tornando-se mais complexos, e novos padrões vão sendo aprendidos, aumentando o número de casos exemplares que serão utilizados posteriormente.

Alguns padrões de peças são referenciados por expressões, como “raio-x”, “garfo”, “peão dobrado” e “peão passado”. Essas expressões fazem parte do vocabulário técnico do jogo de xadrez e são aprendidas tanto na convivência com outros enxadristas, como no estudo sobre xadrez ou nos comentários durante a realização das partidas e *post mortem*.

Um exemplo de como essa capacidade pode ser treinada é apresentado no Quadro 4.4, onde I1 tenta resolver um exercício de final. As posições explicadas no exercício são mostradas no Diagrama 4.2.

(Primeiro, T pede à I1 para jogar com as brancas e dar xeque-mate. A posição inicial do exercício era a apresentada no Diagrama 4.2 (a). I1 faz várias jogadas rapidamente na tentativa e erro, sem parar para avaliá-las e chegava em uma posição, mostrada no Diagrama 4.2 (b) ou equivalente, em que os movimentos das peças começavam a se repetir e I1 percebia que não conseguiria mais dar xeque-mate daquela posição. I1 começou novamente da posição inicial sete vezes, até que o instrutor interveio).

T _ Vamos lá, vou te explicar o exercício. Quando é essa posição [do Diagrama 4.2 (a)] não é empate. Se fosse essa [do Diagrama 4.2 (b)] seria empate. E era o que você estava fazendo...

(T montou novamente a posição inicial, do Diagrama 4.2 (a))
 ...você está jogando aqui {♔c6} e eu aqui {♚c8}, você está jogando aqui {d6} e eu aqui {♙d8} e você está jogando aqui {♔d5}. Isso [Diagrama 4.2 (b)] é empate! Não tem outro jeito! Você pode fazer o [movimento] que você quiser aí que não tem como fugir do empate, olhe...
(realizando os movimentos que se repetiam durante as tentativas de solução do exercício por I1: {♔d7, ♙c5, ♚d8, ♔c6, ♚c8, d7, ♙d8, ♔d6})
 ...Afogou³! Ou joga para cá {♔c5}, perde o peão {♙xd7}, empatou. Assim [Diagrama 4.2 (b)] é empate e é essa posição que você está deixando...

QUADRO 4.4 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL

3 Rei afogado é uma posição em que o rei não está em xeque e não há lance legal para ser feito.

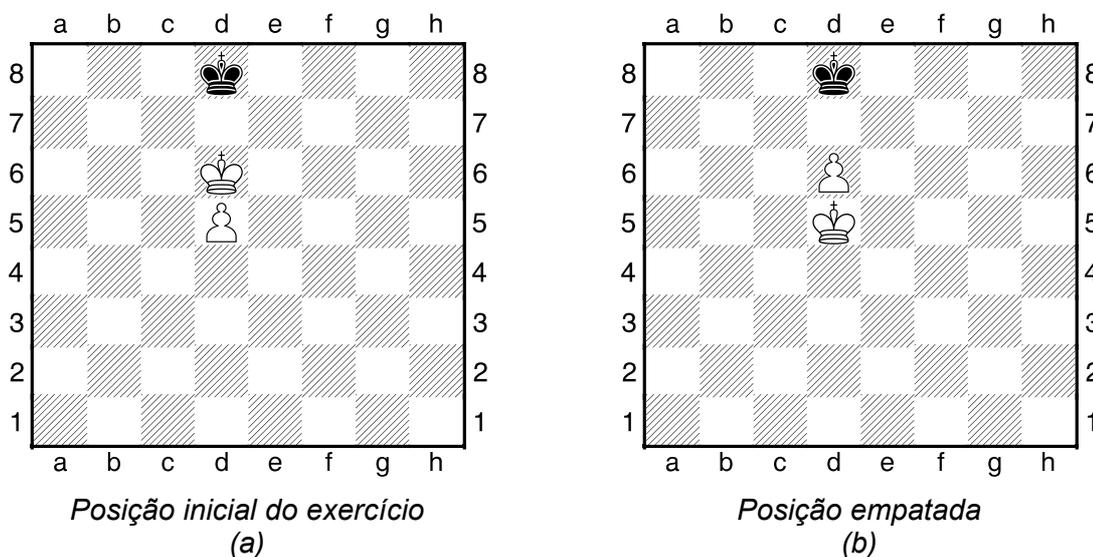


DIAGRAMA 4.2 - POSIÇÕES REFERENCIADAS NO DIÁLOGO DO QUADRO 4.4

A desconfiança da existência dessa capacidade iniciou-se durante a pesquisa bibliográfica, baseado nos estudos relacionados à memória de Miller (1956), De Groot (1946) e Simon e Chase (1973), e relacionados a padrões visuais (SCHÄFER, 2000). A confirmação ocorreu no estudo empírico, quando a classificação e o reconhecimento dos padrões ocorre frequentemente durante os treinamentos e partidas de xadrez.

Durante o estudo empírico foi identificada uma característica dos jogadores que foi classificada como uma subcapacidade dessa, a capacidade de classificar e reconhecer padrões transformados (translação, rotação e espelhamento). Essa subcapacidade foi identificada como uma especialização da anterior, para realizar refinamento dos padrões aprendidos. Dada uma transformação no padrão aprendido, esse novo padrão gerado pode configurar um padrão equivalente ou uma exceção, aumentando ainda mais o número de casos exemplares do enxadrista. Essa subcapacidade será melhor explicada a seguir.

4.1.2.1 Classificar e reconhecer padrões transformados

Refere-se à capacidade de efetuar transformações sobre um padrão e verificar a equivalência com padrões já aprendidos. Assim, a partir de um padrão aprendido, são derivadas várias outras configurações de peças. Essas transformações podem ser translações, rotações e espelhamento, ou, ainda, combinações dessas três transformações básicas.

Suponha que o aprendiz aprendeu que o padrão mostrado no Diagrama 4.3 corresponde a “afogamento do rei”, portanto, uma posição empatada.

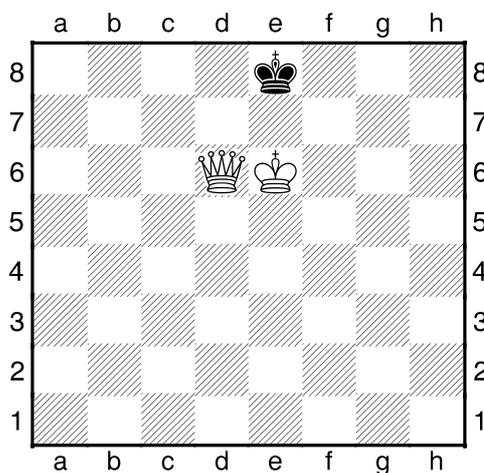


DIAGRAMA 4.3 - PADRÃO APRENDIDO

Quando o padrão já aprendido ocorrer em colunas diferentes, como no Diagrama 4.4 (a), será necessário efetuar uma translação no padrão visualizado para reconhecê-lo como equivalente ao já aprendido e, portanto, como uma posição empatada. Essa mesma configuração pode também ocorrer nos outros lados do tabuleiro, como no Diagrama 4.4 (b), necessitando efetuar uma rotação de ± 90 ou 180 graus na configuração para reconhecê-la como equivalente ao padrão aprendido.

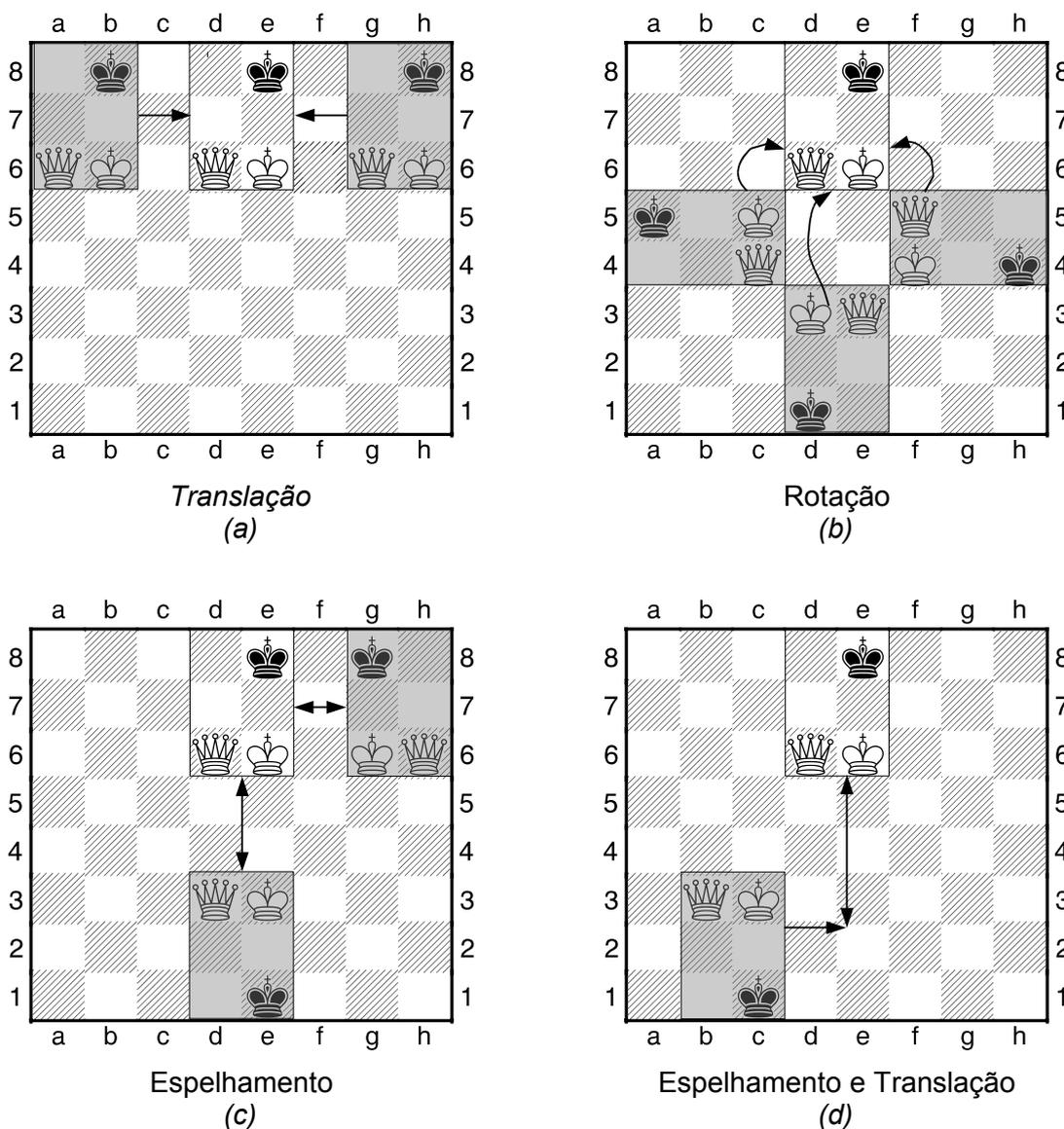


DIAGRAMA 4.4 - TRANSFORMAÇÃO SOBRE PADRÃO DE PEÇAS NO TABULEIRO

Outra situação possível é ocorrer o mesmo padrão de peças, mas com a dama do lado direito do rei, como mostrado no Diagrama 4.4 (c). Quando isso ocorre nas últimas linhas, precisa-se efetuar um espelhamento horizontal; já quando ocorre nas primeiras linhas, precisa-se efetuar um espelhamento vertical para classificar a posição como equivalente à do padrão aprendido e, portanto, como uma posição empatada.

Em muitos casos, será necessário efetuar mais de uma transformação para perceber a equivalência de padrões. O Diagrama 4.4 (d) mostra um exemplo onde é necessário realizar o espelhamento e a translação sobre a configuração de peças no tabuleiro para classificá-la como equivalente ao padrão já aprendido do Diagrama 4.3.

Um exemplo de como essa capacidade pode ser treinada é apresentado no Quadro 4.5. O instrutor mostra ao aprendiz padrões equivalentes em vários lados do tabuleiro.

(Em uma final de dama e rei contra rei, I1 aprendeu um padrão de peças que configura afogamento do rei, mostrado no Diagrama 4.5 (a). I1 não afogava mais o rei adversário nas últimas colunas do tabuleiro, mas afogou quatro vezes nas laterais do tabuleiro, até que T interveio).

T _ ...isso aqui (*posição do Diagrama 4.5 (b)*) afoga. Em qualquer lugar em que o rei está do lado da dama e o rei está de frente para o rei adversário, o rei fica afogado, em qualquer lado do tabuleiro. (*T foi falando e colocando as três peças, mantendo a configuração, em várias casas nos quatro lados do tabuleiro – tais configurações correspondem a padrões equivalentes aos do Diagrama 4.5, rotacionados*).

QUADRO 4.5 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL

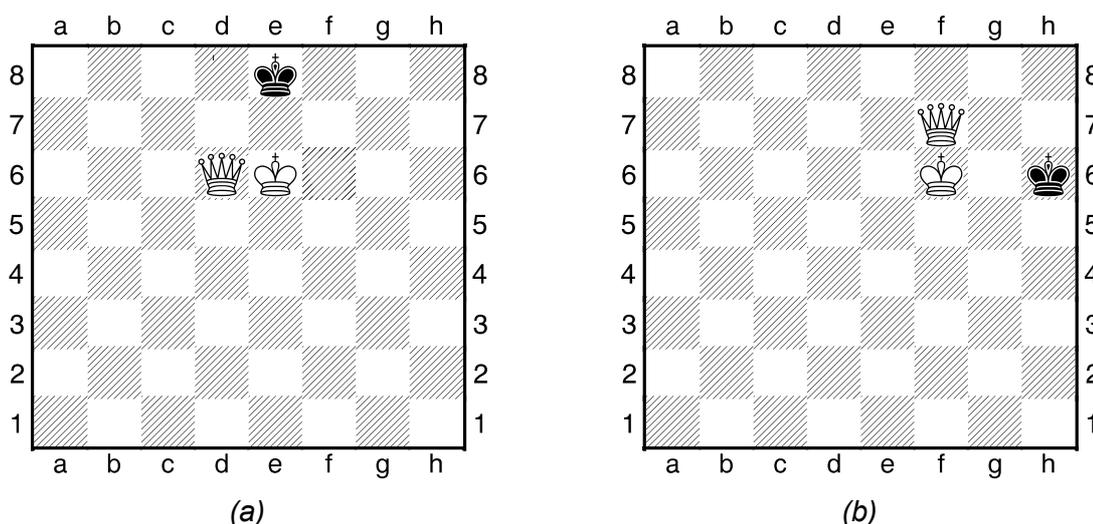


DIAGRAMA 4.5 - POSIÇÕES QUE CONFIGURAM REI AFOGADO

Todas as posições apresentadas no Diagrama 4.4, bem como a posição do Diagrama 4.3, correspondem a empate. Entretanto, nem sempre os padrões transformados são equivalentes. Um exemplo disso são as posições mostradas no

Diagrama 4.6. Na posição do Diagrama 4.6 (a) é possível forçar a saída do rei preto das últimas linhas para promover o peão branco e ganhar a partida. Já o mesmo padrão de peças transladado para a primeira coluna, mostrado no Diagrama 4.6 (b), corresponde a empate, uma vez que não é possível forçar a saída do rei preto. Sendo assim, o padrão do Diagrama 4.6 (b) corresponde à uma exceção, e não à um padrão equivalente.

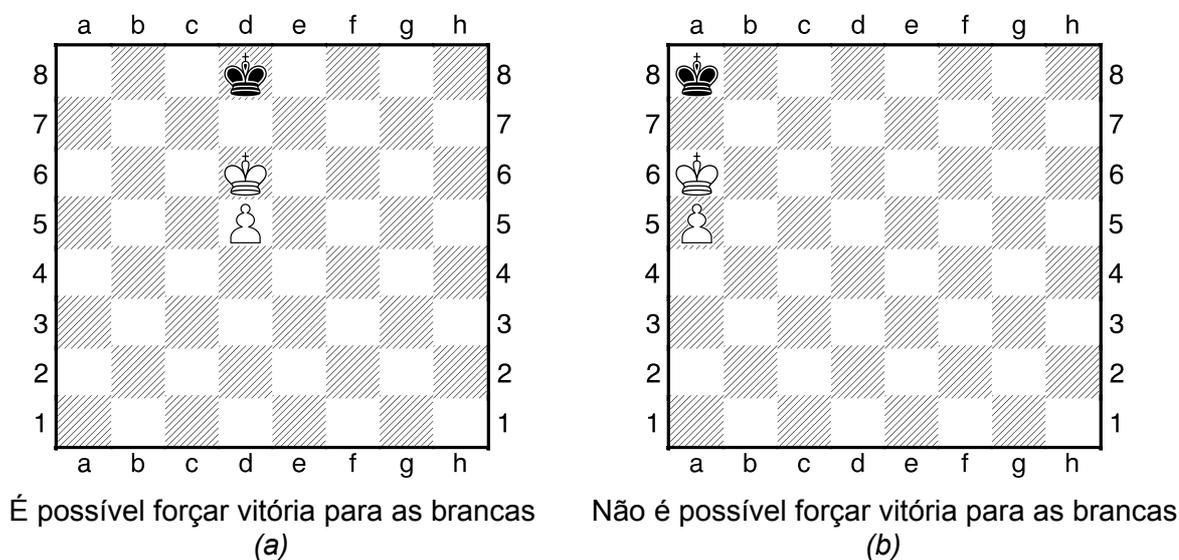


DIAGRAMA 4.6 - POSIÇÕES COM PADRÃO TRANSLADADO NÃO EQUIVALENTE

Essa capacidade da perícia foi identificada durante o estudo empírico. Em um dos treinamentos, o aprendiz parou de afogar o rei adversário nas últimas linhas do tabuleiro, que foi onde ele aprendeu sobre aquele padrão. Porém, ele continuava afogando-o nas laterais do tabuleiro. Então, o instrutor mostrou a ele que aquela configuração de peças correspondia ao “afogamento do rei” tanto nas últimas linhas quanto nas primeiras, e também nas laterais do tabuleiro. A partir daí foi possível perceber a ocorrência dessa capacidade em várias outras situações.

4.1.3 Perceber relação dinâmica entre padrões

Refere-se à capacidade de vislumbrar a possibilidade de, a partir de uma posição, chegar a outras posições já conhecidas. Essa capacidade está intimamente ligada às

capacidades de classificação e reconhecimento de padrões de peças no tabuleiro, pois, em geral, o enxadrista consegue perceber a relação dinâmica entre posições já conhecidas por ele. O que diferencia essa capacidade da outra é justamente sua característica dinâmica.

Um exemplo que retrata essa situação é apresentado no Quadro 4.6. Nele, um aprendiz gasta muitos lances desnecessários para vencer a partida porque não visualizou a possibilidade de chegar, da posição em que estava, a uma posição de xeque-mate na lateral do tabuleiro. Isso ocorreu porque o aprendiz tinha aprendido a dar xeque-mate em final de torre e rei contra rei deixando o rei adversário “preso” nas últimas linhas. Como o aprendiz ainda não tinha a capacidade de classificar e reconhecer padrões transformados, ele não percebeu que existia na lateral do tabuleiro um padrão equivalente ao já aprendido. Assim, o padrão onde o rei adversário fica “preso” na lateral não era conhecido. Por isso, ele não percebeu a relação dinâmica entre a posição corrente até essa posição próxima, que também configura xeque-mate.

(Na resolução de um exercício de final de torre e rei contra rei, I1 passou pela posição mostrada no Diagrama 4.7 (a). Dessa posição seria possível chegar à posição do Diagrama 4.7 (b), realizando apenas dois lances. Mas I1 deu xeque-mate na posição mostrada no Diagrama 4.7 (c), realizando 21 lances. Após isso, T interveio.

T _ Você veio pelo lado mais difícil. Você conseguiu chegar à essa posição (*Diagrama 4.7 (a)*) durante o jogo. Dessa posição dá para dar xeque-mate em 2 lances. Vamos lá, tente novamente.

(I1 ficou um tempo olhando para o tabuleiro antes de fazer os lances. Fez o exercício e deu xeque-mate chegando à posição do Diagrama 4.7 (d), realizando 4 lances).

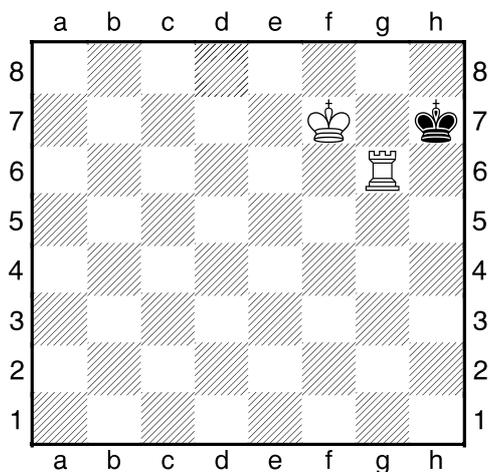
Você pode dar xeque-mate em dois lances apenas.

(T montou novamente a posição do Diagrama 4.7 (a) e fez a primeira jogada das brancas)

Agora você!

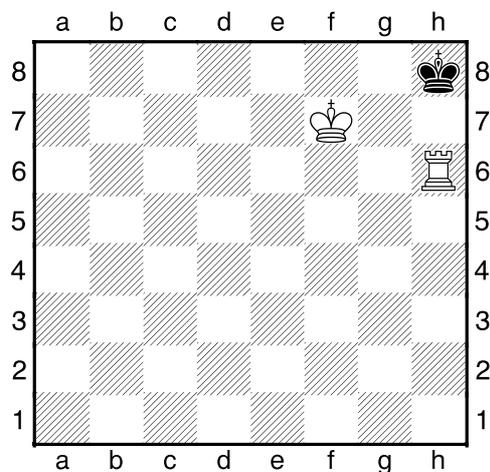
(e I1 fez as duas outras jogadas e chegou à posição de xeque-mate do Diagrama 4.7 (b)).

QUADRO 4.6 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL



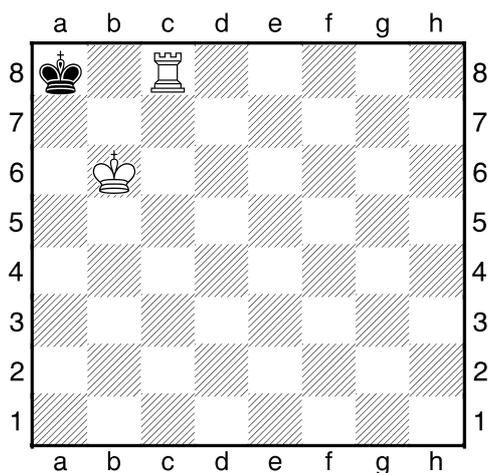
Posição corrente

(a)



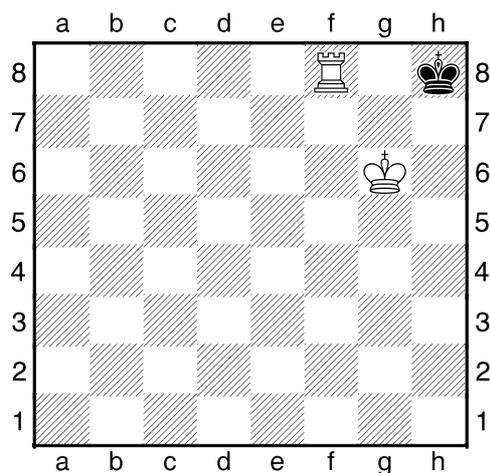
Posição onde I1 poderia dar xeque-mate em 2 lances: 1. ♖f6 ♔h8 2. ♖h6++

(b)



Posição onde I1 deu xeque-mate a primeira vez, realizando 21 lances

(c)



Posição onde I1 deu xeque-mate realizando 4 lances

(d)

DIAGRAMA 4.7 - POSIÇÕES CITADAS NO QUADRO 4.6

Um exemplo de como essa capacidade pode ser treinada é apresentada no Quadro 4.7, onde I1 tenta resolver um exercício de final, mostrado no Diagrama 4.8 (a). A partir dessa posição pode-se chegar à posição de final já resolvida por I1, mostrada no Diagrama 4.2 (a) transladado 1 coluna para a direita.

(Em duas das tentativas I1, que jogava de brancas, chegou à posições de empate. Em outras quatro vezes, chegou à posições anteriores à de empate, pois I1 já percebia o empate antes de chegar à posição. Por fim, T interveio e falou sobre a semelhança com o outro exercício que já havia sido resolvido)

- T _ Você lembra do exercício que fizemos há pouco?
(Fazendo referência ao exercício de final da posição mostrada no Diagrama 4.2 (a))
- I1 _ Lembro.
- T _ Esse é bem parecido.
(Nesse momento a posição era a apresentada no Diagrama 4.8 (b))
- I1 _ E se eu jogar aqui {♔e6}.
- T _ Para...?
- I1 _ Para fazer o seu rei mudar para cá [f8] ou para cá [d8].
- T _ E o que acontece?
- I1 _ Eu adianto o meu rei e o seu [rei] não tem mais como voltar.
- T _ Ok. Então vamos lá {♚d8}
(e continuaram com as seguintes jogadas: {♔f7, ♚d7, e6, ♚d6, e7, ♚d5, e8♚})
Beleza. Não precisa dar xeque-mate, porque você já sabe fazer isso bem. Agora anote na súmula!

QUADRO 4.7 - EXERCÍCIO DE FINAL COM I1

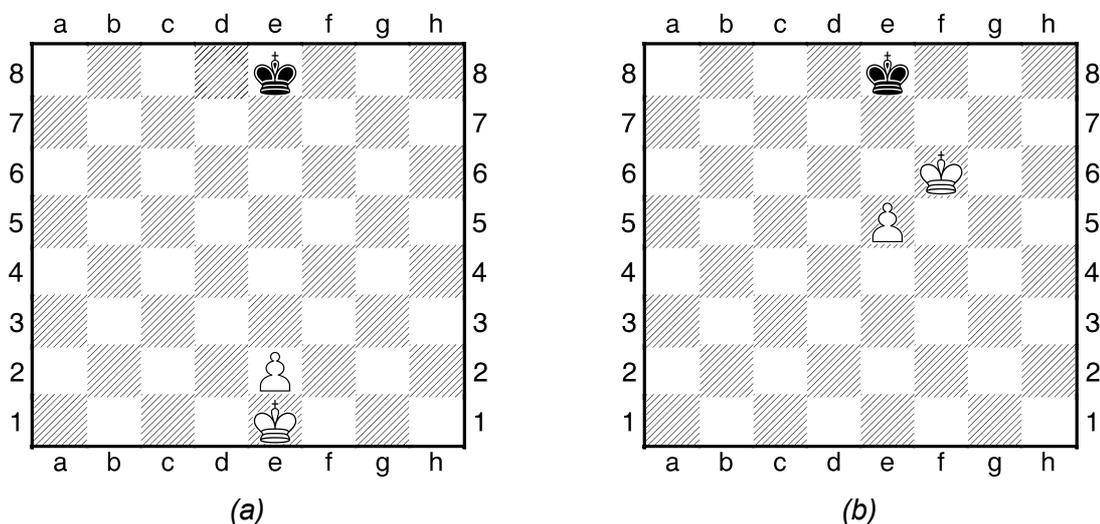


DIAGRAMA 4.8 - POSIÇÕES REFERENCIADAS NO QUADRO 4.7

Outro exemplo que ilustra a utilização dessa capacidade é o comentário, mostrado no Quadro 4.8, feito por um dos especialistas a respeito da provável final que seria jogada na partida. O comentário foi feito no 25º lance, cuja posição é apresentada no Diagrama 4.9, onde todas as Torres ainda estavam no tabuleiro.

E _ Nós vamos entrar em uma final de bispo de cores opostas.

QUADRO 4.8 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE A PROVÁVEL FINAL DA PARTIDA

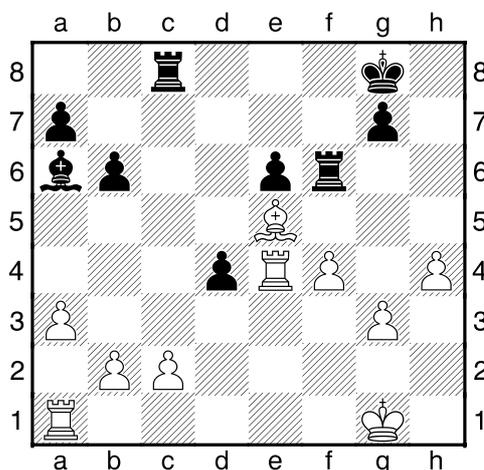


DIAGRAMA 4.9 - POSIÇÃO DA PARTIDA ENTRE UM ESPECIALISTA E O ROBÔ

A identificação dessa componente ocorreu durante a análise dos dados do estudo empírico. No entanto, indícios de sua existência surgiram ainda durante a pesquisa bibliográfica, por meio de generalização da capacidade de “visão perspectiva de evolução do quadro diagnosticado” no domínio radiologia médica (DIRENE e SCOTT, 2001). A pesquisa de De Groot (1946) também fala sobre a capacidade dos jogadores de manter e gerenciar sistemas hierárquicos durante o processo de pensamento.

4.1.4 Definir metas

Refere-se à capacidade de definir metas a serem alcançadas a partir de uma dada posição. A definição de uma meta é realizada avaliando as posições onde se pode chegar a partir da posição corrente e selecionando a que parece mais vantajosa (ou menos desvantajosa) para o jogador. Essas metas relacionam-se com a aquisição de vantagens, como ganho de vantagem material, posicional e de tempo; simplificação de peças; proteção de casas para promoção de peão; controle de casas em

determinadas regiões do tabuleiro ou para impedir que o adversário alcance uma meta.

O Quadro 4.9 apresenta um exemplo em que o especialista comenta sobre uma meta que pretende alcançar em um determinado momento de sua partida contra o robô. E um exemplo de como essa capacidade pode ser treinada é apresentada no Quadro 4.10, onde I2 tenta resolver um exercício de final, mostrado no Diagrama 4.10.

E _ Eu estou forçando aqui uma simplificação, mas ele não está querendo...
(E após três lances ele comenta novamente a respeito de sua meta).
 Agora eu vou tentar simplificar um pouco mais.

QUADRO 4.9 - COMENTÁRIOS DE UM ESPECIALISTA SOBRE SUA META

(T pede a I2 para jogar de brancas e dar xeque-mate a partir de uma posição do Diagrama 4.10. I2 tentou quatro vezes sem sucesso. Então T interveio).

T _ O que você tem que fazer... o que as brancas tem que fazer para ganhar das pretas?

I2 _ Dar a volta no tabuleiro.

T _ Com qual peça? Como?

I2 _ Assim *(pegando o rei branco e levando até a casa d7, sem explicar exatamente qual caminho faria para chegar em d7).*

T _ Por que? Aí vai ter [xeque] mate? Para você chegar com o rei aqui eu vou promover *(levando o peão preto até a casa d1).*
 E se eu promover ali [d1] eu ganho.

I2 _ Se eu jogar aqui {♔f5} você joga aqui {d3}?

T _ Sim.

I2 _ Aí eu avanço o peão para promovê-lo {e8}.

T _ E eu tomo {♔xe8}.

I2 _ Eu jogo aqui {♔e6}.

T _ Aí eu avanço meu peão {d2}

I2 _ Eu jogo aqui {f7}.

T _ E eu aqui {♔f8}. E aí?

I2 _ Não dá.

T _ Não dá! Vamos voltar então *(e montaram novamente a posição inicial do exercício)*
 O primeiro objetivo é segurar esse peão não é?

I2 _ É *(e continuaram discutindo as possibilidades até I2 conseguir dar xeque-mate nas Pretas)*

QUADRO 4.10 - DIÁLOGO ENTRE T E I2 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL

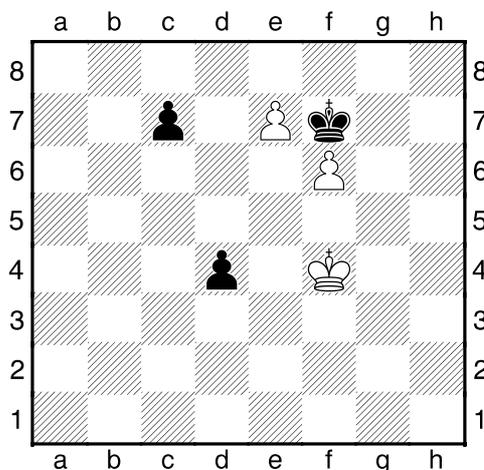


DIAGRAMA 4.10 - POSIÇÃO INICIAL CITADA NO QUADRO 4.10

A identificação da capacidade de definir meta surgiu no estudo empírico, quando o instrutor desafiava os aprendizes a definirem metas a serem cumpridas a partir de determinadas posições. Voltando às referências consultadas na pesquisa bibliográfica, foi possível perceber que a discussão sobre estratégia e tática na pesquisa de Silva (2004) e o quarto estágio de aprendizagem na pesquisa de Cleveland (1907) relacionam-se com essa capacidade.

4.1.5 Projeção da árvore de lances candidatos

Refere-se à capacidade de projetar mentalmente as sequências de lances candidatos a serem feitos a partir de uma posição. No meio enxadrístico, a projeção desses lances é comumente chamada de “cálculo de variantes”. É essa capacidade que permite visualizar possíveis caminhos para se cumprir metas definidas pelo jogador.

Cada linha (galho) da árvore de lances é projetada da seguinte forma: dada uma posição, o enxadrista visualiza um lance dele, depois um lance do seu adversário, depois outro lance dele a partir daquele feito pelo adversário, e assim sucessivamente. Isso tudo sem movimentar as peças no tabuleiro.

A altura da árvore de lances candidatos é dada em função da quantidade de lances representados em suas linhas, sendo que um lance corresponde a duas jogadas, uma de cada jogador. Uma árvore contendo todas as possibilidades de lances tem um número muito grande de linhas, mesmo para alturas pequenas e posições simples. Uma árvore de altura 2 para representar a posição do Diagrama 4.6 (a), que só tem 3 peças, teria mais de 100 linhas (combinação de 4 jogadas possíveis) distintas.

Devido à grande quantidade de galhos da árvore e da capacidade limitada da memória de trabalho humana, os enxadristas, ao invés de calcular toda a árvore de lances possíveis, utilizam o mecanismo de avaliação para “podar” os galhos considerados desinteressantes para atingir a meta definida. Descartando as linhas consideradas não interessantes, é possível calcular poucas linhas da árvore com altura maior.

Os enxadristas menos experientes têm poucas capacidades desenvolvidas, o que faz sua capacidade de avaliação e seleção também ser restrita. Por isso eles tendem a querer calcular todas as possibilidades a partir da posição atual, projetando uma árvore semelhante à da Figura 4.1 (a). Já os enxadristas experientes, com maior capacidade de avaliação e seleção, conseguem “podar” muito mais linhas desinteressantes, projetando uma árvore semelhante à da Figura 4.1 (b).

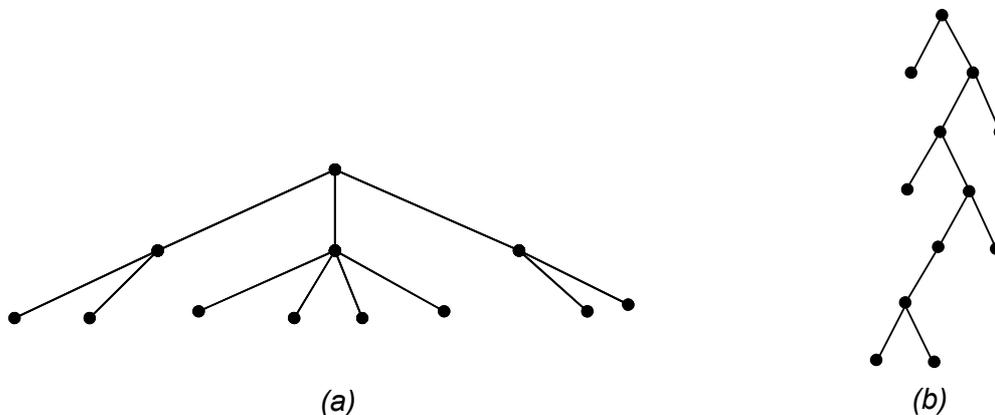


FIGURA 4.1 - EXEMPLOS DE ÁRVORE DE LANCES
FONTE: O autor (2009)

Além disso, os jogadores que acabam de entrar no nível intermediário de desenvolvimento têm dificuldade de calcular as possíveis combinações de lances sem tocar nas peças. Para ajudá-los a treinar essa capacidade, o instrutor dá exercícios e os deixa tentar resolver mexendo as peças normalmente. Porém, a partir de um determinado momento, o instrutor não permite mais a realização das jogadas, forçando-os a tentar projetar mentalmente as possibilidades.

O Quadro 4.11 apresenta um exemplo de utilização da projeção da árvore de lances candidatos por um aprendiz I3 que jogava de pretas, explicando o lance {♛c7} referente à posição do Diagrama 4.11. Já o Quadro 4.12 exemplifica a projeção de uma linha da árvore de lances candidatos por um especialista, justificando por que não seria viável segui-la naquele momento da partida. Ele jogava de brancas em sua partida contra o robô. O Diagrama 4.12 mostra as posições referente aos comentários.

I3 _ Joguei dama c7 porque aí no futuro eu posso trocar [♞xd4], ele toma de bispo [♟xd4], eu levanto esse [e5] e tomo o bispo [exd4].

QUADRO 4.11 - EXPLICAÇÃO DE I3 SOBRE UMA DE SUAS JOGADAS

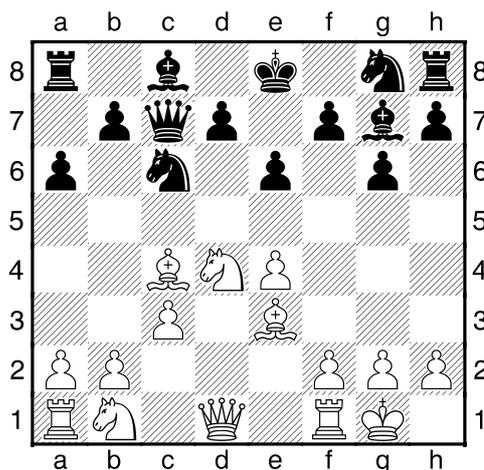


DIAGRAMA 4.11 - POSIÇÃO DA PARTIDA ENTRE DOIS APRENDIZES I3

(O Diagrama 4.12 mostra a posição sobre a qual o especialista faz seu comentário).

E _ O ideal aqui seria jogar cavalo d5 [♞d5], mas não dá, porque cavalo d5, ele vai comer a dama em d2 [♞xd2], cavalo por e7 [♞xe7+], rei h8 [♔h8], bispo por d2 [♗xd2], e agora o peão está defendido, mas joga torre de f e8 [♖e8] atacando meu cavalo de e7. Cavalo volta pra d5 [♞d5], que é a única casa. Cavalo por d5 [♞xd5], peão de c por d5 [cxd5], bispo por b2 [♗xb2], recuperando o peão. Torre b1 [♖b1] ameaçando bispo [preto] e ameaçando [peão de] b7 e aí sobra bispo d4 xeque [♗d4+], eu vou ter que tirar o rei [branco] e ele defende o peão de b7 [na verdade, peão de g2] e chega num final igual.

QUADRO 4.12 - ESPECIALISTA EXPLICA A ESCOLHA DE UMA SEQUÊNCIAS DE LANCES

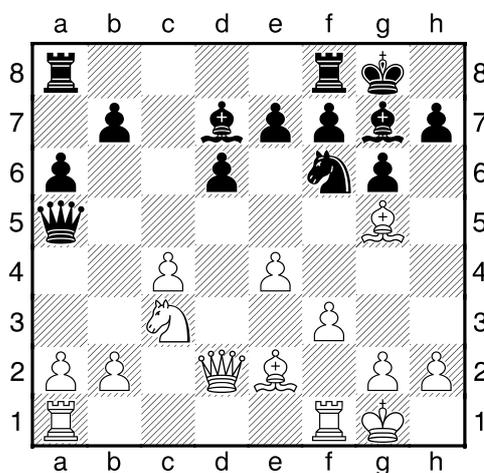


DIAGRAMA 4.12 - POSIÇÃO DA PARTIDA DE UM ESPECIALISTA CONTRA O ROBÔ

Comparando os comentários dos Quadros 4.11 e 4.12 percebe-se que a altura da linha de lances projetada pelo especialista é bem maior do que a projetada por I3. Além disso, os enxadristas com pouca experiência, geralmente, explicam suas decisões durante as partidas realizando os movimentos que poderiam surgir a partir de uma posição e não apenas falando as notações, como fazem os jogadores mais experientes.

Essa capacidade foi identificada ainda na pesquisa bibliográfica. Podem ser citadas como referências conversas com enxadristas, palestras sobre xadrez e análises de partidas assistidas. Além disso, a maioria dos livros técnicos sobre o jogo discutem sobre o cálculo de variantes a partir de posições de partidas de xadrez.

4.1.5.1 Prever as melhores jogadas do adversário

Refere-se à capacidade de selecionar a linha (galho) da árvore de lances candidatos que contenha, para cada lance, uma jogada ótima para si e uma jogada ótima para o adversário. Isso baseia-se no fato de que o adversário, em sua vez de jogar, vai realizar a melhor jogada para ele mesmo, e não para o primeiro jogador, aquele que projetou a árvore. Entretanto, muitas vezes a linha selecionada só tem jogadas interessantes para o jogador que a projetou.

Essa capacidade tem muita relação com avaliação e seleção, com definição de meta e com a projeção da árvore de lances. A seleção da linha equivocada da árvore geralmente está relacionada a uma meta definida anteriormente pelo jogador. Durante a projeção da árvore, quando ele percebe a existência de uma linha que contém lances que levem à meta definida, ele (jogador) a seleciona. Mas, como as jogadas do adversário contidas na linha são ruins para ele (adversário), ele (adversário) geralmente realiza outros lances. Com isso, o primeiro jogador acaba não conseguindo alcançar sua meta e chega, geralmente, a uma posição pior do que a que ele desejava.

Isso ocorre com grande frequência até com os especialistas. Com os jogadores menos experientes, a seleção de uma linha com lances ruins para o adversário ocorre com uma frequência ainda maior. O que diferencia os experientes nesse caso é que eles conseguem perceber onde erraram após o adversário fazer uma jogada não prevista ou durante a análise da partida concluída.

O Quadro 4.13 mostra um exemplo em que o especialista, jogando de brancas a partir da posição do Diagrama 4.13 (a), seleciona uma linha equivocada da árvore de lances. O adversário fez jogadas diferentes das esperadas por ele, levando à uma posição cuja configuração ele considerou desfavorável. Para facilitar a compreensão do exemplo, foi inserido antes de cada comentário o número do lance e a jogada a que ele se refere.

E _ 19. {♗b2}: ...eu não troco [♖xc6] porque o peão [de b7] viria para o centro reforçar o peão central dele [de d5] e ameaçar meu cavalo [de b5]. Eu tiro o bispo para trás, seria um recuo aparentemente defensivo, porque defende um peão que já está defendido pelo um cavalo [b5], mas eu quero tirar o meu cavalo para uma casa mais central [d4], ameaçando a torre [c6], o bispo [e6] e o peão [f5] e me aproximando do rei das Pretas. (*meta*)

19. {♖xc1}: Ele troca uma torre.

20. {♖xc1}: Eu não tomo com o bispo [de b2] porque ele está bom na diagonal. Eu tomo com a torre que ocupa a coluna. Minha vantagem aparentemente aumenta. Eu tenho uma casa de invasão [porque está protegida pela torre] na sétima [♗c7]. Ele precisa agir rapidamente para não ficar em uma posição perdida rápida.

20. {f4}: E ele faz isso muito bem. O que mais me preocupava era o ataque no “flanco” do rei que desde a abertura inicial das Pretas atacaram desse lado.

21. {♗d4}: Aqui que certamente eu errei. Agora que eu estou vendo onde é que eu errei... na partida eu joguei muito rápido achando que estava tudo sob controle, e fiz a minha jogada planejada, que era ameaçar o bispo [e6], que por consequência ameaça a dama [d8] e a torre [f8]. Materialmente eu joguei errado porque ele iria se defender ou iria fugir com o bispo. Se eu tivesse pensado um pouquinho mais eu iria eliminar esse cavalo [e4] que está muito forte perto do meu rei.

21. {fxg3}: Só depois que ele fez essa jogada que foi muito boa pra ele, que eu percebi que o ataque dele viria muito rápido e eu provavelmente vou perder a partida. Mas, mesmo assim, eu fiquei curioso para saber como ele iria me ganhar.

22. {♗xe6}: Eu capturei o bispo de graça ameaçando a dama e a torre. Ou seja, eu vou ganhar no total das contas uma torre e um bispo gastando só um cavalo. Ganhei uma torre inteira.

22. {gxh2+}: Mas, ele me ataca com xeque. Se eu saio com o rei para o lado [h1], eu tomo um xeque aqui [♗xf2] e posso perder a dama, provavelmente eu perca [♗xd3]. Se eu capturar o peão, ele sai com a dama [♕d6+] dando xeque e pega meu cavalo [♖xe6]. O cavalo que iria ganhar a partida já vai sumir e o meu rei está exposto...
(Após a realização dessas jogadas, a posição fica como a mostrada no Diagrama 4.13 (b). Eles continuaram até o lance 27, momento em que E desistiu da partida)

QUADRO 4.13 - ESCOLHA EQUIVOCADA DE UMA SEQUÊNCIA DE LANCES

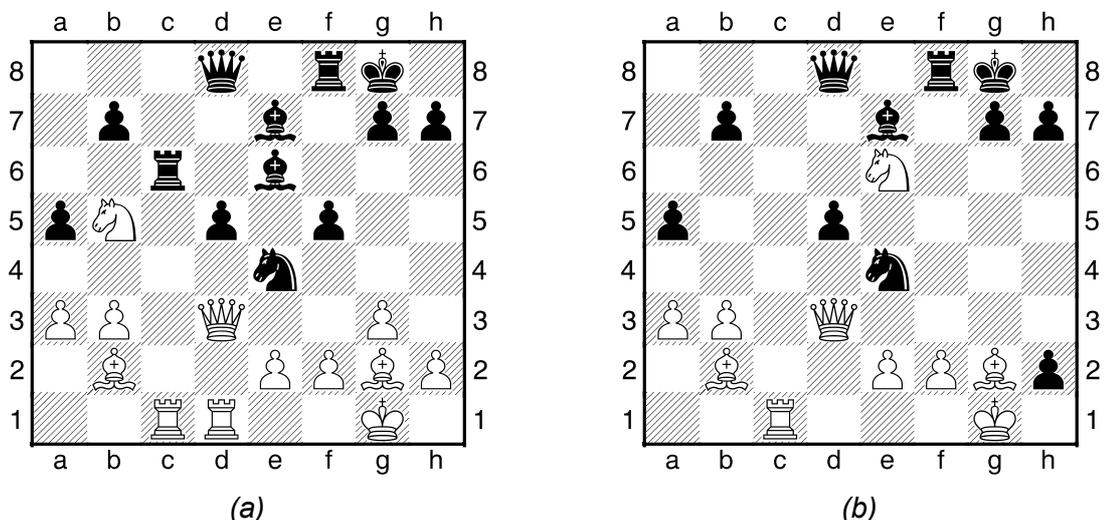


DIAGRAMA 4.13 - POSIÇÕES DA PARTIDA DE UM ESPECIALISTA CONTRA O ROBÔ

O Quadro 4.14 mostra um exemplo de diálogo tutorial onde essa capacidade pode ser treinada. Na resolução de um exercício de final, o instrutor pede ao aprendiz para dizer qual jogada ele faria de brancas e qual movimento ele achava que seria a resposta de pretas. A posição inicial do exercício é mostrada no Diagrama 4.14.

(O trecho do diálogo apresentado nesse Quadro ocorreu após I2 ter voltado à posição inicial seis vezes na tentativa de resolver o exercício).

T _ O primeiro lance é aqui {♔f3}.
 Eu respondo com esse {c6}.
 Mas se ao invés de jogar aqui [♔e4], eu jogar aqui {♔f4}. É bom?

I2 _ Mais ou menos.

T _ Por que? Quando eu jogo rei lá, o que você acha que as pretas vão fazer?

I2 _ Avançar o peão pra c5

T _ Aqui {c5}?

I2 _ É!

T _ E agora, o que as brancas fazem?

I2 _ Jogam aqui {♕f5}.

T _ Mas aí eu promovo [em d1].
 (I2 voltou o rei para a f4 e continuou olhando para o tabuleiro)

I2 _ Então eu jogo aqui {♔e4}

T _ E o que você acha que as pretas devem fazer agora?

I2 _ Voltar o rei.

T Voltar o rei aqui {♚e8}?

I2 É.

T E agora o que as brancas devem fazer?

I2 {♔d3}

...

QUADRO 4.14 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL

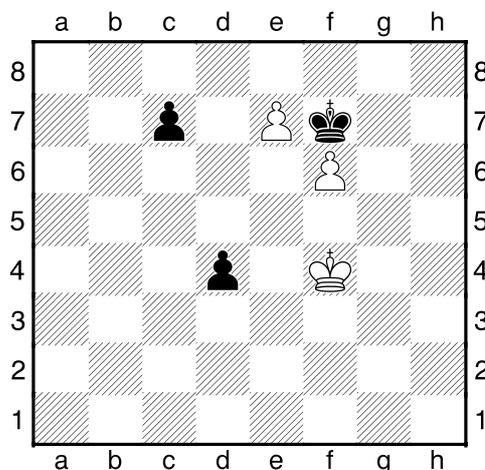


DIAGRAMA 4.14 - POSIÇÕES REFERENCIADAS NO QUADRO 4.14

A percepção dessa capacidade como uma possível capacidade da perícia em xadrez ocorreu logo no início das gravações do estudo empírico. Porém, houve muita discussão até ela ser classificada como uma subcapacidade da projeção da árvore de lances.

4.1.6 Abandonar hipóteses e definir nova meta

Refere-se à capacidade de abandonar, quando necessário, a hipótese de que uma meta será alcançada e definir uma nova meta a partir da posição corrente. Isso é necessário principalmente quando o adversário faz jogadas não esperadas pelo jogador, devido à seleção de uma linha da árvore de lances que tem movimentos ruins para o adversário. No entanto, acontece também de o adversário fazer uma jogada esperada e, a partir da nova posição, o jogador conseguir visualizar uma configuração de peças melhor que pode ser alcançada, que ele não tinha percebido nas posições anteriores.

Muitas vezes, o jogador está tão obcecado em cumprir sua meta que nem percebe que o adversário está fazendo jogadas que irão impedi-lo. O adversário pode impedir porque quer interceptar a realização de uma meta do jogador, ou porque conseguirá alcançar sua meta primeiro que ele, chegando de qualquer forma

a uma posição de vantagem para o adversário. No exemplo do Quadro 4.13 pode-se perceber a necessidade da redefinição da meta definida no lance 19 das brancas. Como isso não ocorreu, o especialista ficou em desvantagem e acabou perdendo a partida.

A percepção dessa capacidade como uma das possíveis componentes da perícia em xadrez surgiu no estudo empírico. Tanto nos treinamentos gravados quanto no *post mortem* das partidas existiram inúmeros casos onde o jogador tentava concretizar uma meta “contando com a colaboração das jogadas do seu adversário”. A citação das jogadas esperadas e não esperadas sempre estavam presentes nos comentários dos jogadores durante os *post mortem*.

4.1.7 Memorizar subárvore de lances

Refere-se à capacidade de memorizar uma subárvore da árvore de lances referente a uma determinada posição. Essa capacidade é extremamente utilizada nas aberturas já aprendidas, onde os lances são feitos sem mesmo os enxadristas pensarem a respeito deles. Dada uma abertura ou uma posição onde o enxadrista já tem a árvore de variantes memorizada, ele faz os lances mecanicamente, sem perder tempo naquelas posições.

A desconfiança da existência dessa capacidade surgiu durante o estudo empírico, onde os aprendizes mais experientes faziam aberturas naturalmente, sem parar para analisar a jogada seguinte. Já na gravação do *post mortem* das partidas dos especialistas, muitas vezes eles nem explicavam os lances da abertura. Uma fala que retrata bem essa capacidade é apresentada no Quadro 4.15, onde um especialista comenta sobre sua jogada no 12º lance da partida.

E _ Aqui foi o primeiro momento onde eu pensei mais na partida. Até aqui eu não estava nem tanto concentrado, eu estava desenvolvendo as peças.

QUADRO 4.15 - COMENTÁRIO SOBRE A MEMORIZAÇÃO DE SUBÁRVORE DE LANCES

4.1.8 Reconhecer etapas da partida (abertura, meio e final de jogo)

Refere-se à capacidade de identificar, dada uma posição, se a partida está na etapa de abertura, meio ou final de jogo. Embora os limites entre as etapas das partidas não sejam bem definidos, comumente tais etapas influenciam a avaliação de outras capacidades. Como exemplo, podem ser citadas a avaliação material, onde peças são consideradas mais ou menos valiosas em determinadas etapas da partida; a avaliação posicional, para saber se já deve ou não colocar determinadas peças em posições específicas do tabuleiro; e a definição de metas a serem alcançadas.

No Quadro 4.16, o comentário feito por um especialista em sua partida contra o robô ilustra a avaliação de peças em uma determinada situação de final.

E _ Entrou em uma posição de final típico, onde tem peões nas duas alas, então normalmente o bispo joga melhor que cavalo, e além disso, torre e bispo coordenam melhor que torre e cavalo em final...

QUADRO 4.16 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE VALOR RELATIVO DE PEÇAS

A desconfiança de que reconhecer etapas da partida era uma das possíveis capacidades da perícia em xadrez surgiu já na pesquisa bibliográfica. A questão já é usada com tanta naturalidade no meio enxadrístico que dois dos trabalhos da área de informática (FEITOSA *et al.*, 2007; BUENO *et al.*, 2008) já haviam se apropriado do tema. Além disso, conversas com enxadristas e análise de partidas assistidas deram indícios da existência dessa capacidade. Embora aqui não seja citada nenhuma pesquisa específica, muitos livros técnicos de xadrez discorrem sobre etapas do jogo de xadrez.

4.1.9 Administração do tempo

Refere-se à capacidade de administração do tempo (de relógio) durante a partida. É importante manter o controle do próprio tempo com relação ao do adversário porque essa capacidade influencia a qualidade da análise das demais capacidades,

diminuindo a precisão da avaliação e seleção. Além disso, os entrevistados afirmam que uma grande desvantagem temporal causa descontrole emocional e falta de concentração durante a partida.

O Quadro 4.17 mostra um exemplo onde o especialista começa a sentir-se pressionado pelo tempo. O comentário foi feito 20º lance, quando o especialista tinha 4:19 minutos e o robô tinha 6:02 minutos. A partida terminou no 70º lance, com a posição mostrada no Diagrama 4.15, porque o tempo do especialista acabou.

E _ Aqui... comecei a ficar preocupado com o tempo, eu estou com 2 minutos a menos e eu estou vendo que o computador está conseguindo jogar mais rápido.

QUADRO 4.17 - ESPECIALISTA COMENTA SOBRE SUA DESVANTAGEM TEMPORAL

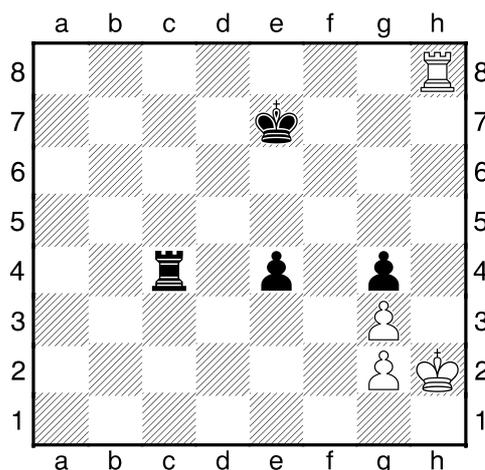


DIAGRAMA 4.15 - POSIÇÃO FINAL DA PARTIDA ENTRE UM ESPECIALISTA E O ROBÔ

A desconfiança de que administração temporal era uma das possíveis capacidades da perícia em xadrez surgiu já na pesquisa bibliográfica. O tempo é outro tema naturalmente abordado no meio enxadrístico. O que deu indícios da existência dessa capacidade foram as conversas com enxadristas, as entrevistas e as análise *post mortem* de partidas gravadas.

4.1.10 Administração material

Refere-se à capacidade de administração material (peças) durante e partida, tentando conseguir vantagem em número e valor de peças sobre o adversário. Para tanto, é necessário saber o valor inicial de cada peça em relação às outras, saber o valor relativo das peças de acordo com seu posicionamento e etapa da partida, e realizar trocas materiais vantajosas para si ou sem sair perdendo. Em vários quadros usados para ilustrar as outras capacidades, a avaliação do material dos jogadores aparece com evidência. Alguns deles serão referenciados a seguir.

No Quadro 4.2, o especialista fala sobre o valor de uma peça sua num dado momento da partida: “o bispo por enquanto está valendo mais”. No Quadro 4.9, o especialista fala sobre simplificação, que seria a troca de peças (valor material) somente para diminuir a quantidade de peças no tabuleiro. No Quadro 4.13, a avaliação de material ocorre em praticamente todas as falas, mas será dada atenção especial ao comentário da jogada das brancas do 21º lance: “...esse cavalo [e4] que está muito forte perto do meu rei”, mostra com evidência o valor da peça de acordo com sua posição no tabuleiro.

Como alguns aspectos dessa capacidade são desenvolvidos em estágios diferentes de aquisição de perícia, ela foi subdividida em três subcapacidades, quais sejam:

1. Avaliação material absoluta: avaliação material baseando-se no valor inicial da peça;
2. Avaliação material relativa: avaliação material que leva em consideração aspectos como a etapa da partida e o posicionamento da peça no tabuleiro;
3. Administração posicional: administração do material durante toda a partida, realizando trocas vantajosas ou sem sair perdendo.

De acordo com os instrutores e especialistas entrevistados, essa capacidade é uma das primeiras a serem desenvolvidas pelos enxadristas. Em geral, mesmo os jogadores em fase intermediária (I1, por exemplo) conseguem avaliar com precisão se estão com vantagem ou desvantagem material numa dada posição. Entretanto, como a administração material durante a partida inteira depende do desenvolvimento de outras capacidades, como administração posicional, etapas da partida e, principalmente, projeção da árvore de lances; a administração material durante toda a partida não é uma tarefa trivial.

Essa capacidade da perícia foi identificada ainda na fase de pesquisa bibliográfica, já que esse é um dos temas mais abordados nos livros técnicos sobre xadrez. Mas, aqui será referenciada a pesquisa de Cleveland (1907) sobre os estágios de aprendizagem do xadrez, onde o terceiro estágio apontado é sobre valor material das peças. Além disso, as conversas com especialistas já davam indícios da existência dessa capacidade.

4.1.11 Administração posicional

Refere-se à capacidade de realizar jogadas que mantenham suas peças em posições estratégicas do tabuleiro para manter a proteção das próprias peças, controlar casas ou regiões importantes do tabuleiro e, ainda, atacar peças do adversário. A administração posicional visa conseguir um melhor posicionamento das peças no espaço do tabuleiro com relação ao adversário. Em vários quadros usados para ilustrar as outras capacidades, a avaliação posicional aparece com evidência. Alguns deles serão referenciados aqui.

No Quadro 4.2, quando o especialista diz que o rei ficaria em uma posição estranha, ele está fazendo avaliação posicional. No Quadro 4.3, a avaliação da localização das peças é utilizada para se medir quão boa é uma posição para os jogadores. O Quadro 4.4 também apresenta um exemplo onde o reconhecimento da

localização das peças no tabuleiro configura ou não empate. No Quadro 4.13, logo na primeira fala do especialista, ele diz que não vai trocar a torre porque o peão adversário ficaria em uma localização melhor do tabuleiro.

A desconfiança da existência dessa capacidade como componente da perícia em xadrez surgiu ainda na pesquisa bibliográfica. O “sentido posicional” apontado por Cleveland (1907) como o quinto estágio de aprendizagem do jogo de xadrez, conversas com especialistas e análise de partidas assistidas deram indícios da existência dessa capacidade. No estudo empírico várias ocorrências de utilização dessa capacidade foram evidentes.

Voltando novamente às pesquisas consultadas na pesquisa bibliográfica, pode-se perceber que De Groot também já citava a relação entre as peças e o espaço bidimensional do tabuleiro e a cooperação entre as peças. Essas duas características correspondem à duas das três subcapacidades da administração posicional que serão descritas a seguir.

4.1.11.1 Abstração dos esquemas tabuleiro-peça

Refere-se à capacidade de abstração do relacionamento entre a geometria do tabuleiro e as características de movimentação de cada peça. A essa capacidade estão relacionados conceitos técnicos do jogo de xadrez tais como “domínio de centro”, “regra do quadrado” para verificar se o rei consegue alcançar um peão adversário antes da promoção e “valor relativo das peças” (ex.: torre é forte em uma linha ou coluna aberta, bispo é forte em diagonal aberta).

Essa capacidade é necessária, por exemplo, 1) para reconhecer posições peculiares como “rei afogado”, “xeque-mate”, “empate” e “movimento impossível”, 2) para entender mais facilmente por que finais de “bispo e rei contra rei”, ou de “cavalo e rei contra rei”, correspondem a empate; por que dar xeque-mate com dama (dama e rei contra rei) é mais rápido do que com a torre, 3) entender que em final de “torre e

rei contra rei”, o rei tem que dar apoio à torre para levar o rei adversário para um dos lados do tabuleiro. Essa capacidade é utilizada pelas outras duas subcapacidades relacionadas à administração posicional. Um exemplo de como ela pode ser treinada é apresentado no Quadro 4.18.

T _	Quando usamos a dama para dar xeque-mate, você tem que ver que ela fecha linha, coluna e diagonal.
	...
	Agora nós vamos refazer o exercício pegando uma torre ao invés da dama quando promover.
	<i>(I1 conseguiu dar xeque-mate em T, mas gastou muito mais lances que os necessários. Parte da resolução deste exercício é usado como exemplo no Quadro 4.6)</i>
	...
	Qual é a diferença da dama com a torre?
I1 _	A torre fecha linha e coluna...
T _	Qual a diferença entre elas, a diferença básica?
I1 _	É que a dama anda [se movimenta] na diagonal, já a torre não.
T _	Isso...

QUADRO 4.18 - DIÁLOGO ENTRE T E I1 NA RESOLUÇÃO DE UM EXERCÍCIO DE FINAL

Um exemplo da utilização da abstração do relacionamento entre a geometria do tabuleiro e a relação com a movimentação das peças é mostrado no Quadro 4.19. O especialista comenta a retirada do peão da casa f2, cuja função era proteger o rei de um ataque lateral. Como o adversário já não tinha mais a dama e tinha perdido o bispo que corre nas casas pretas há três lances, ele poderia mover esse peão. A posição imediatamente após o movimento do peão de f2 para f4 é apresentada no Diagrama 4.16.

E _	Agora, como não tem bispo diagonal pretas, eu posso expor meu rei nas casas (diagonais) pretas.
-----	---

QUADRO 4.19 - COMENTÁRIO SOBRE A RELAÇÃO TABULEIRO-PEÇAS

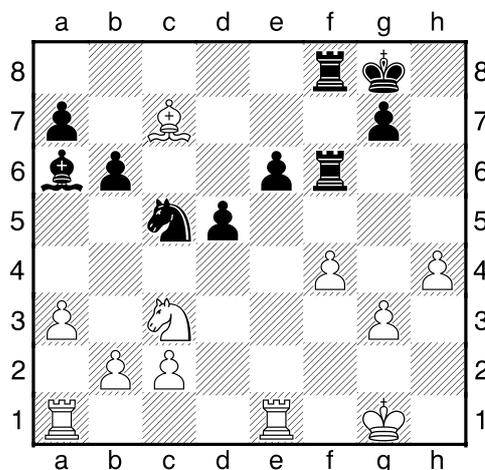


DIAGRAMA 4.16 - POSIÇÕES DA PARTIDA ENTRE UM ESPECIALISTA E O ROBÔ

4.1.11.2 Reconhecer harmonia de peças

Refere-se à capacidade de reconhecer e manter padrões de peças harmonizadas durante a partida. Ela está relacionada com as capacidades de classificação e reconhecimento de padrões de peças e, como ela, também tem caráter estático. É dependente da abstração do relacionamento entre a geometria do tabuleiro e a movimentação das peças.

Um exemplo onde a harmonia de peças foi utilizada é apresentado no Quadro 4.20. O especialista explica por que jogou peão em a5 no movimento das brancas, lance 12. O Diagrama 4.17 (a) mostra a posição imediatamente após essa jogada, e o Diagrama 4.17 (b) mostra a posição três lances à frente. Repare que a região onde se referia o especialista não tem mais um padrão com peças harmonizadas.

E _ Então, a ideia desse lance é acabar com a harmonia na ala da dama [do adversário], essa formação aqui (*peças da região entre a casa a5 e d7*).

QUADRO 4.20 - COMENTÁRIO DE UM ESPECIALISTA SOBRE HARMONIA DE PEÇAS

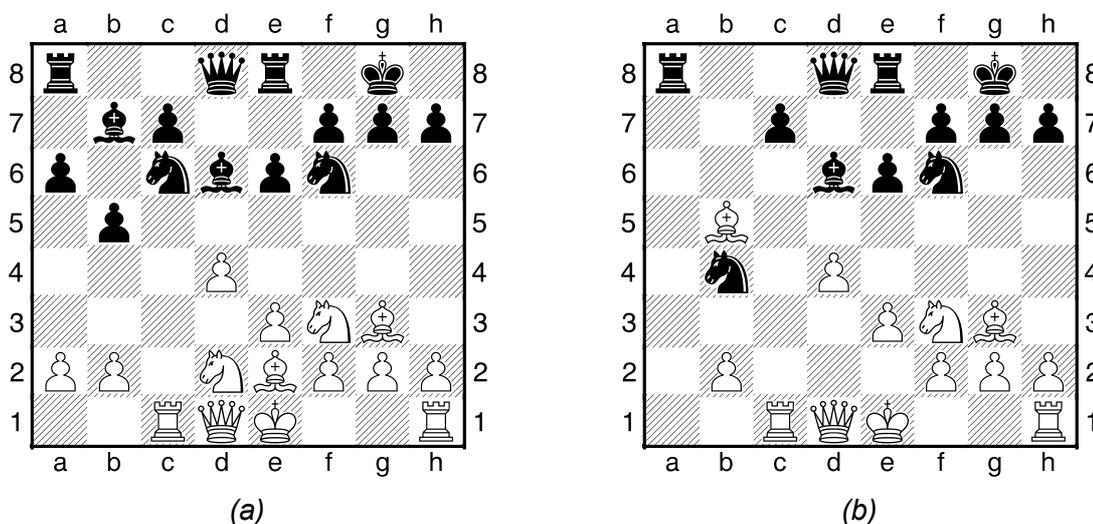


DIAGRAMA 4.17: POSIÇÕES DA PARTIDA DE UM ESPECIALISTA CONTRA O ROBÔ

4.1.11.3 Administrar cooperação entre as peças

Refere-se à capacidade de manter a cooperação das próprias peças no tabuleiro e/ou atrapalhar a cooperação das peças do adversário. Para manter a cooperação das peças durante a partida, o jogador precisa necessariamente ter abstraído o relacionamento entre o espaço do tabuleiro e a movimentação das peças. Essa capacidade tem, também, relação com a capacidade de reconhecer e utilizar a harmonia de peças, mas o que diferencia essa da anteriormente descrita é justamente sua característica dinâmica.

Para conseguir manter a cooperação das peças a partida deve ser vista como um sistema onde cada peça tem uma função específica. A função da peça está intimamente ligada à casa que ocupa e ao seu alcance a partir de onde está. Exemplo disso é o comentário de um especialista explicando a jogada das brancas no lance 19, mostrado no Quadro 4.13. Ele fala sobre o movimento do bispo para a proteção de uma peça que ficaria sem proteção, pois a peça que a protegia seria movimentada. Outro exemplo onde a cooperação entre as peças é levado em consideração é no Quadro 4.2, onde o especialista explica a movimentação de seu bispo para proteger outras duas casas para onde pretendia mover outras peças suas.

4.1.12 Abstração do tabuleiro

Refere-se à capacidade de projetar mentalmente a posição do tabuleiro corrente. Essa capacidade é muito influenciada pelo desenvolvimento das capacidades de classificação e reconhecimento de padrões de peças no tabuleiro e de memorização de subárvore de lances. Os padrões de peças aprendidos e as sequências de lances memorizados constituem blocos de informação que permitem ao enxadrista armazenar em sua memória de trabalho o tabuleiro completo.

Pode-se comparar uma posição do tabuleiro com um texto e os padrões de peças aprendidos e as sequências de lances jogados como as palavras que constituem esse texto. A partir da abstração da imagem da posição no tabuleiro, o enxadrista utiliza e avalia as demais capacidades da perícia para selecionar o caminho a seguir a partir de cada posição. É essa capacidade que permite aos enxadristas jogarem xadrez às cegas. Quando essa capacidade está ainda mais desenvolvida, o enxadrista consegue jogar mais de uma partida simultaneamente, também sem ver o tabuleiro (físico ou eletrônico).

A desconfiança da existência dessa capacidade surgiu ainda na pesquisa bibliográfica, a partir da pesquisa de Binet⁴ (1894, citado por Wilson, 2004), cujos sujeitos que participaram de seus estudos eram enxadristas que jogavam xadrez às cegas; e da pesquisa de De Groot (1946), que aponta a capacidade de manter e rastrear em sua memória complexos sistemas hierárquicos de problemas e sub-problemas. Já no estudo empírico pode-se perceber que o desenvolvimento dessa capacidade ocorre principalmente nos níveis mais avançados de aprendizagem no domínio.

4 BINET, A. *Psychologie des Grands Calculateurs et Joueurs d'Echecs*. Paris: Hachette, 1894.

4.2 Outros fatores que podem influenciar o desempenho do enxadrista

O objetivo do estudo empírico foi identificar as capacidades táticas e estratégicas da perícia no jogo de xadrez. No entanto, outras possíveis componentes da perícia, como capacidades psicológicas, apresentaram-se também como capacidades candidatas. Concentração, criatividade, persistência, competitividade, estilo de jogo pessoal e capacidade de estudar de forma autônoma são exemplos. Entretanto, seriam necessários estudos adicionais específicos para afirmar que essas são também componentes da perícia no domínio de xadrez.

Além das capacidades táticas, estratégicas e psicológicas, alguns especialistas em xadrez afirmam que a alimentação, o descanso e outros fatores externos influenciam o desempenho de um jogador, como em qualquer outro esporte. Porém, esses fatores externos também estão fora do escopo da presente pesquisa.

4.3 Desenvolvimento das capacidades táticas e estratégicas da perícia em xadrez

Nesta seção serão discutidos aspectos relevantes sobre o desenvolvimento das capacidades da perícia no jogo de xadrez e apresentada uma estimativa de quanto de cada capacidade é desenvolvida em cada nível. Por questão de espaço, as questões das entrevistas e dos questionários são apresentadas no Apêndice A e no B, respectivamente. Já as respostas e tabulações de dados dos questionários são apresentadas no Apêndice C. Para compreender melhor os resultados discutidos nessa seção, esses Apêndices podem ser consultados.

Na análise dos dados das entrevistas, foi possível perceber uma estreita relação entre a força do jogador e sua experiência em xadrez. Experiência, aqui, refere-se à combinação de tempo com a frequência de contato com o jogo. O tempo quer dizer há quantos meses ou anos o aprendiz sabe jogar xadrez. E a frequência de contato com o jogo, considerando partidas jogadas e analisadas, aulas,

treinamentos e/ou estudos, em horas por semana. Por exemplo, o sujeito de pesquisa com maior força, um GMI, não é o que sabe xadrez há mais tempo, mas, relacionando o tempo com a frequência de contato com o jogo, percebe-se que sua experiência supera a de todos os demais sujeitos pesquisados.

Apesar de não ter um número grande de questionários respondidos e de seus dados não expressarem medidas exatas, já que lidam com a opinião dos sujeitos pesquisados, seus resultados constituem um dos instrumentos utilizados para a classificação das capacidades. Comparando as médias de respostas dos questionários dos aprendizes com as dos instrutores, percebe-se que os aprendizes superestimaram suas capacidades. Sendo assim, os resultados dos questionários dos instrutores tiveram um peso maior de influência do que os dos aprendizes na classificação das capacidades quanto ao seu desenvolvimento.

Neste ponto, vale ressaltar que no estudo empírico foram consideradas duas grandes classes (intermediário e especialista). Porém, aqui a classificação das capacidades da perícia será feita em três grandes classes: intermediário iniciante (I1), intermediário (I2 e I3), e especialista (E). A separação da classe intermediário iniciante (I1) das outras subdivisões de intermediário (I2 e I3) apresentou-se adequada para a classificação das capacidades da perícia quanto ao seu desenvolvimento.

Essa separação se justifica porque, analisando as respostas dos questionários, percebe-se que algumas capacidades para o grupo I1 foram avaliadas com numeração entre 3 e 5, que correspondem a capacidades desenvolvidas parcial ou completamente. Já para outras questões, tiveram avaliação 0 (zero) ou 1 (um), que correspondem a não saber do que se trata a questão ou a nunca conseguir executá-la. Como um dos objetivos dessa pesquisa é criar uma base de conhecimentos para o desenvolvimento de STI para apoiar o desenvolvimento de tais

capacidades, aquelas menos complexas poderão ter seu treinamento enfatizado nessa fase.

Assim, quando um aprendiz sair do estágio iniciante, onde ele aprende os princípios do jogo, e entrar na fase de intermediário iniciante (I1), o STI irá enfatizar o treinamento de capacidades mais facilmente desenvolvidas por essa classe. Após a superação dessa fase, o STI poderá sugerir ao aprendiz atividades mais elaboradas, que desenvolvem capacidades da classe intermediário (I2 e I3) e que dependem das capacidades desenvolvidas na fase I1.

A Tabela 4.1 apresenta uma estimativa da porcentagem de desenvolvimento de cada capacidade por classe. Essa estimativa foi realizada empiricamente, sem um modelo matemático que descrevesse o comportamento evolutivo de desenvolvimento de cada uma delas. Para conseguir esse modelo matemático seria necessário realizar um estudo dedicado à cada capacidade especificamente. Na Tabela 4.1 a ordem de apresentação das estimativas de desenvolvimento das capacidades segue a mesma taxonomia apresentada na seção 4.1, considerando o relacionamento entre as capacidades.

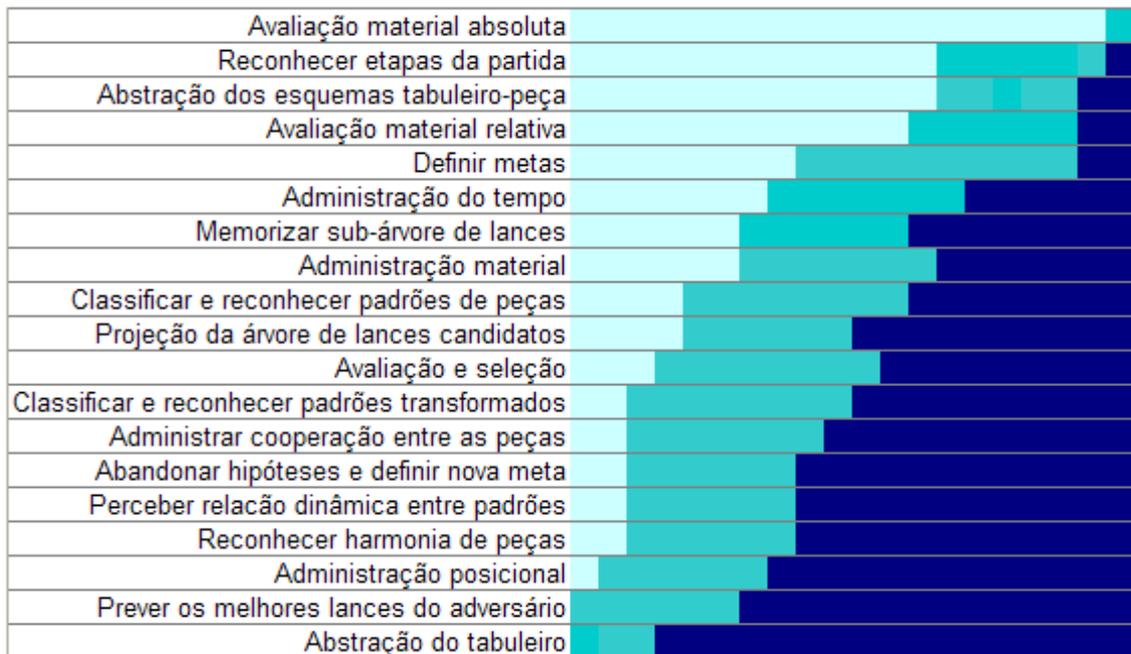
TABELA 4.1 - PORCENTAGEM DE DESENVOLVIMENTO DAS CAPACIDADES POR CLASSE

Capacidades	(I1)	(I2 e I3)	(E)
	Intermediário iniciante %	Intermediário %	Especialista %
Avaliação e seleção	15	40	45
Classificar e reconhecer padrões de peças	20	40	40
Classificar e reconhecer padrões transformados	10	40	50
Perceber relação dinâmica entre padrões	10	30	60
Definir metas	40	50	10
Projeção da árvore de lances candidatos	20	30	50
Prever os melhores lances do adversário	0	30	70
Abandonar hipóteses e definir nova meta	10	30	60
Memorizar subárvore de lances	30	30	40
Reconhecer etapas da partida	65	30	5
Administração do tempo	35	35	30

Capacidades	(I1) Intermediário iniciante %	(I2 e I3) Intermediário %	(E) Especialista %
Administração material	30	35	35
Avaliação material absoluta	95	5	0
Avaliação material relativa	60	30	10
Administração posicional	5	30	65
Abstração dos esquemas tabuleiro-peça	65	25	10
Reconhecer harmonia de peças	10	30	60
Administrar cooperação entre as peças	10	35	55
Abstração do tabuleiro	0	15	85

FONTE: O autor (2009)

A representação gráfica das estimativas mostradas na Tabela 4.1 é apresentada na Figura 4.2, porém, com ordem de apresentação diferente. Na representação gráfica, as capacidades foram ordenadas de acordo com o quanto elas são desenvolvidas por cada classe: intermediário iniciante, intermediário e especialista. Essa ordenação facilita a identificação das componentes cujo treinamento deve ser enfatizado em cada classe.



Legenda	
	Intermediário iniciante
	Intermediário
	Especialista

FIGURA 4.2 - ESTIMATIVA DE DESENVOLVIMENTO DAS CAPACIDADES POR CLASSE
 FONTE: O autor (2009)

Para efeito de classificação das capacidades, foram consideradas três grandes classes. Porém, na prática, dois aprendizes de uma mesma classe podem ainda ter necessidades de aprendizagem muito diferentes. Na tutoria humano-humano, o instrutor ajusta o nível dos exercícios e treinamentos ao nível particular do aprendiz. Essa adequação é muito mais refinada do que somente considerar o aprendiz como sendo de uma determinada classe. Isso é possível porque o instrutor humano, além de conhecer seu aluno, percebe, por meio das falas, gestos e expressões faciais, quando o estudante compreendeu ou têm dúvidas.

Como os aspectos discutidos nesta seção servirão de base para a construção de sistemas computacionais, é importante ressaltar que os canais de comunicação

humano-computador são, ainda, bem mais limitados do que na comunicação entre humanos. Além disso, as linguagens utilizadas para representar os aprendizes são também mais limitadas. Sendo assim, em um STI a representação das capacidades da perícia de um aprendiz em particular deve ser mais refinada do que somente considerar as três classificações aqui expostas. Ela deve ser, no mínimo, uma representação de valor contínuo, para se distanciar menos da real competência do estudante no domínio.

CAPÍTULO 5

DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE CAPACIDADES DA PERÍCIA EM APRENDIZES DE XADREZ

Neste Capítulo também são apresentadas contribuições da presente pesquisa. A partir da arquitetura clássica de STI, são discutidas algumas arquiteturas. É proposta uma arquitetura incremental genérica para Sistemas Tutores Inteligentes. É apresentada a aplicação da arquitetura proposta no contexto do PROTEX. E, por fim, são delineados os aspectos pré-computacionais para detecção automática da perícia em aprendizes de xadrez com base nos resultados do estudo empírico desta pesquisa.

5.1 Arquitetura funcionalista clássica de STI

Uma arquitetura funcionalista clássica de STI foi proposta por Nwana (1990), baseando-se nas arquiteturas de STI existentes na época. Essa arquitetura contém quatro módulos, como mostra a Figura 5.1: módulo do perito, módulo do aprendiz, módulo pedagógico e módulo de interface.

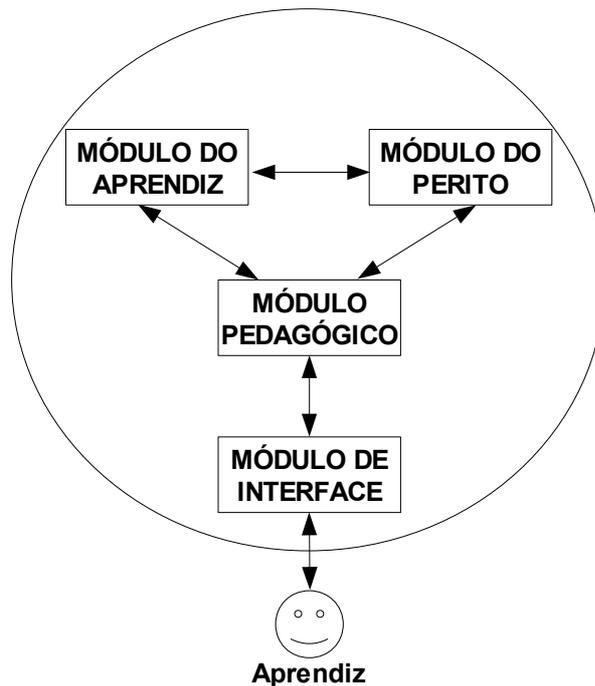


FIGURA 5.1 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA CLÁSSICA DE STI
 FONTE: Adaptado de Nwana, 1990, p. 257

O módulo do perito permite a representação do conhecimento sobre o domínio específico. O módulo do aprendiz refere-se à representação dinâmica do conhecimento de princípios e da perícia dos estudantes no domínio. O módulo pedagógico é responsável por orientar todo o processo de aprendizagem, adequando os conteúdos a serem apresentados e as atividades propostas às capacidades do aprendiz. E o módulo de interface permite a interação do aprendiz com o STI (a descrição detalhada de cada módulo encontra-se na seção 2.2).

Agora suponha, a partir da arquitetura clássica proposta por Nwana (1990), a existência de um “super módulo do perito”, que seja capaz de solucionar qualquer problema de um domínio. Como modelo ideal, ele deve ter a fonte completa de conhecimento, deve gerar vários caminhos possíveis de solução de problema para comparar com a solução do aprendiz e, também, gerar tarefas, respostas e explicações. Assim, a arquitetura apresentada na Figura 5.2 apresenta-se adequada, permitindo manter o foco na elaboração dos três outros módulos: pedagógico, do aprendiz e de interação.

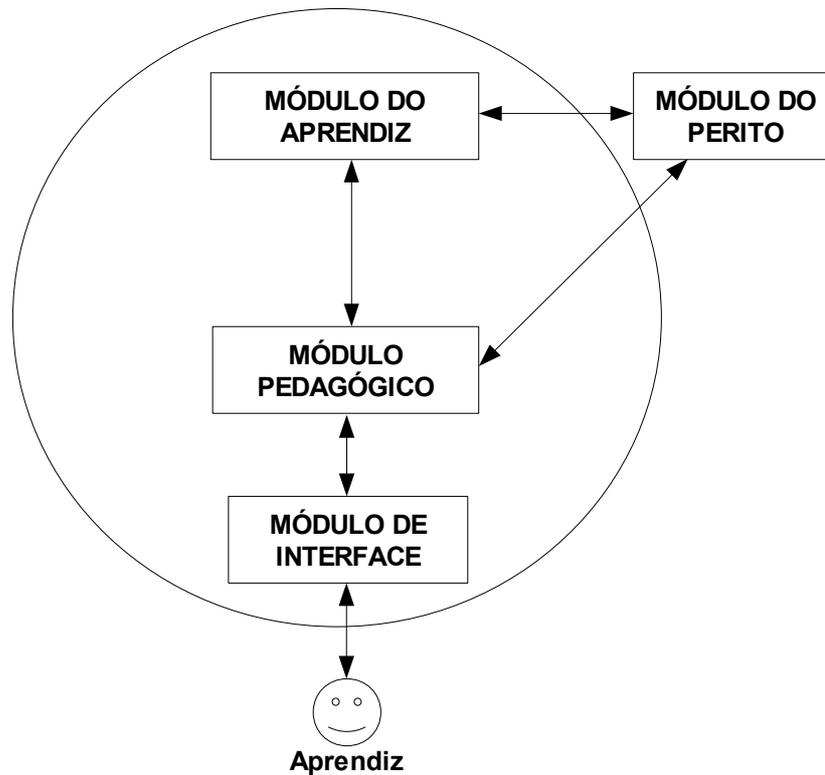


FIGURA 5.2 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA ALTERADA DE STI
 FONTE: O autor (2009)

5.2 Arquitetura funcionalista incremental de um STI

A arquitetura funcionalista de um STI alterada, apresentada na Figura 5.2, permite a abstração do módulo do perito, direcionando o foco de atenção para a elaboração dos outros três módulos. Só que, ainda é difícil construir um “super módulo do perito” capaz de solucionar qualquer problema do domínio. Já o desenvolvimento de várias ferramentas, cada uma para solucionar conjuntos de problemas com características semelhantes, apresenta-se viável.

Partindo desse contexto, pode-se propor um módulo do perito que seja formado por várias ferramentas que solucionem um subconjunto de problemas do domínio, como mostra a Figura 5.3. Com a arquitetura funcionalista incremental, a complexidade de elaboração do módulo do perito é dividida em subproblemas menores, podendo ter ferramentas desenvolvidas independentemente por grupos

distintos. Dessa forma, cada ferramenta trata as informações do aprendiz, tem estratégias de ensino e interface que melhor se adequem ao subconjunto de problemas do domínio que ela soluciona.

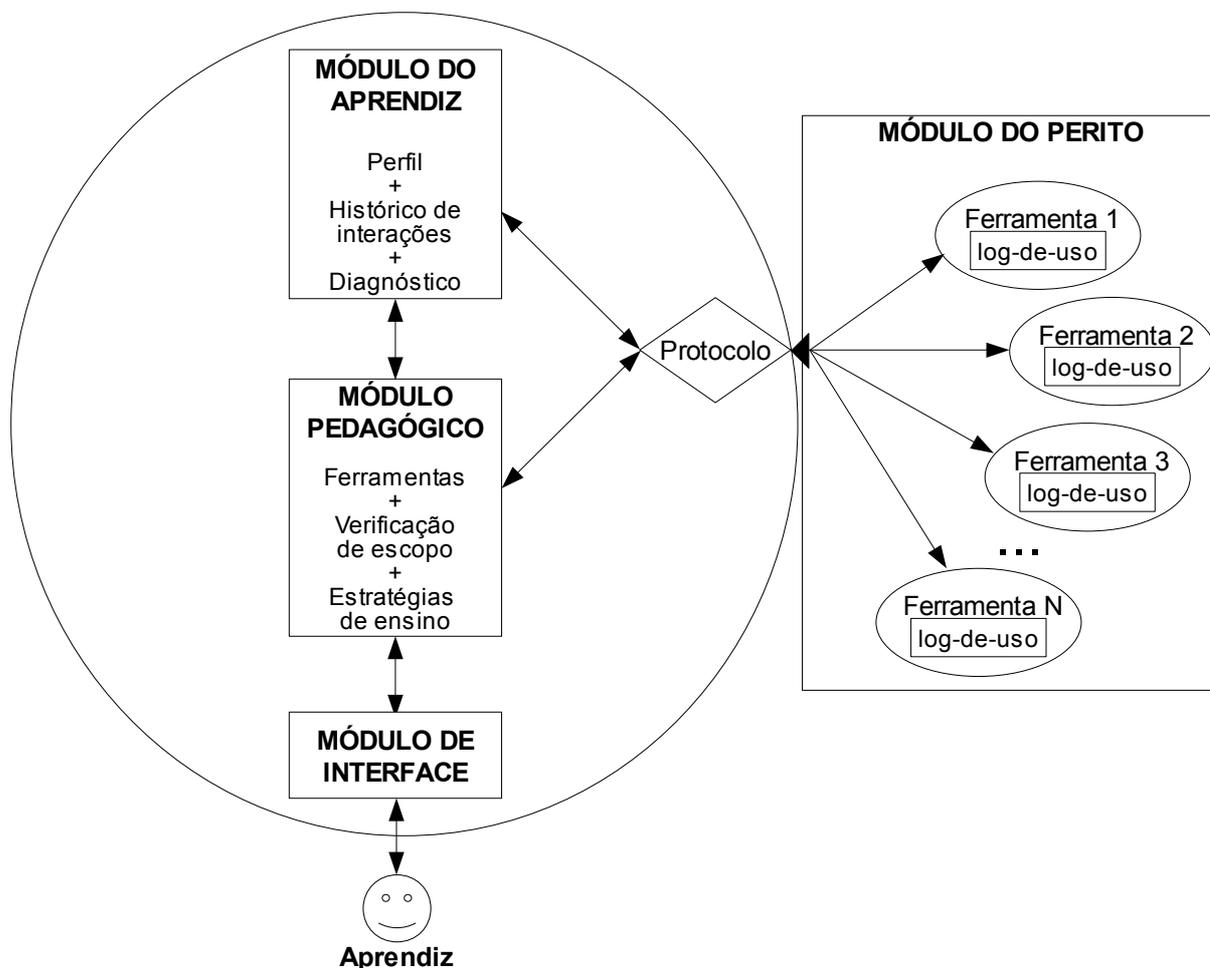


FIGURA 5.3 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA INCREMENTAL DE STI
 FONTE: O autor (2009)

Uma das vantagens da arquitetura funcionalista incremental é a possibilidade de reutilizar ferramentas existentes para solucionar subconjuntos de problemas do domínio, sendo necessário somente adaptar o protocolo de comunicação com os outros módulos do STI. Assim, os aprendizes necessitam de somente um *login* e senha para acessar várias ferramentas distintas. O uso de um único registro para vários serviços tem se tornado cada vez mais comum. Exemplos são o “*passport*”

(<http://www.passport.net>) e o *login* do google (<http://www.google.com>), que permitem acessar ferramentas diferentes utilizando um único registro de identificação.

Além disso, com o uso compartilhado dos módulos pedagógico, do aprendiz e de interface, o STI pode oferecer acompanhamento de longo prazo aos estudantes. Assim, o STI orienta o aprendiz, em cada interação, a utilizar a ferramenta mais adequada ao seu estágio de desenvolvimento. Dessa forma, ao invés de gastar tempo pesquisando qual ferramenta traria maior ganho de aprendizagem naquele momento, o aprendiz registra-se no STI, que o orienta a utilizá-las otimizadamente.

Solucionado o problema do desenvolvimento do módulo do domínio, pode-se focar então na elaboração dos outros módulos do STI. O módulo do aprendiz é o responsável por armazenar, atualizar e prover informações sobre o aprendiz para os outros módulos. Para tanto, na arquitetura proposta ele é dividido em três funções básicas: de armazenar informações de perfil, armazenar histórico de interações com as ferramentas; e de diagnóstico.

O objetivo de armazenar informações sobre as interações com as ferramentas é permitir a reconstrução da trajetória do desenvolvimento do aprendiz. Devem ser armazenadas, no mínimo, informações sobre a ferramenta utilizada; os valores de cada capacidade antes e depois da interação e a identificação da sessão. Também é necessário que cada ferramenta armazene um log-de-uso interno, já que cada uma delas tem um tipo de atividade particular, com requisitos de informações específicas para reconstruir uma interação realizada.

São responsabilidades da função diagnóstico do módulo do aprendiz prover informações solicitadas pelo módulo pedagógico e pelas ferramentas, e, também, atualizar as informações do estudante após as interações. Outra responsabilidade do diagnóstico, particularmente essencial na arquitetura proposta, é a conversão de valores de representação utilizados para quantificar as capacidades do aprendiz. Quando a ferramenta tiver sido desenvolvida já para ser incorporada à arquitetura da

Figura 5.3, tais valores tenderão a ser compatíveis. Mas, quando a ferramenta já existir, ela poderá utilizar valores de representação diferentes dos do módulo do aprendiz do STI, sendo então necessária a realização da conversão desses valores.

O módulo pedagógico é o responsável por sugerir ao aprendiz a utilização de uma ou mais ferramentas adequadas ao nível de desenvolvimento em que ele se encontra. Esse módulo mantém o registro de cada ferramenta incorporada ao STI. Como a inclusão de atividades em cada uma das ferramentas pode ocorrer continuamente, a cada sessão de treinamento deve ser realizada uma verificação do escopo das atividades oferecidas por elas. Essa verificação é necessária para saber tanto o nível das atividades de cada ferramenta, quanto quais capacidades são desenvolvidas por elas.

Dada a verificação do escopo das atividades das ferramentas, o módulo pedagógico solicita ao módulo do aprendiz informações sobre o nível de desenvolvimento pericial e preferências do estudante. Cruzando as informações sobre o aprendiz com a do conjunto de atividades de cada ferramenta, o módulo pedagógico, baseado em suas estratégias de ensino, sugere ao aprendiz a utilização de uma ou mais ferramentas adequadas para o desenvolvimento de capacidades específicas.

O módulo de interface com o usuário é utilizado para permitir a interação do aprendiz com o STI. Esse módulo processa tanto as informações de saída, para serem exibidas para o usuário, quanto os dados de entrada, para sua correta utilização pelo sistema. Para a comunicação entre os módulos pedagógico e do aprendiz com as ferramentas com módulo do perito é utilizado um protocolo. Assim, para a incorporação de uma nova ferramenta, basta que ela utilize esse protocolo, sem que haja necessidade de realizar alterações na codificação dos módulos internos ao STI.

5.3 Arquitetura funcionalista incremental no PROTEX

Uma possível aplicação da arquitetura funcionalista incremental apresentada na Figura 5.3 é no projeto PROTEX. Várias ferramentas já foram desenvolvidas no escopo do projeto. Cada uma delas soluciona um subconjunto de problemas do ensino e treinamento do jogo de xadrez. No entanto, como elas não estão integradas, o próprio aprendiz tem que procurar informações a respeito de cada uma delas para decidir qual irá utilizar.

Além de gastar tempo, que poderia ser usado para treinamento, os aprendizes geralmente superestimam suas capacidades, como mostrado na seção 4.3. Sendo assim, eles tendem a selecionar de forma incoerente a ferramenta a ser utilizada. Outra carência do uso das ferramentas de forma independente uma da outra é que, dessa forma, elas não oferecem acompanhamento de longo prazo aos aprendizes.

Já a integração das ferramentas do PROTEX usando a arquitetura funcionalista incremental para STI aqui proposta mostra-se adequada. Primeiro, porque os principais requisitos para a aplicação dessa arquitetura são o conhecimento sobre as capacidades da perícia e a existência de ferramentas que solucionem subconjuntos de problemas do domínio. Segundo, porque os aprendizes gastariam todo o tempo utilizando as ferramentas adequadas ao seu nível de desenvolvimento, e não desperdiçando parte dele buscando informações sobre elas. E terceiro, porque o STI seria capaz de prover acompanhamento de longo prazo aos estudantes. A Figura 5.4 mostra a arquitetura funcionalista incremental no contexto do PROTEX.

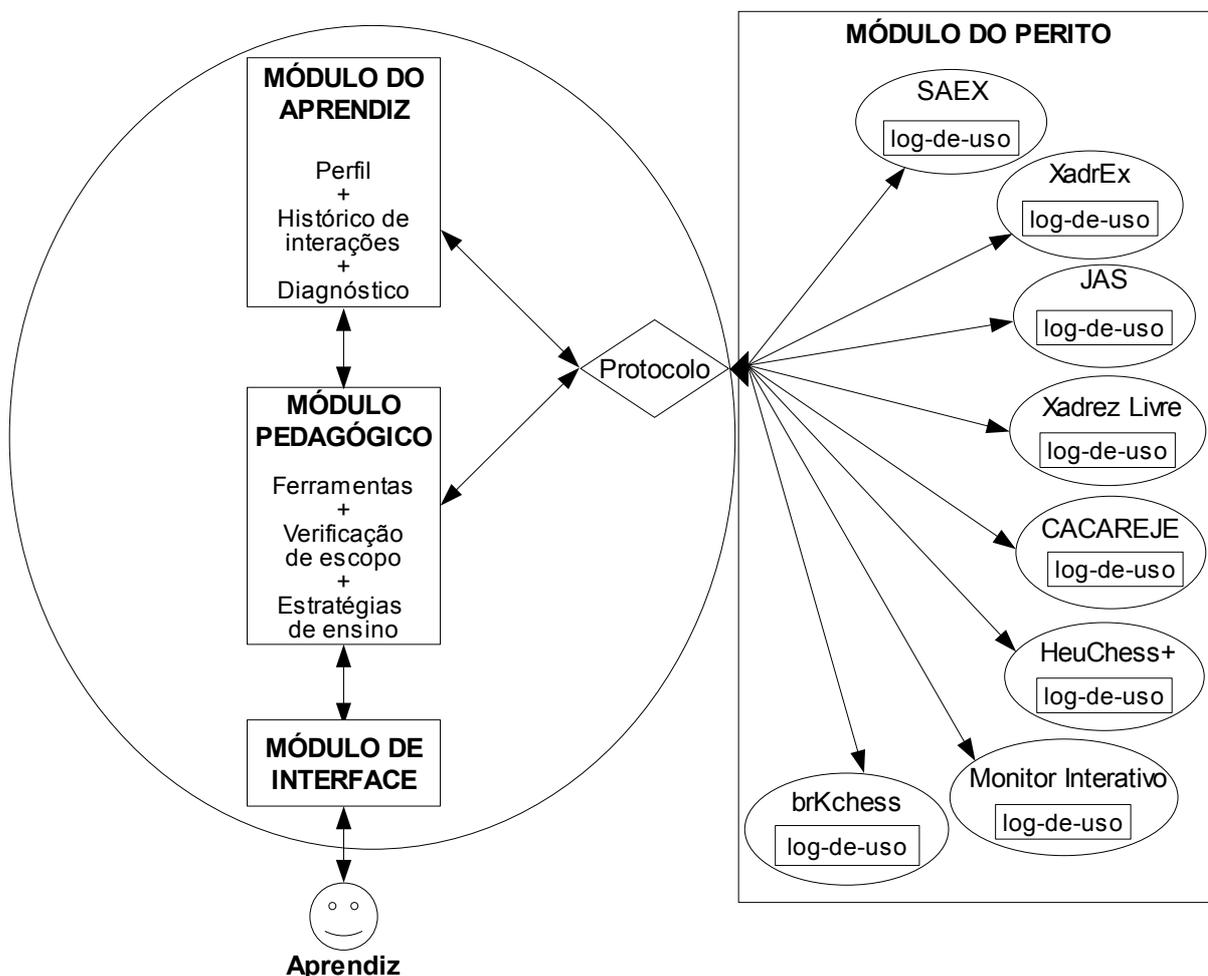


FIGURA 5.4 - ARQUITETURA FUNCIONALISTA INCREMENTAL DE STI NO PROTEX
 FONTE: O autor (2009)

Várias ferramentas que irão constituir o módulo do domínio já estão desenvolvidas. Mais ferramentas construídas por outros grupos de pesquisa podem também ser integradas ao STI. Dessa forma, soluciona-se o problema da complexidade de construção do módulo do domínio. O foco agora passa a ser, então, a elaboração do módulo do aprendiz, pedagógico e de interface da arquitetura proposta na Figura 5.4 para o projeto PROTEX.

5.4 Modelo do aprendiz na arquitetura funcionalista incremental no PROTEX

O módulo do aprendiz no STI do PROTEX deve ter informações gerais sobre os aprendizes, bem como suas preferências, conhecimento de princípios e desenvolvimento pericial. O Quadro 5.1 mostra a descrição detalhada dos itens de informação do perfil do módulo do aprendiz informado pelo próprio usuário durante o cadastro e/ou a alteração do perfil.

Item de informação	Descrição	Valores válidos	Quando solicitado
Nome	Nome	Caractere	Cadastro
Sexo	Sexo	F, M	Cadastro
Nascimento	Data de nascimento	Data	Cadastro
Escolaridade	Nível de escolaridade concluído	Básico, Fundamental, Médio, Técnico, Superior, Pós-Graduação	Cadastro
Titulação FIDE	Titulação do aprendiz na FIDE	Nenhum, MF, MI, GMI	Cadastro
SAEX	Quanto gosta de ferramenta SAEX	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta
XadrEx	Quanto gosta de ferramenta XadrEx	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta
JAS	Quanto gosta de ferramenta JAS	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta
Xadrez-livre	Quanto gosta de ferramenta Xadrez Livre	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta
CACAREJE	Quanto gosta de ferramenta CACAREJE	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta
Monitor-interativo	Quanto gosta de ferramenta Monitor Interativo	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta
brKchess	Quanto gosta de ferramenta brKchess	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta
HeuChess+	Quanto gosta de ferramenta HeuChess+	1, 2, 3, 4, 5	Após o uso da ferramenta

QUADRO 5.1 - INFORMAÇÕES DO MÓDULO DO APRENDIZ ENTRADAS PELO USUÁRIO
FONTE: O autor (2009)

As informações do perfil que são calculadas pela função de diagnóstico do módulo do aprendiz são apresentadas no Quadro 5.2. Elas dizem respeito ao nível de conhecimento teórico e prático do usuário no jogo de xadrez e são derivadas das

capacidades identificadas no estudo empírico e apresentadas no Capítulo 4 deste trabalho.

Item de informação	Descrição	Valores válidos
Nível-de-desenvolvimento	Nível de desenvolvimento em que o aprendiz se encontra	Iniciante, Intermediário iniciante, Intermediário, Especialista
Princípios	Conhecimento teórico sobre o jogo de xadrez	Numérico
Pericia-global	Desenvolvimento pericial global do usuário	Numérico
Avaliacao-selecao	Capacidade de avaliação e seleção	Numérico
Padroes	Capacidade de classificar e reconhecer padrões	Numérico
Padroes-transformados	Capacidade de classificar e reconhecer padrões transformados	Numérico
Relacionamento-padroes	Capacidade de perceber relação dinâmico entre padrões	Numérico
Definir-metas	Capacidade de definir metas	Numérico
Projecao-arvore	Capacidade de projeção da árvore de lances candidatos	Numérico
Prever-lance-adversario	Capacidade de prever as melhores jogadas do adversário	Numérico
Redefinir-meta	Capacidade de abandonar hipóteses e definir nova meta	Numérico
Memorizar-sub-arvore	Capacidade de memorizar subárvore de lances	Numérico
Etapas	Capacidade de reconhecer etapas da partida	Numérico
Adm-tempo	Capacidade de administração do tempo	Numérico
Avaliacao-material-absoluta	Capacidade de avaliação material absoluta	Numérico
Avaliacao-material-relativa	Capacidade de avaliação material relativa	Numérico
Adm-material	Capacidade de administração material	Numérico
Adm-posicional	Capacidade de administração posicional	Numérico
Esquemas-tabuleiro-peca	Capacidade de abstração dos esquemas tabuleiro-peças	Numérico
Harmonia	Capacidade de reconhecer harmonia de peças	Numérico
Cooperacao-pecas	Capacidade de administrar cooperação entre as peças	Numérico
Abstracao-tabuleiro	Capacidade de abstração do tabuleiro	Numérico

QUADRO 5.2 - INFORMAÇÕES DO MÓDULO DO APRENDIZ CALCULADAS PELO STI
 FONTE: O autor (2009)

O item de informação “Perícia-global” deve ser calculada baseada no desenvolvimento das capacidades da perícia do aprendiz. Esse valor serve tanto para classificar o aprendiz como iniciante, intermediário iniciante, intermediário ou especialista, quanto para sugerir ao aprendiz desenvolver uma capacidade que deveria estar melhor desenvolvida para o seu nível.

A função diagnóstico é a responsável por atribuir valores iniciais para cada item do Quadro 5.2, utilizando dados informados pelo próprio usuário durante o cadastro no STI. O Quadro 5.3 apresenta uma sugestão preliminar de informações que podem ser requeridas. As primeiras informações dizem respeito ao tempo de treinamento e à frequência de contato com o jogo, já que isso tem relação direta com o nível de desenvolvimento dos enxadristas. Cruzando essas informações com a avaliação do quanto o aprendiz se considera experiente, pode-se realizar o diagnóstico inicial.

- Idade em que aprendeu a jogar xadrez
- Nunca interrompeu ou Período de interrupção
- Frequência de contato com o jogo (partidas, treinamento, estudo, análise de partidas etc.)
Esse campo tem que permitir determinar períodos (data: mês+ano) inicial; data final; frequência semanal em horas.
- Conhecimento com relação ao jogo de xadrez, dando a ele as seguintes alternativas:
 - () Ainda não sei as regras do jogo
 - () Sei as regras do jogo
 - () Tenho pouca experiência e ainda erro tentando realizar movimentos impossíveis
 - () Tenho pouca experiência, mas já faço os movimentos de forma automatizada
 - () Tenho experiência razoável e já fiquei entre os 10 melhores em competições importantes em minha categoria
 - () Tenho muita experiência, já fiquei entre os 10 melhores na classificação geral de competições importantes
 - () Considero-me um especialista, já fiquei entre os 3 melhores na classificação geral de competições importantes, mas não tenho titulação na FIDE – Federação Internacional de Xadrez.
 - () Considero-me um especialista e tenho titulação na FIDE - Federação Internacional de Xadrez.
 - () MF
 - () MI
 - () GMI

QUADRO 5.3 - INFORMAÇÕES SOLICITADAS NO CADASTRO DE APRENDIZ NO STI
FONTE: O autor (2009)

A atualização do perfil do aprendiz deve ser feita a partir das interações. Cada ferramenta, ao ser utilizada, retorna ao módulo do aprendiz informações sobre o desempenho das atividades realizadas. Em algumas situações, a função diagnóstico deve realizar a conversão de valores de representação, quando os intervalos usados pelas ferramentas forem diferentes dos usados pelo STI para representar o desenvolvimento pericial do usuário. Para o cálculo da variação de valores das capacidades da perícia do modelo do aprendiz, sugere-se uma função com comportamento semelhante aos sistemas Elo (1978) e Glicko⁵, que já são utilizados para mensurar a habilidade de jogadores em vários ambiente de jogo de xadrez.

Outra informação essencial armazenada no módulo do aprendiz é o histórico de interação com as ferramentas. Tais informações permitirão verificar a trajetória de evolução do desenvolvimento do aprendiz e, dependendo da ferramenta, restaurar uma interação realizada. O Quadro 5.4 mostra uma sugestão de informações que devem ser armazenadas a cada interação do aprendiz com as ferramentas.

Item de informação	Descrição
ID-interação	Identificação da interação
ID-ferramenta	Identificação da ferramenta utilizada
ID-sessão	Identificação da sessão de acesso ao STI
Data	Data da interação
Conhecimento-teórico-anterior	Conhecimento de princípios do xadrez antes da interação
Conhecimento-teórico-posterior	Conhecimento de princípios do xadrez após a interação
Desenvolvimento-pericial-anterior	Conhecimento pericial global antes da interação
Desenvolvimento-pericial-posterior	Conhecimento pericial global após a interação
Capacidades-especificas (valor-anterior,valor-posterior)	Pares de valores anterior, posterior referente a cada capacidade cujo valor sofreu alteração devido à realização de atividades da ferramenta utilizada

QUADRO 5.4 - INFORMAÇÕES SOBRE AS INTERAÇÕES COM AS FERRAMENTAS

FONTE: O autor (2009)

5 <http://math.bu.edu/people/mg/glicko/glicko.doc/glicko.html>

Além do histórico de interações, armazenado no módulo do aprendiz do STI, cada ferramenta deve conter, caso haja necessidade, um log-de-uso interno para registro de quais atividades e, ou, conteúdos já foram realizados naquela ferramenta especificamente. Isso evita, por exemplo, que uma atividade já realizada com sucesso pelo aprendiz seja oferecida para ele novamente por falta de controle interno da ferramenta. Esse modelo interno pode armazenar sucessos e insucessos na realização das atividades por cada aprendiz e outras informações relevantes de acordo com o subconjunto de problemas do domínio solucionado por aquela ferramenta. Assim, é possível reconstruir um cenário de interação por meio das informações armazenadas no módulo do aprendiz do STI combinadas com as informações de log-de-uso de cada ferramenta.

5.5 Módulo pedagógico na arquitetura funcionalista incremental no PROTEX

O módulo pedagógico da arquitetura funcionalista incremental do STI no PROTEX deve ter o registro das ferramentas incorporada ao sistema. O Quadro 5.5 mostra uma sugestão de informações que devem ser armazenadas. Tais informações serão utilizadas para sugerir uma ferramenta adequada ao aprendiz de acordo com suas características, oferecidas pelo módulo do aprendiz, e com as características das ferramentas, além de possibilitar ao estudante conhecer as ferramentas integradas ao sistema.

Ferramenta	Descrição	Adequada para o nível	Capacidade que desenvolve
SAEX	O SAEX - Sistema de Apoio ao Ensino de Xadrez - é uma ferramenta para apoiar o desenvolvimento da capacidade de classificar imagens, identificando características e anomalias. O sistema disponibiliza para o aprendiz um grande número de exemplos de posições catalogadas em conjuntos de características visuais semelhantes e ordenadas.	Intermediário iniciante, Intermediário e Especialista	Classificação e reconhecimento de padrões de peças.

Ferramenta	Descrição	Adequada para o nível	Capacidade que desenvolve
XadrEx	O XadrEx - Expertise em Xadrez – é uma ferramenta para apoiar o ensino de princípios de xadrez, baseado na exposição de conceitos e resolução de exercícios associados.	Iniciante	Aprendizagem de Princípios.
JAS	O JAS – Jogador de Abordagem Socrática – é uma ferramenta para apoiar ao desenvolvimento de perícia relacionada à conceitos táticos do jogo de xadrez, sem que o aprendiz tenha necessariamente que competir. Isso é realizado por meio de diálogos tutoriais entre o JAS e os aprendizes, para discutir aspectos heurísticos de tabuleiros disponíveis para treinamento na ferramenta.	Intermediário iniciante, Intermediário e Especialista	Avaliação e seleção; Administração material e suas subcapacidades; Administração posicional e suas subcapacidades.
Xadrez Livre	O Xadrez Livre é um ambiente de jogo de xadrez disponível na Internet para a realização de jogos entre humanos e com robôs. Outros recursos do ambiente como salas e <i>chat</i> podem ser utilizados para interação entre os usuários. Todas as funcionalidades são disponibilizadas na janela do navegador, sem necessidade de instalação de softwares adicionais.	Todos	Todas
CACAREJE	O CACAREJE - Colaboração Alternada com Competição na Aprendizagem Referenciada por Jogos Educativos - é um ambiente que permite a alternância entre competição e colaboração no ensino de xadrez, utilizando o registro e a comparação dos resultados obtidos pela heurística de cada participante.	Intermediário e Especialista	Todas
HeuChess+	O HeuChess+ é uma ferramenta que permite a avaliação e a comparação de heurística de autoria dos aprendizes.	Intermediário e Especialista	Todas
BrKchess	O brKchess é uma ferramenta para apoiar o ensino e a aprendizagem de identificação de harmonia de peças no tabuleiro.	Intermediário e Especialista	Harmonia de peças
Monitor interativo	É uma especificação, ainda não implementada, de um Monitor interativo para o ambiente de jogo Xadrez Livre para auxiliar os aprendizes a automatizar os movimentos das peças durante o jogo de xadrez. Assim, dada a ocorrência de um erro que se enquadra na classe de erros típicos de aprendizes iniciantes, como a tentativa de um movimento impossível, o monitor informa tal ocorrência ao aprendiz.	Iniciante	Automatização dos movimentos das peças – está relacionado à aprendizagem dos princípios

QUADRO 5.5 - INFORMAÇÕES SOBRE AS FERRAMENTAS REGISTRADAS NO STI

FONTE: O autor (2009)

A responsabilidade de gerir a atualização dos dados das ferramentas registradas no STI é da função de verificação de escopo do módulo pedagógico. Já as estratégias de ensino desse módulo baseiam-se em dois tipos de aprendizagem: descoberta adaptativa e descoberta guiada (CAMPOS, F. C. A.; ROCHA; CAMPOS, G. H. B., 1998). Na descoberta adaptativa, o módulo pedagógico sugere ao aprendiz a(s) ferramenta(s) mais apropriada(s) para o seu nível de desenvolvimento no momento da interação. Já na descoberta guiada, o próprio aprendiz escolhe qual ferramenta deseja usar. Para isso, ele consulta a descrição das ferramentas incorporadas ao STI ou utiliza o recurso de busca de ferramenta.

Um dos exemplos que justifica oferecer essa liberdade para o aprendiz é quando ele já é um jogador considerado do nível intermediário iniciante ou intermediário, mas deseja consultar os casos nos quais o movimento “*en passant*” pode ser utilizado. Assim, ele precisa ter acesso a uma ferramenta que é sugerida somente para os iniciantes, mas que naquele momento ele deseja consultar.

5.6 Módulo de interface na arquitetura funcionalista incremental no PROTEX

O Módulo de interface vai permitir ao aprendiz interagir com o STI. As principais preocupações aqui são a maneira como a interação vai ocorrer e a forma como as informações internas do sistema serão apresentadas aos aprendizes. Por isso, serão apresentados alguns cenários (ROCHA e BARANAUSKAS, 2003) de utilização do STI e, quando necessário, formas de representação das informações internas ao sistema.

Cenário 1:
Cadastro

<descrição>:
Aprendiz cadastra-se no STI

<lógica essencial>:
O sistema deve disponibilizar ao usuário um formulário de cadastro contendo campos de entrada necessários para o acesso ao sistema (*login* e senha) e para o perfil e diagnóstico inicial do aprendiz.

<passos genéricos>: O aprendiz abre a página de cadastro, preenche as informações requisitadas, e confirma o cadastro.

<passos específicos>: O usuário confirma o recebimento da mensagem de sucesso no cadastro; ou completa ou corrige os dados do formulário, caso os dados estejam incorretos ou incompletos.

QUADRO 5.6 - APRENDIZ CADASTRA-SE NO STI
FONTE: O autor (2009)

Cenário 2:
Uso

<descrição>:
Aprendiz usa o STI para treinamento

<lógica essencial>:
O sistema deve oferecer ao aprendiz duas opções de interação com o STI: interação livre e interação adaptativa.
Na interação livre, a lista de ferramentas deve ser apresentada com as respectivas descrições, para o aprendiz escolher qual deseja utilizar. O sistema ainda oferece ao aprendiz a possibilidade de realizar busca de ferramentas, usando como critério capacidades que a ferramenta desenvolve e níveis de desenvolvimento a que a ferramenta é direcionada.
Na interação adaptativa, o módulo pedagógico do STI solicita à função diagnóstico do módulo do aprendiz informações sobre aquele usuário, atualiza as informações sobre escopo das ferramentas, e sugere a(s) ferramenta(s) mais adequada(s) às características do usuário no instante da interação.
Após o uso de uma ferramenta, esta informa à função diagnóstico o desempenho do usuário, para a atualização do modelo do aprendiz.

<passos genéricos>: O aprendiz acessa o sistema utilizando o *login* e senha cadastrados, seleciona o tipo de interação e utiliza uma das ferramentas.

<passos específicos>: Considerando que o usuário seja um aprendiz diagnosticado como Intermediário e tenha escolhido a interação adaptativa. O sistema sugere a ele utilizar o Xadrez Livre e jogar uma partida no Xadrez Livre com o robô com força média. O aprendiz utiliza a ferramenta e joga algumas partidas com o robô sugerido.

QUADRO 5.7 - APRENDIZ USA O STI
FONTE: O autor (2009)

Cenário 3:
Alteração de perfil

<descrição>:
Aprendiz altera informações no seu perfil.

<lógica essencial>:
O sistema deve oferecer ao aprendiz a opção de alterar o perfil. Devem estar disponíveis apenas as informações do perfil que podem ser alteradas pelo usuário. Além disso, as ferramentas que ainda não foram utilizadas pelo usuário devem estar desabilitadas para não serem avaliadas.

<passos genéricos>: O aprendiz acessa o sistema utilizando o *login* e senha cadastrados, seleciona a opção de alteração de perfil. Ele altera o nível de escolaridade e avalia as ferramentas que já utilizou.

QUADRO 5.8 - APRENDIZ ALTERA INFORMAÇÕES DO SEU PERFIL
FONTE: O autor (2009)

Cenário 4:
Verificação de desenvolvimento

<descrição>:
Aprendiz verifica a representação da avaliação de seu desenvolvimento pelo STI

<lógica essencial>:
O sistema deve permitir ao aprendiz verificar a representação da avaliação do STI sobre seu desenvolvimento (conhecimento de princípios e perícia atual) no jogo de xadrez.

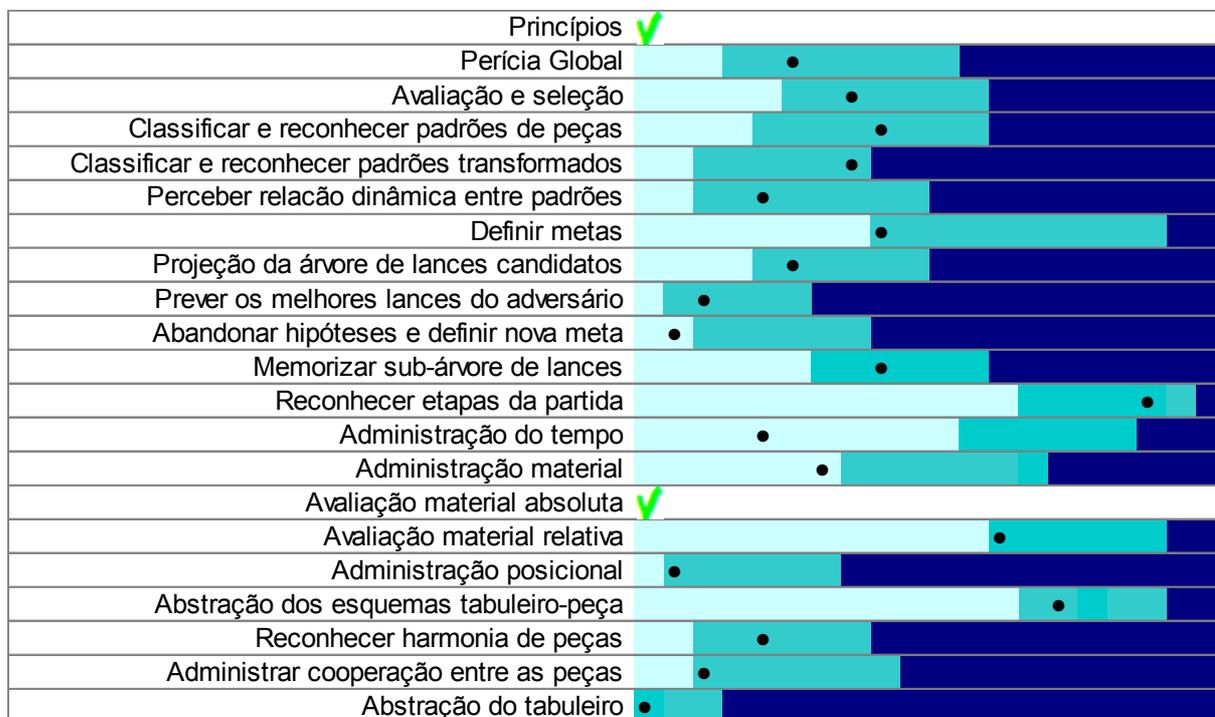
<passos genéricos>: O aprendiz acessa o sistema utilizando o *login* e senha cadastrados, seleciona a opção de verificação do desenvolvimento. O sistema mostra ao aprendiz a representação de seu conhecimento atual no STI.

QUADRO 5.9 - APRENDIZ VERIFICA O SEU PRÓPRIO DESENVOLVIMENTO
FONTE: O autor (2009)

Para a representação gráfica das capacidades do aprendiz, quando ele verifica seu desenvolvimento, sugere-se a utilização de um *skillometer*. *Skillometer* é um gráfico de barras, onde cada barra representa a probabilidade atual do desenvolvimento de uma capacidade naquele momento do aprendiz (BLESSING, 1997). Para apresentar tanto a probabilidade de conhecimento atual do aprendiz e o quanto daquela capacidade é desenvolvida por cada classe, o *skillometer* proposto aqui é o gráfico de barra com porcentagem empilhada, como mostra a Figura 5.5.

Visualizando esse gráfico, o aprendiz pode ter uma melhor compreensão do seu desenvolvimento em relação a quanto das capacidades são desenvolvidas em

cada classe. Para as características consideradas já bem desenvolvidas naquele jogador, sugere-se utilizar uma marcação específica, indicando sua conclusão.



Legenda	
	Intermediário iniciante
	Intermediário
	Especialista
	Completamente desenvolvido
	Probabilidade de desenvolvimento

FIGURA 5.5 - SKILLOMETER – PROBABILIDADE DE DESENVOLVIMENTO DO APRENDIZ
FONTE: O autor (2009)

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

6.1 Contribuições e retrospectiva

Neste trabalho, foram identificadas e apresentadas de maneira sistemática as componentes da perícia no jogo de xadrez e alguns aspectos relevantes sobre o seu desenvolvimento. Também foi proposta uma arquitetura funcionalista incremental de STI para domínios nos quais as capacidades da perícia sejam conhecidas e existam ferramentas para apoio ao desenvolvimento de habilidades específicas. E ainda, os aspectos pré-computacionais para implementação de um STI que ofereça acompanhamento de longo prazo aos aprendizes de xadrez foram delineados. A trajetória que culminou nessas contribuições é descrita a seguir.

Analisando as ferramentas para apoio computacional ao ensino e à aprendizagem de xadrez, percebeu-se que as ferramentas existentes auxiliavam no desenvolvimento de habilidades específicas, mas que nenhuma delas proporcionava acompanhamento ao aprendiz em todos os estágios de desenvolvimento no jogo. Isso ocorria principalmente devido à falta de conhecimento sobre as capacidades da perícia que devem ser desenvolvidas pelos aprendizes, e pela complexidade de construção de cada um dos módulos de um STI.

A partir da hipótese de que as habilidades enxadrísticas podem ser decompostas em componentes isoladas, foi realizado um estudo empírico com o objetivo de identificar e apresentar essas componentes de forma sistemática. O estudo empírico permitiu identificar as capacidades táticas e estratégicas da perícia em xadrez, a maneira como elas ocorrem e são treinadas na tutoria humano-humano. Também foi possível identificar aspectos relevantes sobre o desenvolvimento enfatizado de cada componente identificada.

O desafio, então, passou a ser a construção dos quatro módulos de um STI. Foi proposta, a partir da arquitetura funcional clássica, uma arquitetura funcionalista incremental, para domínios nos quais já existem ferramentas para apoiar o desenvolvimento de habilidades específicas. A arquitetura incremental tem como principais vantagens a divisão da complexidade da construção do módulo do perito, a reutilização de ferramentas já existentes, e a necessidade de um único registro do aprendiz para utilizar cada uma delas.

Como para o ensino de xadrez já existem várias ferramentas para apoio ao treinamento de habilidades específicas e foram identificadas e formalizadas as capacidades da perícia nesse jogo, foi proposta a aplicação da arquitetura funcionalista incremental para a construção de um STI no projeto PROTEX. Além disso, foram discutidos os comportamentos esperados de cada módulo do STI no contexto do projeto e delineados os aspectos pré-computacionais para a detecção das habilidades do aprendiz durante as interações com o sistema.

6.2 Trabalhos futuros

Esta pesquisa identificou e apresentou as componentes da perícia no jogo de xadrez. Foram discutidos aspectos relevantes sobre o desenvolvimento dessas componentes e estimadas algumas informações relativas ao desenvolvimento delas por classes. Entretanto, tais estimativas foram calculadas empiricamente, sem a utilização de um modelo que descreva o desenvolvimento de cada uma delas pelos jogadores. Portanto, pode-se dizer que quase nada se conhece sobre a evolução de cada componente da perícia.

Entretanto, a inferência de conhecimento a respeito do desenvolvimento de tais capacidades não é trivial. Para se definir uma equação matemática que descreva o comportamento evolutivo de cada componente da perícia, seria necessário realizar um estudo dedicado a cada uma delas separadamente para, depois, ir combinando

resultados e estudos até obter um modelo completo representativo da evolução da perícia no domínio.

Exemplos de modelo de cálculo de evolução de habilidades são os sistemas Elo (1978) e Glicko⁶. Entretanto eles são utilizados para mensurar a força dos enxadristas, conhecido como *rating*, a partir da realização de partidas. Já a modelagem das componentes da perícia focadas no apoio à aprendizagem do jogo deve ser feita também a partir de atividades e exercícios para o desenvolvimento enfatizado de capacidades específicas, que nem sempre serão a realização de partidas.

Como trabalhos futuros, sugere-se a identificação das equações matemáticas que descrevem o comportamento evolutivo de cada componente da perícia em xadrez, e a construção de ferramentas computacionais que ajudam a monitorar cada capacidade da perícia de acordo com essas equações. Também serão necessárias ferramentas para potencializar o poder pedagógico do ambiente por meio de ajustes de defasagem das capacidades da perícia que precisam de reforço no treinamento do enxadrista.

6 <http://math.bu.edu/people/mg/glicko/glicko.doc/glicko.html>

REFERÊNCIAS

AGUIAR, F. M.; DIRENE, A. I.; BONA, L. C. E.; SILVA, F.; CASTILHO, M. A.; GUEDES, A. L. P.; SUNYE, M. S.; GARCIA, L. S. Ferramentas e métodos para apoiar o ensino de xadrez na fronteira entre os fundamentos e a perícia. **Anais do XXVII Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. Porto Alegre: SBC, v. 1, 2007. p. 380-387

BLESSING, B. S. A programming by demonstration authoring tool for model-tracing tutors. **International journal of artificial intelligence in education**, v. 8, 1997. p. 233-261.

BUENO, L. C. F.; DIRENE, A. I.; GUEDES, A. L. P.; SILVA, F.; BONA, L. C. E.; GARCIA, L. S.; CASTILHO, M. A.; SUNYE, M. S. Visualização de táticas para apoiar a aquisição de habilidades em jogos educacionais. **Anais do XXVIII Congresso da Sociedade Brasileira da Computação – XIV Workshop sobre Informática na Escola**, v. 1, 2008. p. 380-389.

CAMPOS, F. C. A.; ROCHA, A. R. C.; CAMPOS, G. H. B. Design instrucional e construtivismo: em busca de modelos para o desenvolvimento de software. **IV Congresso IberoAmericano de Informática Educativa**, v. 4, Brasília, 1998.

CLEVELAND, A. The psychology of chess and of learning to play it. **The American Journal of Psychology**, v. 3, 1907. p. 269-308.

CURY, D.; OMAR, N.; DIRENE, A. I. Modelos baseados em estereótipos e oráculos para a aprendizagem de conceitos visuais. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, n. 2, 1998. p. 55-66.

DE GROOT, A. Chess talent. In: _____. **Thought and choice in chess**. 2. ed. New York: Mouton Publishers, 1978 (1946). p. 317-370.

DIRENE, A. I.; BONA, L. C. E.; SILVA, F.; SANTOS, G.; GUEDES, A. L. P.; CASTILHO, M. A.; SUNYE, M. S.; HARTMANN, C. M.; ANDRADE NETO, P. R.; MELLO, S.; SUNYE NETO, J.; SILVA, W. Conceitos e ferramentas de apoio ao ensino de xadrez nas escolas brasileiras. **WIE - Workshop sobre Informática na Escola (Salvador, Brasil, Julho 2004)**, R. Macêdo, Ed., SBC, 2004p. 816-825 .

DIRENE, A. I. Designing intelligent systems for teaching visual concepts. **International journal of artificial intelligence in education**, v. 8, p. 44-70, 1997.

DIRENE, A.; SCOTT, D. Identifying the component features of expertise in domains of complex visual recognition. **Information Technology Research Institute Technical Report Series**. University of Brighton, Inglaterra, 2001.

ELO, A. **The ratings of chess players**: past and present. London: Batsford, 1978.

FEITOSA, A.; DIRENE, A. I.; SILVA, F.; BONA, L. C. E.; GUEDES, A. L. P.; CASTILHO, M. A.; SUNYE, M. S.; GARCIA, L. S. Definição formal de táticas de xadrez por meio da autoria incremental de conceitos heurísticos. **Anais do SBIE-2007 - XVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, v. 1, 2007. p. 244-253.

GADWAL, D.; GREER, J. E.; MCCALLA, G. I. Tutoring bishop-pawn endgames: an experiment in using knowledge-based chess as a domain for intelligent tutoring. **Applied intelligence**, v. 3, 1993. p. 207-224.

GIRAFFA, Lúcia M. M. **Uma arquitetura de tutor utilizando estados mentais**. Tese (Doutorado em Ciências da Computação) – Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

HARTMANN, C. M.; DIRENE, A. I.; BONA, L. C. E.; SILVA, F.; SANTOS, G.; CASTILHO, M. A.; SUNYE, M. S.; GUEDES, A. L. P. Linguagem e ferramenta de autoria para promover o desenvolvimento de perícias em xadrez. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, v. 1, 2005. p. 656-665.

HOBMEIR NETO, A.; DIRENE, A. I.; SILVA, F.; BONA, L. C. E.; GARCIA, L. S.; CASTILHO, M. A.; SUNYE, M. S. Uma abordagem dialógica alternativa para aquisição de habilidades táticas em jogos educacionais. **Anais do SBIE-2008 – XIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, v. 1, 2008. p. 1-10.

LESGOLD, A.; RUBINSON, H.; FELTOVICH, P.; GLASER, R.; KLOPFER, D.; WANG, Y. Expertise in a Complex Skill: Diagnosing X-Ray Pictures. Em M. Chi, R. Glaser, and M. Farr, editores, **The Nature of Expertise**. Lawrence Erlbaum, Hillsdale, 1989.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

MARTINESCHEN, D.; DIRENE, A. I.; BONA, L. C. E.; SILVA, F.; CASTILHO, M. A.; GUEDES, A. L. P.; SUNYE, M. S. Alternância entre competição e colaboração para promover o aprendizado por meio de heurísticas de jogos. **Anais do XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, v. 1, 2006. p. 1-10.

MILLER, G. The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. **The Psychological Review**, v. 63, 1956. p. 81-97.

NWANA, H. S. Intelligent Tutoring Systems: an overview. **Artificial Intelligence Review**, v. 4, 1990. p. 251-277.

PICUSSA, J.; GARCIA, L. S.; BUENO, J.; FERREIRA, M. V. R.; DIRENE, A. I.; BONA, L. C. E.; SILVA, F.; CASTILHO, M. A.; SUNYE, M. S. A User-Interface Environment Solution for an Online Educational Chess Server. **Proceedings of the IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science**, v. 1, 2008. p. 193-200.

PICUSSA, J.; FERREIRA, M. V. R.; GARCIA, L. S.; DIRENE, A. I.; BUENO, J.; HALBERG, G. B. A User-Interface Environment for an Online Educational Chess Server. **Proceedings of the IADIS International Conference WWW/Internet 2007**. Vila Real, 2007. p. 252-257.

ROCHA, H. V.; BARANAUSKAS, M. C. C. **Design e avaliação de interfaces humano-computador**. Campinas: NIED/UNICAMP, 2003.

SCHÄFER, H. **Conceitos e ferramentas para apoiar o ensino de xadrez através de computadores**. Dissertação (Mestrado em Informática) - Departamento de Informática, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

SIMON, H. A.; CHASE, W. G. Skill in chess. **American Scientist**, v. 61, 1973. p. 394-403.

SELF, J.A. Bypassing the Intractable Problem of Student Modeling. **Conference on Intelligent Tutoring Systems**, Quebec, Montreal, 1988. p. 107-123.

SILVA, W. **Processos cognitivos no jogo de xadrez**. Dissertação (Mestrado em Informática) - Departamento de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

WENGER, E. **Artificial intelligence and tutoring systems**. California: Morgan Kaufmann Publishers, 1987.

APÊNDICES

Apêndice A – Entrevistas.....	100
Apêndice B – Questionários.....	103
Apêndice C – Resultados dos questionários.....	107

Apêndice A – Entrevistas

Entrevista para os aprendizes

- 1 Quais habilidades você considera que você já têm no jogo de xadrez?
- 2 Quais habilidades que você acha que você ainda não tem e considera importante desenvolver?
- 3 Quando você joga xadrez com adversários que você considera mais fracos do que você, você percebe alguma(s) habilidade(s) que você tem e seus adversários não têm?
 - 3.1 Se sim, quais?
- 4 Quando você joga xadrez com adversários que você considera mais fortes do que você, você percebe alguma(s) habilidade(s) que esses adversários têm e que você ainda não tem?
 - 4.1 Se sim, quais?
- 5 E quando joga com adversários que você considera ter o mesmo nível que você, você percebe diferenças de habilidade entre eles e você?
 - 5.1 Se sim, quais?
- 6 Quando e onde você aprendeu/começou a jogar xadrez?
 - 6.1 Idade: Idade atual:
 - 6.2 (Se já estudava) Série: Série atual:
 - 6.3 Local:
- 7 Como foi o seu desenvolvimento em xadrez?
 - 7.1 Onde treina: () curso de xadrez () escola () em casa () internet
() clube de xadrez () Outros:
 - 7.2 Frequência de contato com o jogo (em horas semanais):
 - 7.3 Teve interrupção ou nunca parou desde que começou:
 - 7.4 Já participou de competições?
 - 7.4.1 Se sim, quais as mais importantes?
 - 7.4.2 E qual(is) o(s) melhor(es) desempenho(s)?
- 8 Sobre o que foi a aula de hoje?
- 9 Em sua opinião, quais habilidades são necessárias para o êxito em xadrez (para ser um ótimo jogador)?

Entrevista para o instrutor da escola

Entrevista a ser realizada com o Instrutor após uma tutoria 1 para 1.

- 1 Quais habilidades você considera que esse aprendiz já têm no jogo de xadrez?
- 2 Quais habilidades você considera que ele ainda não tem e considera importante desenvolver?
- 3 Qual o nível de desenvolvimento (ou desempenho) você considera que este aluno está?
- 4 Quando ele joga xadrez com adversários mais fracos que ele, você percebe alguma(s) habilidade(s) que ele tem e os adversários não têm?
 - 4.1 Se sim, quais?
- 5 Quando ele joga xadrez com adversários mais fortes que ele, você percebe alguma(s) habilidade(s) que os adversários têm e que ele ainda não tem?
 - 5.1 Se sim, quais?
- 6 E quando ele joga com adversários que você considera ter o mesmo nível que ele, você percebe diferenças de habilidade entre eles?
 - 6.1 Se sim, quais?
- 7 Sobre o que foi a aula de hoje?
- 8 Em sua opinião, quais habilidades são necessárias para o êxito em xadrez (para ser um ótimo jogador)?
- 9 Quando um aluno sabe as regras do xadrez e já faz os movimentos das peças de forma automatizado, e vem para treinar xadrez com você, o que você ensina/orienta-o a treinar primeiro? E depois? E depois?
- 10 [Explicar melhor sobre o que é a minha pesquisa]. Quais são as habilidades que o jogador de xadrez vai adquirindo durante os anos de treinamento em xadrez?

Observação: As questões 8, 9 e 10 foram feitas somente na primeira e última entrevista com o instrutor, já que ele respondeu esta entrevista a cada tutoria 1 para 1 que foi observada.

Entrevista para os especialistas

- 1 Quais habilidades você considera que você já têm no jogo de xadrez?
- 2 E quais habilidades você considera que você ainda não tem e que considera importante desenvolver?
- 3 Quando você joga xadrez com adversários que você considera mais fracos do que você, você percebe alguma(s) habilidade(s) que você tem e seus adversários não têm?
 - 3.1 Se sim, quais?
- 4 E quando joga com adversários que você considera ter o mesmo nível que você, você percebe diferenças de habilidade entre eles e você?
 - 4.1 Se sim, quais?
- 5 Quando você joga xadrez com adversários que você considera mais fortes do que você, você percebe alguma(s) habilidade(s) que esses adversários têm e que você ainda não tem?
 - 5.1 Se sim, quais?
- 6 Quando e onde você aprendeu/começou a jogar xadrez?
 - 6.1 Idade: Idade atual:
 - 6.2 (Se já estudava) Série: Grau de escolaridade:
 - 6.3 Local:
- 7 Como foi o seu desenvolvimento em xadrez?
 - 7.1 Onde treina: curso de xadrez escola em casa internet
 clube de xadrez Outros:
 - 7.2 Frequência de contato com o jogo (em horas semanais):
 - 7.3 Teve interrupção ou nunca parou desde que começou?
 - 7.4 Já participou de competições?
 - 7.4.1 Se sim, quais as mais importantes?
 - 7.4.2 E qual(is) o(s) melhor(es) desempenho(s)?
- 8 Em sua opinião, quais habilidades são necessárias para o êxito em xadrez (para ser um ótimo jogador)?
- 9 Em sua opinião, o que os iniciantes em xadrez são capazes de fazer? Quais habilidades eles têm?
- 10 E os enxadristas que estão em um nível intermediário, o que são capazes de fazer? Quais habilidades eles têm?
- 11 E os especialistas em xadrez, o que são capazes de fazer? Quais habilidades têm?
- 12 [Explicar sobre o que é a minha pesquisa]. Quais são as habilidades que o jogador de xadrez vai adquirindo durante os anos de treinamento em xadrez?

Apêndice B – Questionários

Questionário para aprendizes

Idade: _____ Série: _____

Nível dentro do Intermediário : () iniciante () mediano () avançado

Tabela de referência:

0	Não conheço ou não entendo o que significa
1	Nunca consigo fazer
2	Raramente consigo fazer
3	Às vezes consigo fazer
4	A maioria das vezes consigo fazer
5	Sempre consigo fazer

Nas questões de 1 a 22, use a tabela acima para quantificar sua capacidade de:

1. () Identificar quando você está com vantagem material
2. () Identificar quando o adversário está com vantagem material
3. () Identificar quando você está com vantagem posicional
4. () Identificar quando o adversário está com vantagem posicional
5. () Administrar seu tempo em relação ao do adversário
6. () Identificar em qual etapa a partida está (abertura, meio de jogo e final)
7. () Manter o rei protegido
8. () Identificar harmonia de peças
9. () Manter o centro dominado no meio de jogo
10. () Definir metas para alcançar em poucos lances
11. () Identificar metas do adversário
12. () Fazer anotações dos lances usando notação formal (ex.: notação algébrica) quando joga uma partida usando o tabuleiro e as peças
13. () Fazer anotações dos lances usando notação formal (ex.: notação algébrica) para resolver exercícios sem ver o tabuleiro e as peças
14. () Fazer anotações dos lances usando notação formal (ex.: notação algébrica) quando joga uma partida sem ver o tabuleiro e as peças
15. () Jogar partida às cegas (jogar apenas falando os lances, mas sem ver o tabuleiro e as peças)
16. () Jogar partidas simultâneas (jogar várias partidas ao mesmo tempo com adversários distintos, vendo os tabuleiros)
17. () Jogar partidas simultâneas às cegas (jogar várias partidas ao mesmo tempo com adversários distintos, recebendo apenas a notação do último lance do adversário da vez, sem ver os tabuleiros e peças)
18. () Identificar qual o estilo de jogo (ofensivo, defensivo) do adversário
19. () Explicar de forma clara os lances realizados
20. () Conversar sobre o jogo de xadrez usando termos específicos de enxadristas
21. () Entender completamente o que está sendo falado quando ouve conversas de enxadristas que você considera mais fortes do que você
22. () Perceber rapidamente lance que parece ruim, mas que revela-se excelente

Tabela de referência:

0	Não conheço ou não entendo o que significa
1	Péssimo
2	Ruim
3	Razoável
4	Bom
5	Ótimo

Nas questões de 23 a 32, use a tabela acima para avaliar sua capacidade de:

23. () Jogar sua abertura preferida usando peças brancas
 24. () Jogar sua abertura preferida usando as peças pretas
 25. () Jogar quando os adversários fazem aberturas que você não conhece
 26. () Jogar final usando peças brancas
 27. () Jogar final usando peças pretas
 28. () Estudar de forma autônoma (sem a presença do professor)
 29. () Diversificar a forma de jogar as partidas (criatividade)
 30. () Persistir na tentativa de ganhar a partida mesmo quando pareça que suas condições estão piores do que as do adversário (persistência)
 31. () Perceber seu potencial em relação ao do adversário (sua competitividade)
 32. () Decidir rapidamente qual será a próxima jogada

33. Marque com "X" apenas as alternativas cujo significado você conheça:

- | | | |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| () troca de peças | () abrir peça | () <i>post mortem</i> |
| () cravar peça | () raio-x | () ala do rei ou da dama |
| () peça caindo | () xeque-mate inevitável | () peça por |
| () proteger peça | () xeque perpétuo | () tática |
| () prender peça | () peão passado | () estratégia |

Caso você lembre de outros termos relacionados ao jogo de xadrez, cite-os:

34. Quantas aberturas você sabe fazer usando peças brancas: _____
 35. Quantas aberturas (defesa) você sabe fazer usando peças pretas: _____
 36. Dada uma posição, quantos lances você consegue calcular mentalmente: _____

37. Considere as situações de finais de jogo com as peças apresentadas abaixo. Marque um "X" para indicar o resultado (o vencedor ou empate) das partidas:

- () Brancas [peão; rei] () Pretas [rei] () Empate

Observação: _____

- () Brancas [bispo; rei] () Pretas [rei] () Empate

Observação: _____

- () Brancas [torre; rei] () Pretas [rei] () Empate

Observação: _____

- () Brancas [dama; rei] () Pretas [rei] () Empate

Observação: _____

- () Brancas [cavalo; rei] () Pretas [rei] () Empate

Observação: _____

Questionário para instrutores

Níveis: i1 – Intermediário iniciante
i2 – Intermediário mediano

i3 – Intermediário avançado
e – Especialista

Tabela de referência:

0	Não conhece ou não entende o que significa
1	Nunca consegue fazer
2	Raramente consegue fazer
3	Às vezes consegue fazer
4	A maioria das vezes consegue fazer
5	Sempre consegue fazer

Nas questões de 1 a 22, para cada nível apresentado, use a tabela acima para quantificar a capacidade dos enxadristas em:

1. i1() i2() i3() e() Identificar quando ele está com vantagem material
2. i1() i2() i3() e() Identificar quando o adversário está com vantagem material
3. i1() i2() i3() e() Identificar quando ele está com vantagem posicional
4. i1() i2() i3() e() Identificar quando o adversário está com vantagem posicional
5. i1() i2() i3() e() Administrar o tempo dele em relação ao do adversário
6. i1() i2() i3() e() Identificar as etapas da partida (abertura, meio e final)
7. i1() i2() i3() e() Manter o rei protegido
8. i1() i2() i3() e() Identificar harmonia de peças
9. i1() i2() i3() e() Manter o centro dominado no meio de jogo
10. i1() i2() i3() e() Definir metas a serem alcançadas em poucos lances
11. i1() i2() i3() e() Identificar metas do adversário
12. i1() i2() i3() e() Anotar lances usando notação formal (ex.: algébrica) quando joga uma partida usando o tabuleiro e as peças
13. i1() i2() i3() e() Anotar lances usando notação formal (ex.: notação algébrica) quando resolve exercícios sem ver o tabuleiro e as peças
14. i1() i2() i3() e() Anotar lances usando notação formal (ex.: notação algébrica) quando joga uma partida às cegas
15. i1() i2() i3() e() Jogar partida às cegas
16. i1() i2() i3() e() Jogar partidas simultâneas
17. i1() i2() i3() e() Jogar partidas simultâneas às cegas
18. i1() i2() i3() e() Identificar qual o estilo de jogo do adversário
19. i1() i2() i3() e() Explicar de forma clara os lances realizados
20. i1() i2() i3() e() Conversar sobre o jogo de xadrez usando jargões enxadrísticos
21. i1() i2() i3() e() Entender completamente o que está sendo falado quando ouve conversas de enxadristas mais fortes
22. i1() i2() i3() e() Perceber rapidamente lance que parece muito ruim, mas que depois revela-se excelente

Níveis: i1 – Intermediário iniciante
i2 – Intermediário mediano

i3 – Intermediário avançado
e – Especialista

Tabela de referência:

0	Não conhece ou não entende o que significa
1	Péssimo
2	Ruim
3	Razoável
4	Bom
5	Ótimo

Nas questões de 23 a 32, para cada nível apresentado, use a tabela acima para avaliar os enxadristas de cada nível quanto à capacidade de:

23. i1() i2() i3() e() Jogar abertura preferida usando peças brancas
 24. i1() i2() i3() e() Jogar abertura preferida usando as peças pretas
 25. i1() i2() i3() e() Jogar quando os adversários fazem aberturas que ele não conhece
 26. i1() i2() i3() e() Jogar final usando peças brancas
 27. i1() i2() i3() e() Jogar final usando peças pretas
 28. i1() i2() i3() e() Estudar de forma autônoma (sem a presença do professor)
 29. i1() i2() i3() e() Diversificar a forma de jogar as partidas (criatividade)
 30. i1() i2() i3() e() Persistir na tentativa de ganhar a partida mesmo quando pareça que as condições dele estão piores do que as do adversário (persistência)
 31. i1() i2() i3() e() Perceber o potencial dele em relação ao do adversário (sua competitividade)
 32. i1() i2() i3() e() Decidir rapidamente qual será a próxima jogada (velocidade de decisão de próxima jogada)

33. Marque com "X" as alternativas cujo significado seja conhecido em cada nível:

- i1() i2() i3() e() troca de peças i1() i2() i3() e() xeque perpétuo
 i1() i2() i3() e() cravar peça i1() i2() i3() e() peão passado
 i1() i2() i3() e() peça caindo i1() i2() i3() e() *post mortem*
 i1() i2() i3() e() proteger peça i1() i2() i3() e() ala do rei
 i1() i2() i3() e() prender peça i1() i2() i3() e() peça por
 i1() i2() i3() e() abrir peça i1() i2() i3() e() tática
 i1() i2() i3() e() raio-x i1() i2() i3() e() estratégia
 i1() i2() i3() e() mate inevitável

34. Quantas aberturas ele sabe fazer usando peças brancas:

i1:___ i2:___ i3:___ e:___

35. Quantas aberturas (contra-ataque ou defesa) ele sabe fazer com pretas:

i1:___ i2:___ i3:___ e:___

36. Dada uma posição, quantos lances à frente ele consegue calcular mentalmente:

i1:___ i2:___ i3:___ e:___

Apêndice C – Resultados dos Questionários

Resposta dos questionários preenchidos pelos aprendizes

Questões	Aprendizes					
	I1		I2		I3	
1	5	4	4	5	5	5
2	5	4	4	5	5	5
3	3	4	5	3	4	5
4	3	4	3	3	4	5
5	2	3	5	3	4	4
6	4	5	5	4	5	5
7	3	5	3	4	4	4
8	4	3	4	4	3	4
9	1	4	4	3	3	5
10	4	4	3	2	3	4
11	3	3	4	3	3	3
12	3	2	5	4	4	5
13	2	2	1	3	3	5
14	1	1	1	0	3	5
15	0	1	1	4	3	5
16	1	4	5	4	4	5
17	1	1	1	0	2	0
18	4	4	5	3	4	5
19	3	3	4	3	3	5
20	1	3	3	2	3	5
21	2	4	5	3	3	5
22	2	4	5	2	3	4
23	4	4	4	4	4	4
24	3	5	5	3	4	4
25	2	3	3	2	3	4
26	5	3	5	2	3	5
27	5	3	4	2	3	5
28	1	4	3	2	3	5
29	3	3	3	3	3	5
30	3	5	4	4	4	5
31	4	5	5	3	4	5
32	5	4	5	2	4	5
33	5	12	10	15	15	14
34	2	2	3	2	2	23
35	2	3	4	2	3	16
36	1	3	5	2	7	6

Resposta dos questionários preenchidos pelos instrutores

Questões	I1					I2					I3					E				
1	5	3	3	3	2	5	5	4	3	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
2	5	3	3	3	2	5	5	4	3	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
3	2	1	1	3	1	3	3	2	3	2	4	5	3	4	4	5	5	5	5	5
4	2	1	1	3	1	3	3	2	3	2	4	5	3	4	4	5	5	5	5	5
5	4	4	2	3	3	4	5	3	3	4	5	5	4	4	3	4	5	5	5	3
6	2	4	2	3	4	3	5	4	3	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5
7	2	1	3	3	2	4	4	3	3	3	5	4	4	4	4	4	5	5	5	4
8	2	1	1	3	2	3	3	2	3	3	4	4	3	4	4	5	5	5	5	5
9	1	2	2	3	3	2	4	3	3	3	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5
10	2	2	2	3	2	3	5	3	3	3	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5
11	1	2	2	3	1	1	4	3	3	2	4	5	4	4	3	5	5	5	5	5
12	4	2	4	2	2	5	5	5	3	3	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
13	1	1	2	2	0	2	2	3	3	1	4	4	5	4	3	5	5	5	5	5
14	1	1	1	2	0	1	2	2	3	1	3	4	4	4	3	5	5	5	5	5
15	1	1	1	1	0	1	2	2	3	0	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
16	1	1	1	1	1	2	4	2	3	1	4	5	4	4	4	4	3	5	5	5
17	1	1	1	1	0	1	1	1	3	0	1	1	2	4	2	4	3	4	5	3
18	2	3	3	2	0	3	5	4	3	3	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5
19	2	2	3	2	1	4	4	4	3	2	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5
20	3	3	3	2	1	5	5	4	3	2	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5
21	1	1	3	2	1	2	4	4	3	2	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5
22	1	2	1	1	0	2	3	2	3	1	3	4	3	4	4	4	5	4	5	5
23	2	2	2	2	2	4	3	3	3	3	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5
24	2	2	2	2	1	3	3	3	3	2	5	4	4	4	3	5	5	5	5	4
25	4	1	2	2	2	4	2	5	3	2	4	3	4	4	3	5	5	5	5	4
26	3	2	1	2	1	4	2	2	3	2	5	3	4	4	3	5	5	5	5	4
27	3	2	1	2	4	4	2	2	3	2	5	3	4	4	3	5	5	5	5	4
28	1	1	2	2	1	3	3	2	3	1	5	4	4	4	3	5	5	5	5	5
29	5	2	2	2	1	4	3	3	3	1	2	4	4	4	3	4	5	5	5	4
30	5	3	2	2	4	4	4	3	3	4	4	5	4	4	3	4	5	5	5	3
31	2	3	2	4	2	4	4	3	4	3	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5
32	2	2	2	2	2	4	4	3	2	3	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5
33	4	6	2	15	1	6	14	5	15	6	15	15	15	15	12	15	15	15	15	15
34	1	1	2	2	1	3	2	5	2	4	5	4	10	3	5	11	6	25	6	8
35	1	1	2	2	1	3	2	5	2	3	4	4	1	3	4	11	6	25	6	7
36	2	1	2	1	2	3	2	3	2	5	5	3	5	3	7	10	5	10	9	15

Tabulação dos dados dos questionários preenchidos pelos instrutores

Questões	I1			I2			I3			E		
	Min	Mo	Max									
1	2	3	5	3	4	5	4	5	5	5	5	5
2	2	3	5	3	4	5	4	5	5	5	5	5
3	1	1	3	2	3	3	3	4	5	5	5	5
4	1	1	3	2	3	3	3	4	5	5	5	5
5	2	3	4	3	3	5	3	4	5	3	5	5
6	2	2	4	3	3	5	4	5	5	5	5	5
7	1	2	3	3	3	4	4	4	5	4	5	5
8	1	1	3	2	3	3	3	4	4	5	5	5
9	1	2	3	2	3	4	4	4	5	5	5	5
10	2	2	3	3	3	5	4	4	5	5	5	5
11	1	1	3	1	3	4	3	4	5	5	5	5
12	2	2	4	3	5	5	4	5	5	5	5	5
13	0	1	2	1	2	3	3	4	5	5	5	5
14	0	1	2	1	1	3	3	4	4	5	5	5
15	0	1	1	0	2	3	4	4	4	5	5	5
16	1	1	1	1	2	4	4	4	5	3	5	5
17	0	1	1	0	1	3	1	1	4	3	3	5
18	0	2	3	3	3	5	3	5	5	5	5	5
19	1	2	3	2	4	4	4	5	5	5	5	5
20	1	3	3	2	5	5	4	5	5	5	5	5
21	1	1	3	2	2	4	4	4	5	5	5	5
22	0	1	2	1	2	3	3	4	4	4	5	5
23	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5	5
24	1	2	2	2	3	3	3	4	5	4	5	5
25	1	2	4	2	2	5	3	4	4	4	5	5
26	1	1	3	2	2	4	3	3	5	4	5	5
27	1	2	4	2	2	4	3	3	5	4	5	5
28	1	1	2	1	3	3	3	4	5	5	5	5
29	1	2	5	1	3	4	2	4	4	4	5	5
30	2	2	5	3	4	4	3	4	5	3	5	5
31	2	2	4	3	4	4	4	4	5	5	5	5
32	2	2	2	2	3	4	4	4	5	5	5	5
33	1	-	15	5	6	15	12	15	15	15	15	15
34	1	1	2	2	2	5	3	5	10	6	6	25
35	1	1	2	2	2	5	1	4	4	6	6	25
36	1	2	2	2	2	5	3	3	7	5	10	15

Min → Mínimo: menor valor ocorrido

Mo → Moda: valor ocorrido com maior frequência

Quando tem mais de uma moda, foi mantida a de menor valor.

Exemplo: questão 1, sobre I2, foi mantida a moda 4, e não 5.

O caractere “-” foi utilizado na questão 33 porque, como todos os valores são diferentes, não foi possível calcular a moda.

Max → Máximo: maior valor ocorrido

Comparação entre a média dos questionários dos aprendizes e dos instrutores

Questões	I1		I2		I3	
	Aprendizes	Instrutores	Aprendizes	Instrutores	Aprendizes	Instrutores
1	4.5	3.2	4.5	4.2	5.0	4.8
2	4.5	3.2	4.5	4.2	5.0	4.8
3	3.5	1.6	4.0	2.6	4.5	4.0
4	3.5	1.6	3.0	2.6	4.5	4.0
5	2.5	3.2	4.0	3.8	4.0	4.2
6	4.5	3.0	4.5	3.8	5.0	4.6
7	4.0	2.2	3.5	3.4	4.0	4.2
8	3.5	1.8	4.0	2.8	3.5	3.8
9	2.5	2.2	3.5	3.0	4.0	4.2
10	4.0	2.2	2.5	3.4	3.5	4.2
11	3.0	1.8	3.5	2.6	3.0	4.0
12	2.5	2.8	4.5	4.2	4.5	4.8
13	2.0	1.2	2.0	2.2	4.0	4.0
14	1.0	1.0	0.5	1.8	4.0	3.6
15	0.5	0.8	2.5	1.6	4.0	4.0
16	2.5	1.0	4.5	2.4	4.5	4.2
17	1.0	0.8	0.5	1.2	1.0	2.0
18	4.0	2.0	4.0	3.6	4.5	4.4
19	3.0	2.0	3.5	3.4	4.0	4.6
20	2.0	2.4	2.5	3.8	4.0	4.8
21	3.0	1.6	4.0	3.0	4.0	4.4
22	3.0	1.0	3.5	2.2	3.5	3.6
23	4.0	2.0	4.0	3.2	4.0	4.2
24	4.0	1.8	4.0	2.8	4.0	4.0
25	2.5	2.2	2.5	3.2	3.5	3.6
26	4.0	1.8	3.5	2.6	4.0	3.8
27	4.0	2.4	3.0	2.6	4.0	3.8
28	2.5	1.4	2.5	2.4	4.0	4.0
29	3.0	2.4	3.0	2.8	4.0	3.4
30	4.0	3.2	4.0	3.6	4.5	4.0
31	4.5	2.6	4.0	3.6	4.5	4.4
32	4.5	2.0	3.5	3.2	4.5	4.4
33	8.5	5.6	12.5	9.2	14.5	14.4
34	2.0	1.4	2.5	3.2	12.5	5.4
35	2.5	1.4	3.0	3.0	9.5	3.2
36	2.0	1.6	3.5	3.0	6.5	4.6

ANEXO

PRINCÍPIOS DO JOGO DE XADREZ⁷

1. O TABULEIO

Cada jogador inicia a partida com 16 peças. As brancas estão situadas nas duas primeiras filas (1 e 2) e as pretas nas duas últimas filas (7 e 8), conforme pode ser visto na Figura 22.

O tabuleiro é formado por colunas, filas e diagonais, como pode ser visto na Figura 21. Colunas são sequências de casas verticais. Filas são sequências de casas horizontais. Diagonais são sequências de casas inclinadas, em linha reta e de uma mesma cor. Todas as casas do tabuleiro possuem nome, que é dado pelo encontro de uma fila com uma coluna. As colunas recebem letras de a até h e as filas são numeradas de 1 a 8. O encontro da coluna a com a fila 1 vai dar origem a casa *a1*.

Figura 21

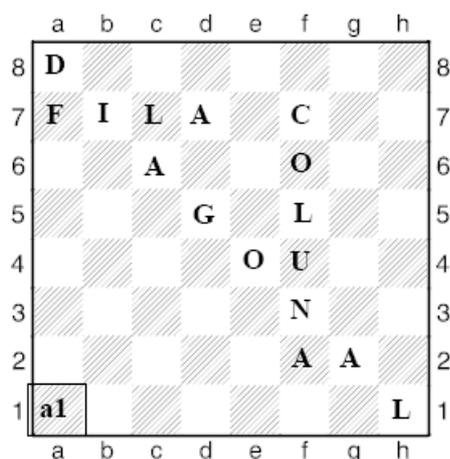
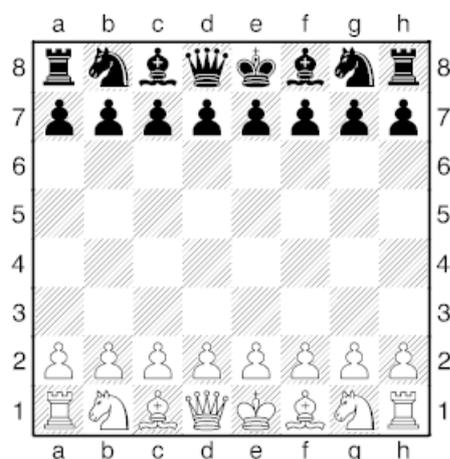


Figura 22



⁷ Adaptado por Silva (2004) de TIRADO, Augusto; SILVA, Wilson da. *Meu primeiro livro de xadrez: curso para escolares*. 5. ed. Curitiba: Expoente, 2003.

2 AS PEÇAS, XEQUE, XEQUE-MATE E AFOGAMENTO

Cada jogador inicia a partida com 16 peças. As brancas estão situadas nas duas primeiras filas (1 e 2) e as pretas nas duas últimas filas (7 e 8), conforme pode ser visto na Figura 22.

Tabela 2: As peças do jogo

Peças	Quantidade	Abreviação	Branças	Pretas
rei	1	R		
dama	1	D		
torre	2	T	 	 
bispo	2	B	 	 
cavalo	2	C	 	 
peão	8	Não há	       	       

2.1 O REI

É a peça principal do jogo e se move para todos os lados de uma em uma casa. Na Figura 23, o rei branco está na casa *d5* e pode ser movimentado para *c6*, *d6*, *e6*, *e5*, *e4*, *d4*, *c4*, ou *c5* (oito casas distintas). O rei não pode ficar ao lado do rei adversário, é uma jogada ilegal. Observando a Figura 23, caso o rei preto estivesse na casa *d7*, as brancas jamais poderiam jogar o rei para as casas *c6*, *d6* ou *e6* por estarem atacadas pelo rei preto.

Figura 23

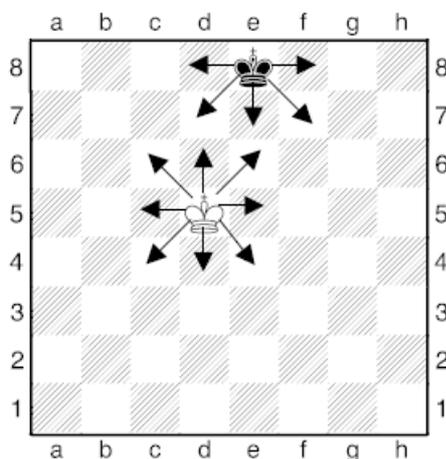
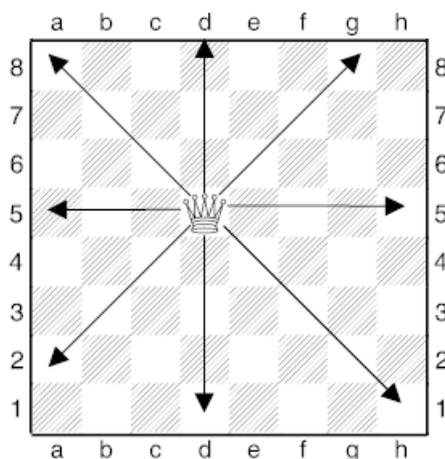


Figura 24



2.2 A DAMA

Movimenta-se em todas as direções (coluna, fila ou diagonal) sendo uma peça muito poderosa pelo seu raio de ação. Na Figura 24, a dama ataca 27 casas simultaneamente. O seu raio de ação diminui à medida que existam peças nas casas em que ela ataque. Na posição inicial, por exemplo, a dama possui o seu caminho bloqueado por suas próprias peças.

2.3 XEQUE

Quando o rei está ameaçado por qualquer peça adversária, diz-se que ele está em xeque. Na Figura 25, a dama branca estava em e2 e foi jogada pela casa c4, deixando o rei adversário em xeque. Nesta situação, deve-se dizer ao adversário a palavra xeque. Para o jogador escapar do xeque basta movimentar o rei para uma casa que não esteja sendo atacada pela dama branca (b8, b7, d8 ou d7).

Figura 25

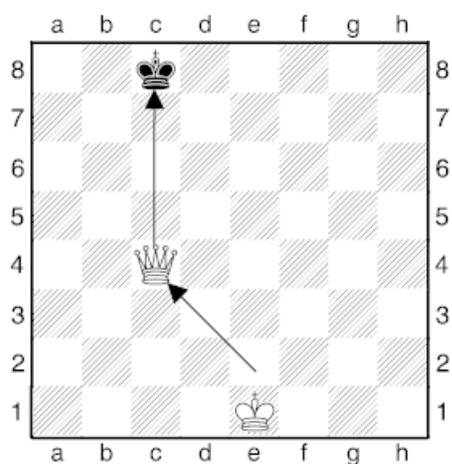
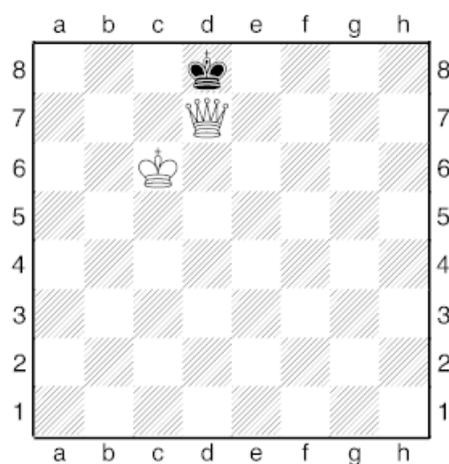


Figura 26



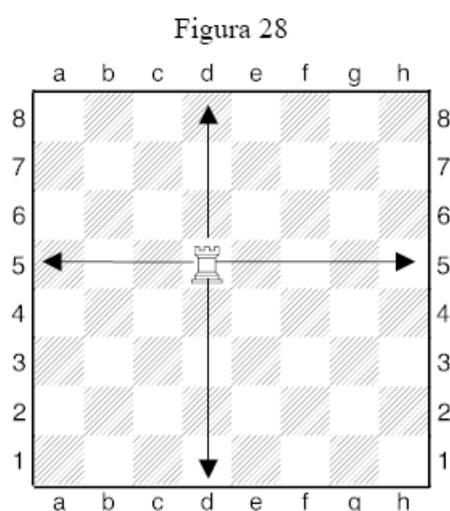
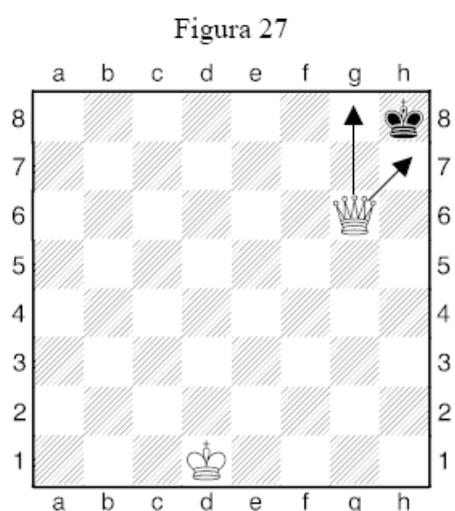
2.4 XEQUE-MATE

O xeque-mate é o término de uma partida. Se o rei estiver em xeque e não existirem casas para o rei ocupar que não estejam ameaçadas, então o rei está em xeque-mate. A Figura 26 demonstra como é uma posição de xeque-mate. As brancas jogaram a dama na casa d7 e deram xeque-mate. A dama branca ataca o rei e todas

as casas de fuga (c8, c7, e8 e e7) e não pode ser capturada, pois conta com a defesa do rei branco.

2.5 REI AFOGADO

Quando o rei não está em xeque e as casas que o cercam estão ameaçadas, a partida está empatada, pois o rei está "afogado". Na Figura 27, o lance corresponde às pretas. O rei não está em xeque e as casas g8, g7 e h7 estão ameaçadas pela dama branca. A partida está empatada.



2.6 A TORRE

Movimenta-se em colunas e filas, como mostra a Figura 28. Uma torre situada no centro do tabuleiro pode atacar 14 casas.

2.7 O BISPO

Move-se pelas diagonais conforme pode ser visto na Figura 29. Cada jogador começa a partida com um par de bispos, um que percorre as casas pretas e outro pelas casas brancas. O bispo no centro do tabuleiro ataca um total de 13 casas.

2.8 O CAVALO

Possui um movimento particular bastante diferente das demais peças. Para simplificar, digamos que o cavalo pula em “L”: duas casas na horizontal ou vertical, e depois uma casa acima ou abaixo (se foi movido na horizontal), ou à direita ou à esquerda (se foi movido na vertical). O cavalo é a única peça que salta sobre as outras. Se o cavalo sair de uma casa branca irá parar em uma casa preta e vice-versa. Um cavalo na casa *e5* conforme a Figura 30 pode ir para 8 casas diferentes (*c6*, *d7*, *f7*, *g6*, *g4*, *f3*, *d3* e *c4*).

Figura 29

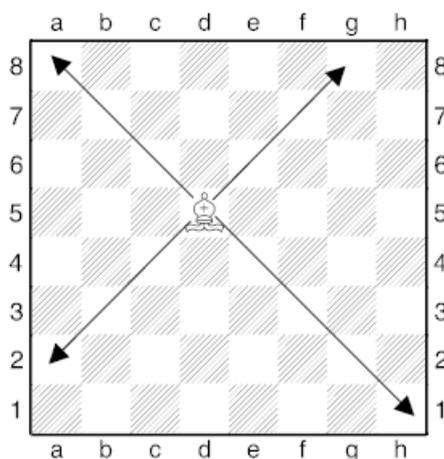
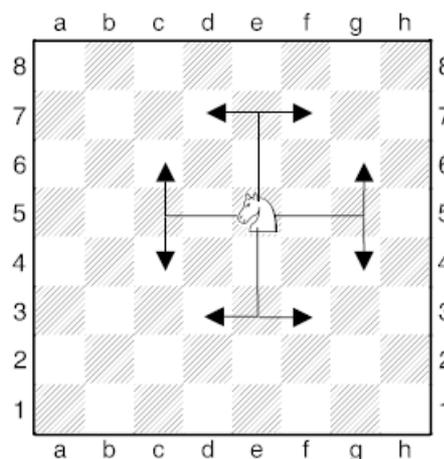


Figura 30



2.9 O PEÃO

O peão só anda para frente de casa em casa. Quando está na posição inicial, ele pode avançar duas casas (Figura 31). Os peões não capturam as peças ao longo de seu movimento, como as demais peças. A captura é feita em diagonal. Na Figura 32, o peão em *d3* pode capturar a torre ou o bispo em *e4*, mas não pode capturar o cavalo.

Figura 31

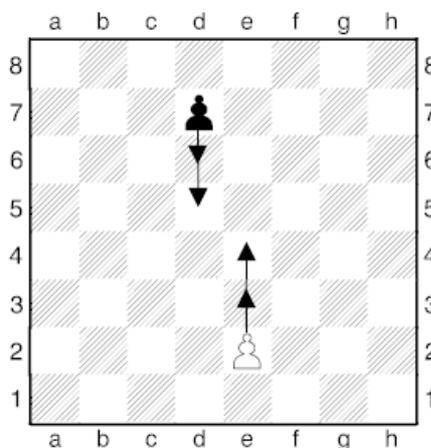
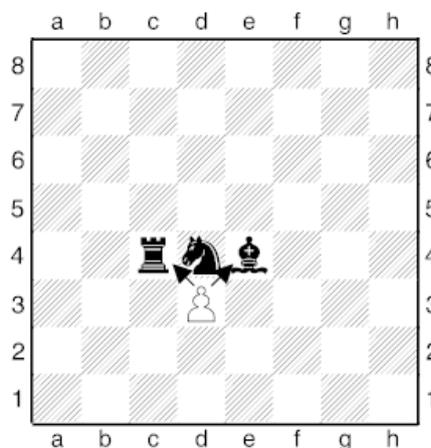


Figura 32



3 MOVIMENTOS ESPECIAIS

3.1 PROMOÇÃO OU COROAÇÃO

Quando o peão atravessar o tabuleiro e chegar na última casa do outro lado deve obrigatoriamente ser trocado por outra peça (dama, torre, bispo ou cavalo), independente do jogador ter perdido ou não estas peças. Na Figura 33, quando o peão em *d7* chegar a *d8* deve ser trocado por dama, torre, cavalo ou bispo. O mesmo acontece com o peão preto em *g2*.

3.2 *EN PASSANT*

Quando um peão que está na casa inicial andar duas casas e ficar ao lado de um peão adversário, este pode capturá-lo como se o outro houvesse andado uma casa. Na Figura 34, o peão preto estava em *e7*, avançou duas casas e foi para *e5*. Ao fazer este movimento, o peão preto passou pela casa *e6*, casa de captura do peão branco que está em *d5*. O peão branco pode capturá-lo movendo-se para a casa *e6*. A captura por *en passant* (na passagem) deve ser feita imediatamente após o avanço do peão adversário.

Diagrama 33 - Promoção

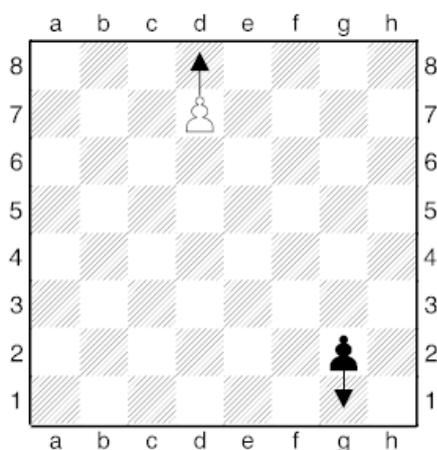
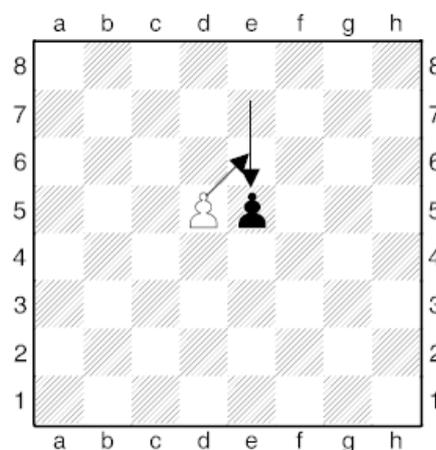


Diagrama 34 – En passant



3.3 ROQUE

São dois movimentos em um lance. O roque é realizado com uma das torres e o rei. O rei anda duas casas em direção a torre, e a torre salta sobre o rei e ocupa a casa ao lado deste. Para a realização do roque é importante observar que só é possível executá-lo quando:

- 1) O rei e a torre do lado escolhido não foram movimentados.
- 2) Não houver peças entre o rei e a torre.
- 3) O rei não estiver em xeque.
- 4) As casas em que o rei passar não estiverem ameaçadas.
- 5) O rei, ao roçar, não terminar em xeque.

O roque feito com a torre do lado do rei o roque chama-se pequeno (Figuras 35 e 36) e com a torre do lado da dama roque grande (Figuras 37 e 38).

Figura 35 – Antes do roque pequeno

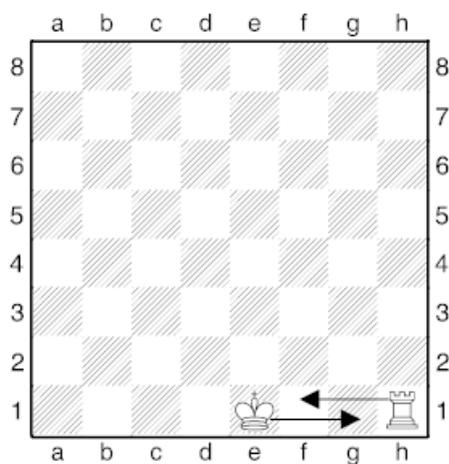


Figura 36 – Depois do roque pequeno

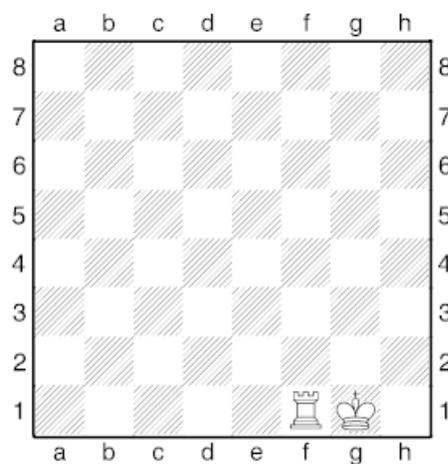


Figura 37 – Antes do roque grande

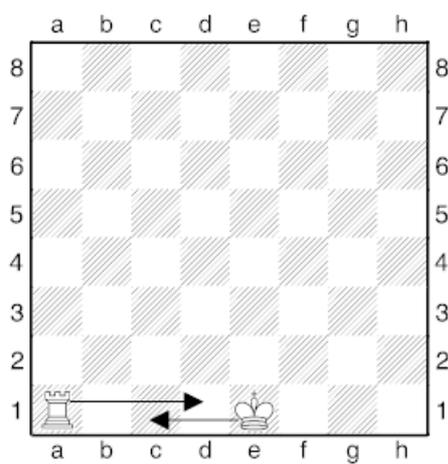


Figura 38 Depois do roque grande

