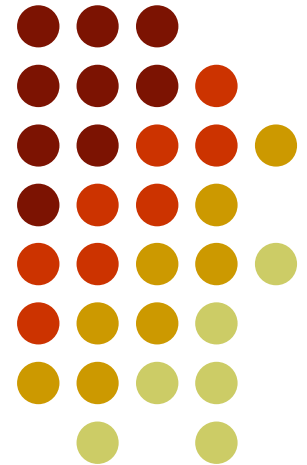


Planejamento de Ordem Parcial

Profa. Josiane

*David Poole, Alan Mackworth e Randy Goebel -
“Computational Intelligence – A logical approach” - cap. 8*

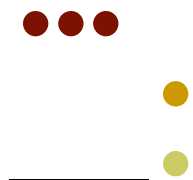
setembro/2007



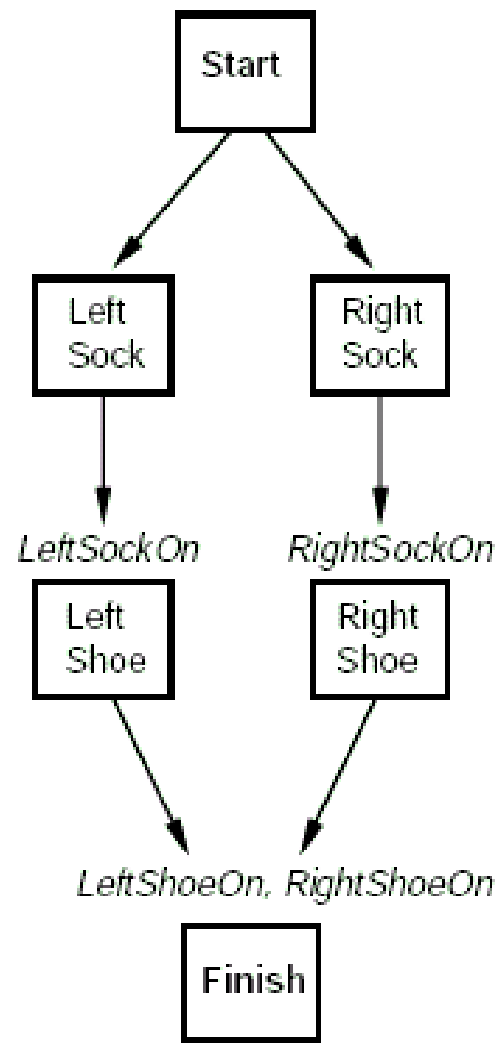
Planejamento de ordem parcial (POP)



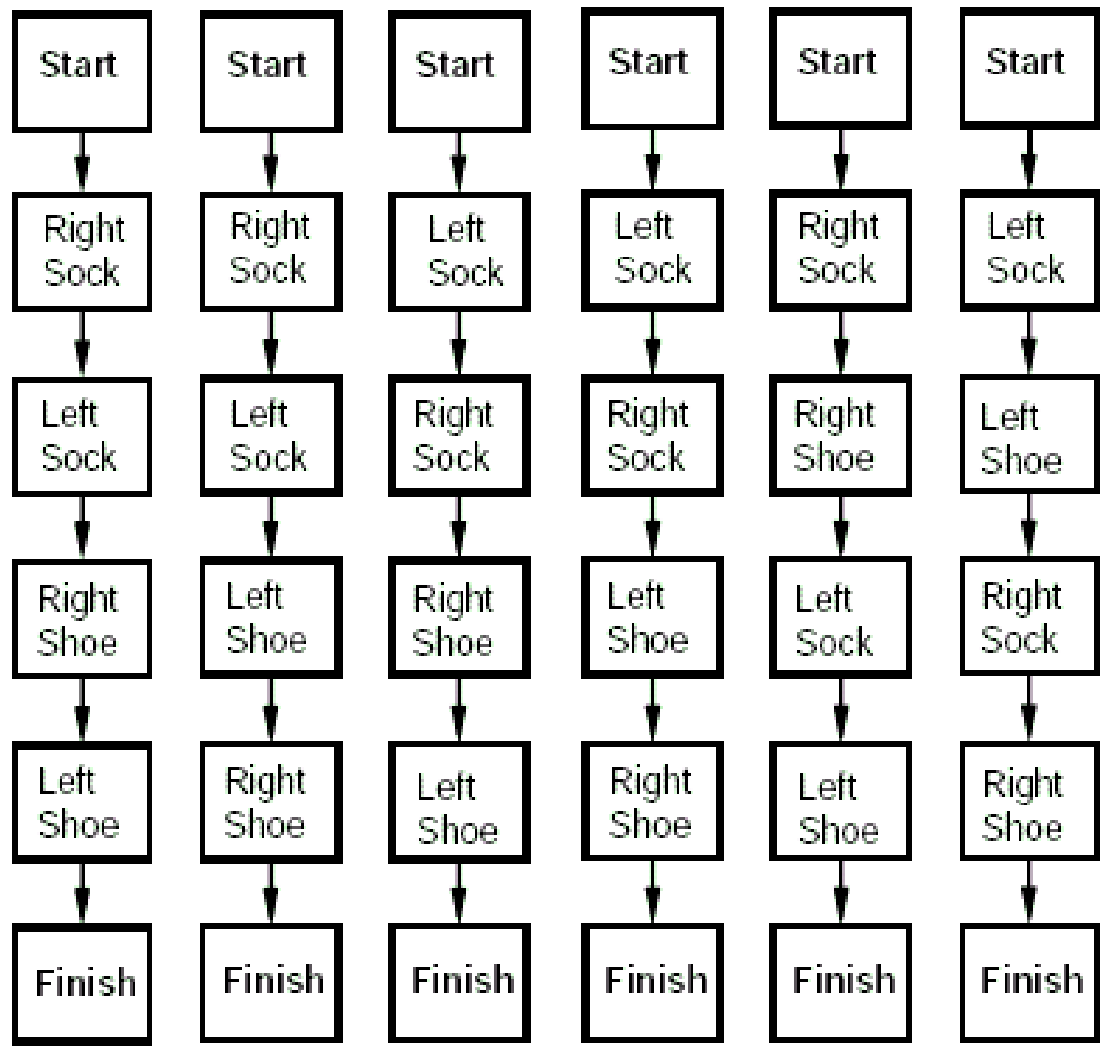
- As ações do plano muitas vezes não precisam ser totalmente ordenadas
- POP – idéia: ter uma ordem parcial entre duas ações
 - E somente se comprometer a ordenação entre outras ações quando necessário
- Um plano de ordem parcial é um conjunto de ações com uma ordenação parcial
 - Qualquer ordenação total das ações consistente com a ordenação parcial irá alcançar o objetivo



Partial-Order Plan:



Total-Order Plans:



Especificações para POP



- Escrever $A_0 < A_1$ se a ação A_0 deve vir antes da ação A_1 em ordem parcial
 - A_0 deve vir antes A_1 , não significa que A_0 deve vir **imediatamente** antes de A_1
- Para uniformizar vamos tratar *start* e *finish* como ações:
 - *start* é uma ação que alcança as relações que são verdadeiras no estado inicial
 - *finish* é uma ação para a qual as precondições são o objetivo
 - *start* vem antes de todas as ações e *finish* depois de todas as ações
 - Isso evita tratar casos especiais

Especificações para POP

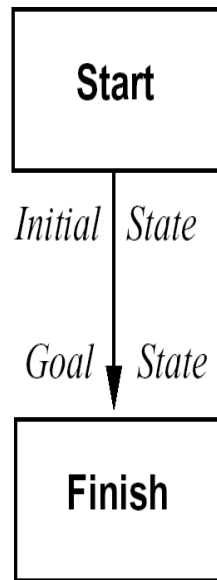


- Ação do plano sempre alcança uma das precondições de uma ação do plano (que pode ser a ação *finish*)
- Cada precondição P de uma ação A_1 do plano terá uma ação A_0 que alcança P para A_1
 - Isto é chamado de **link causal**
 - Desta forma A_0 deve vir antes de A_1 ($A_0 < A_1$)
 - Qualquer outra ação A que apaga P deve ou vir antes de A_0 ou após A_1

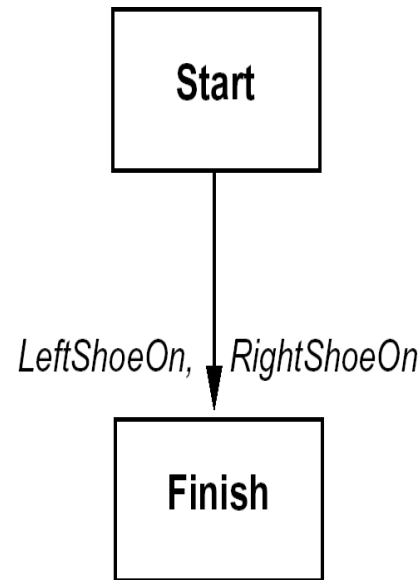
Como funciona o POP



- Começamos com as ações *start* e *finish* e a ordem parcial $start < finish$
- Mantemos uma agenda com uma lista das precondições das ações do plano que necessitam ser alcançadas
 - Exemplo: [*LeftShoeOn*, *RigthShoeOn*]



(a)



(b)

Como funciona o POP



- Em cada estágio do processo de planejamento uma precondição P de uma ação A_1 é selecionada da agenda
 - P também é chamado de subobjetivo
 - Então devemos escolher uma ação A_0 que alcança P
 - A ação A_0 pode já existir no plano (por exemplo, a ação *start*) ou ser uma nova ação que será adicionada ao plano
 - Se A_0 for uma nova ação, suas precondições são adicionadas na agenda
 - A ação A_0 deve vir antes da ação A_1 em ordem parcial - $A_0 < A_1$ formando o link causal (A_0 alcança P para A_1)
 - Qualquer ação no plano que apaga P deve vir antes de A_0 ou depois de A_1
 - O processo continua até a agenda ficar vazia

Definições para o algoritmo POP



- Um **link causal** é um termo na forma $cl(A0, P, A1)$
 - $A0$ alcança P para $A1$
- Um **plano parcial** é um termo na forma $plan(As, Os, Ls)$ onde:
 - As é uma lista de instâncias de **ações**
 - Os é uma lista de **restrições de ordem** ($A1 < A2$) onde $A1$ e $A2$ são instâncias de ações
 - Ls é uma lista de **links causais**
- Um plano $plan(As1, Os1, Ls1)$ é uma **extensão** de $plan(As2, Os2, Ls2)$ se $As1 \subseteq As2, Os1 \subseteq Os2, Ls1 \subseteq Ls2$

Definições para o algoritmo POP



- Uma ação A **ameça** um link causal $cl(A0, P, A1)$ se a ação A apaga a proposição P
- Um plano $plan(As, Os, Ls)$ é **seguro** se nenhuma ação $A \in As$ ameaça um link causal $cl(A0, P, A1) \in Ls$
 - Se A apaga P , a ordem parcial Os deve conter $A < A0$ ou $A1 < A$
- Uma **agenda** é um conjunto de subobjetivos para cada precondição não suportada para cada ação As
- Um sobobjetivo é um termo da forma $goal(P, A1)$, onde P é uma proposição atômica que é um precondição da ação $A1$
- Um **plano completo** é um plano parcial seguro com uma agenda vazia

Algoritmo POP



- $pop(CPlan, Agenda, FPlan)$ é verdadeiro se $CPlan$ é um plano parcial seguro com a agenda $Agenda$ e $FPlan$ é um plano completo que é uma extensão de $CPlan$

$pop(Plan, [], Plan)$.

$pop(CPlan, Agenda, FPlan) :-$

$select(Goal, Agenda, Agenda1),$

$solve_goal(Goal, CPlan, NPlan, Agenda1, NAgenda),$

$pop(NPlan, NAgenda, FPlan)$.

Algoritmo POP



- *select_goal(Goal, CPlan, NPlan, CAgenda, NAgenda)* escolhe uma ação para resolver *Goal*, mudando o plano *CPlan* para *NPlan* e a agenda *CAgenda* para *NAgenda*

% caso1: usar uma ação existente

```
solve_goal(goal(P, A1), plan(As, Os, Ls),  
           plan(As, NOs, [cl(A0, P, A1) | Ls]), Ag, Ag) :-  
  member(A0, As),  
  achieves(A0, P),  
  add_constraint(A0 < A1, Os, Os1) ,  
  incorporate_causal_link(cl(A0, P, A1), As, Os1, NOs).
```

Algoritmo POP



% caso2: adicionar uma nova ação

```
solve_goal(goal(P, A1), plan(As, Os, Ls),  
    plan([A0, As], NOs, [cl(A0, P, A1) | Ls]), Ag, NAg) :-  
    achieves(A0, P),  
    add_constraint(A0 < A1, Os, Os1) ,  
    incorporate_causal_link(cl(A0, P, A1), As, Os1, Nos),  
    add_constraint(start < A0, Os1, Os2),  
    incorporate_action(A0, Ls, Os2, Os3),  
    incorporate_causal_link(cl(A0, P, A1), As, Os3, Nos),  
    add_preconds(A0, Ag, NAg).
```

Problema da troca de pneu

Estado inicial: $[em(\text{furado}, \text{eixo}) \wedge em(\text{estepe}; \text{portamalas})]$

objetivo $em(\text{estepe } \text{eixo})$

Ações possíveis:

$remover(\text{estepe}, \text{portamalas})$

precondições: $em(\text{estepe}, \text{portamalas})$

efeito: $\neg em(\text{estepe}; \text{portamalas}) \wedge em(\text{estepe}; \text{fora})$

$remover(\text{furado}, \text{eixo})$

precondições: $em(\text{furado}, \text{eixo})$

efeito: $\neg em(\text{furado}, \text{eixo}) \wedge em(\text{furado}, \text{fora})$

$montar(\text{estepe}, \text{eixo})$

precondições: $em(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \neg em(\text{furado}, \text{eixo})$

efeito: $\neg em(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge em(\text{estepe}; \text{eixo})$

$deixardurante\text{noite}$

precondições: $[]$

efeito: $\neg em(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \neg em(\text{estepe}, \text{eixo}) \wedge \neg em(\text{estepe}, \text{portamalas}) \wedge$
 $\neg em(\text{furado}, \text{fora}) \wedge \neg em(\text{furado}, \text{eixo})$



Problema da troca de pneu

Plano Inicial



start

em(furado, eixo) ^ em(estepe, portamalas)

em(estepe, eixo)

finish

Problema da troca de pneu

Passos possíveis



deixardurante noite

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo}),$
 $\neg \text{em}(\text{furado}, \text{fora}),$
 $\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{eixo}),$
 $\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{fora}),$
 $\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$
 $\text{remove}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\text{em}(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \neg \text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{fora})$

$\text{montar}(\text{estepe}, \text{eixo})$

$\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{eixo})$

$\text{em}(\text{furado}, \text{eixo})$

$\text{remove}(\text{furado}, \text{eixo})$

$\text{em}(\text{furado}, \text{fora}) \wedge \neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo})$

Problema da troca de pneu

Plano Parcial



start

$\text{em}(\text{furado}, \text{eixo}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{fora})$

montar(estepe, eixo)

$\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{eixo})$



$\text{em}(\text{estepe}, \text{eixo})$

finish

Problema da troca de pneu

Passos possíveis



em(estepe, portamalas)

remove(estepe, portamalas)

em(estepe, fora) \wedge \neg em(estepe, portamalas)

deixardurante noite

\neg em(furado, eixo),

\neg em(furado, fora),

\neg em(estepe, eixo),

\neg em(estepe, fora),

\neg em(estepe, portamalas)

\neg em(furado, eixo) \wedge em(estepe, fora)

montar(estepe, eixo)

\neg em(estepe, fora) \wedge em(estepe, eixo)

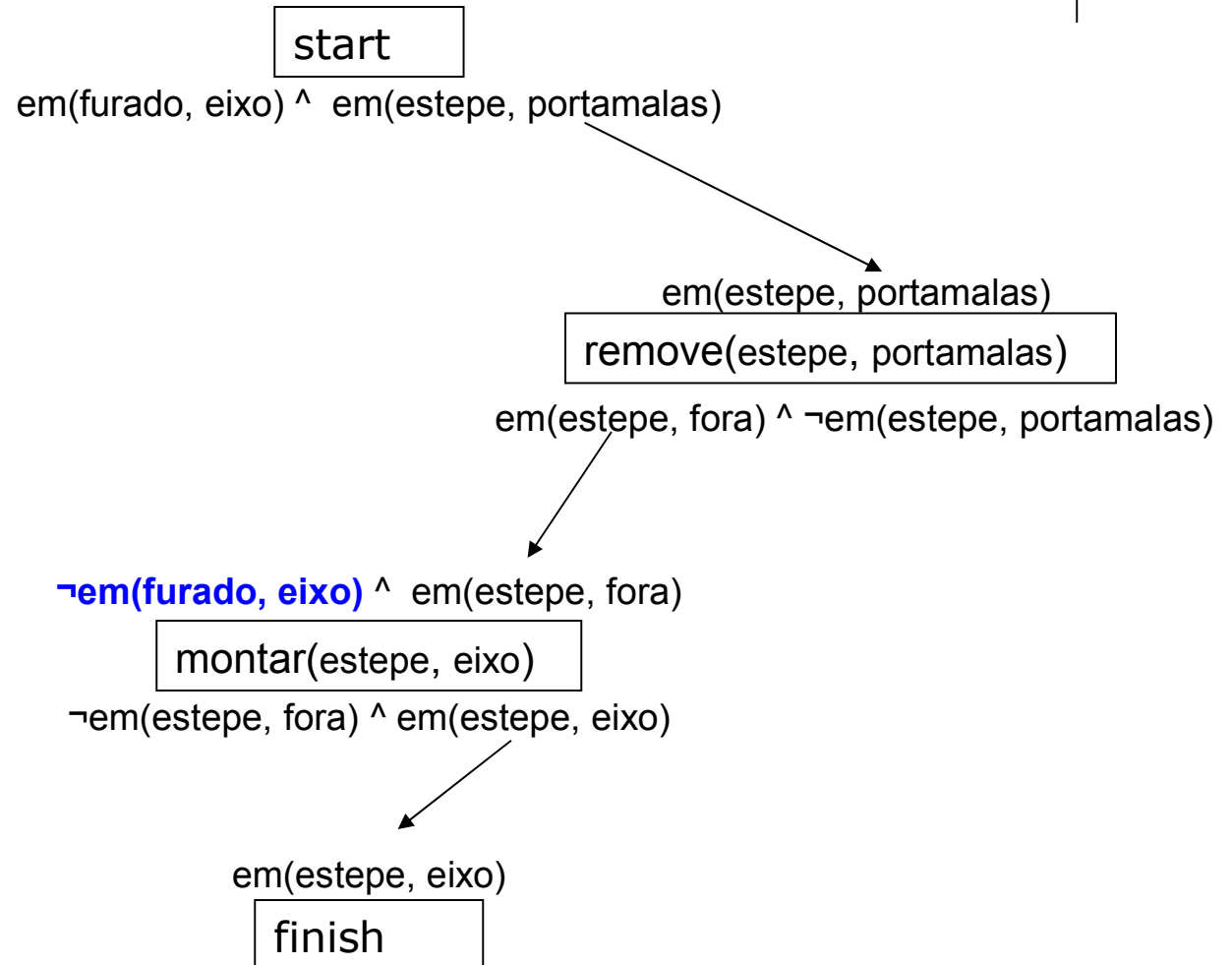
em(furado, eixo)

remove(furado, eixo)

em(furado, fora) \wedge \neg em(furado, eixo)

Problema da troca de pneu

Plano Parcial



Problema da troca de pneu

Passos possíveis



deixardurante noite

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo}),$

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{fora}),$

$\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{eixo}),$

$\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{fora}),$

$\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\text{remove}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\text{em}(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \neg \text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{fora})$

$\text{montar}(\text{estepe}, \text{eixo})$

$\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{eixo})$

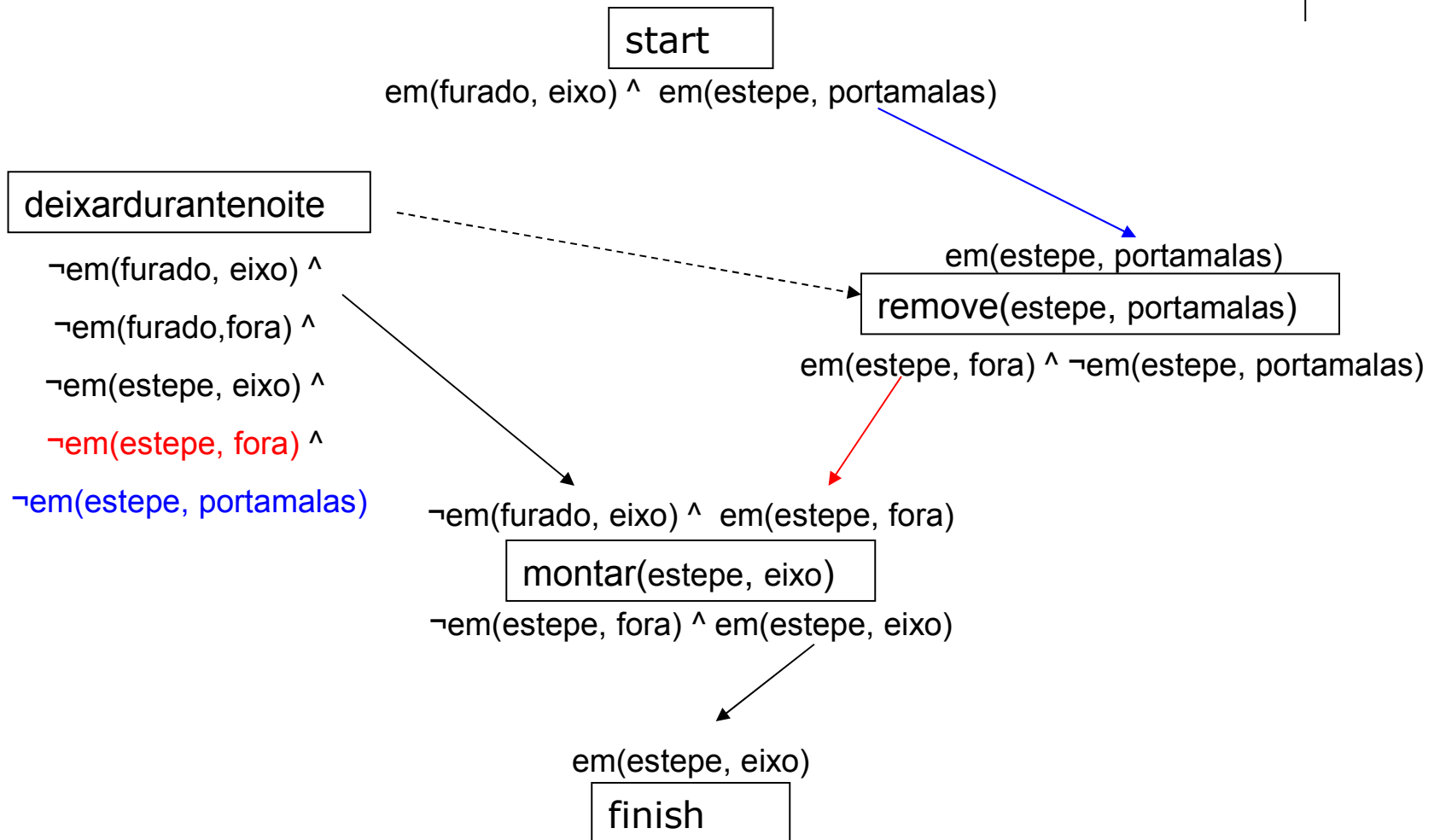
$\text{em}(\text{furado}, \text{eixo})$

$\text{remove}(\text{furado}, \text{eixo})$

$\text{em}(\text{furado}, \text{fora}) \wedge \neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo})$

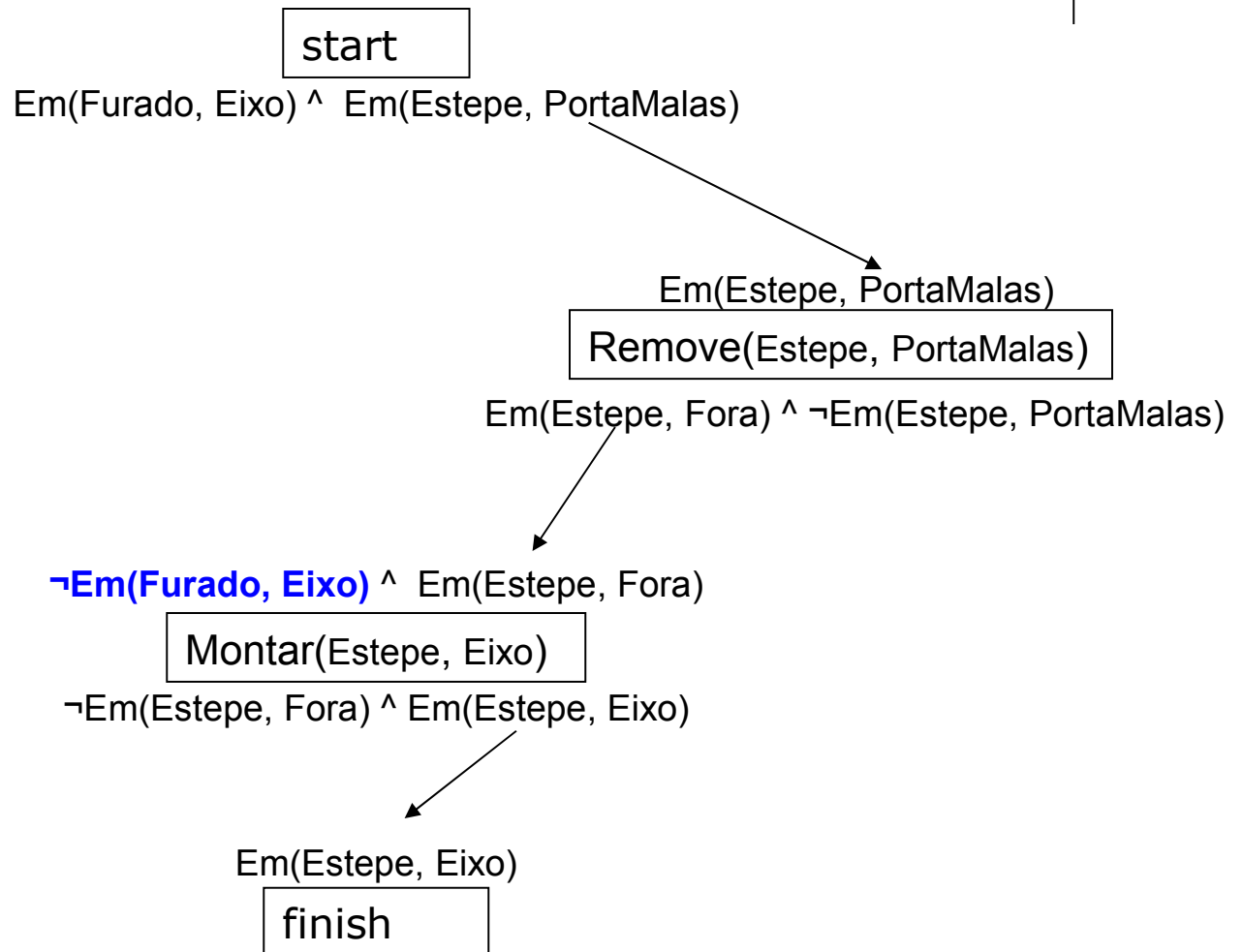
Problema da troca de pneu

Plano Parcial



Problema da troca de pneu

Plano Parcial



Problema da troca de pneu

Passos possíveis



deixardurante noite

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo}),$
 $\neg \text{em}(\text{furado}, \text{fora}),$
 $\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{eixo}),$
 $\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{fora}),$
 $\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$
 $\text{remove}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\text{em}(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \neg \text{em}(\text{estepe}, \text{portamalas})$

$\neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{fora})$

$\text{montar}(\text{estepe}, \text{eixo})$

$\neg \text{em}(\text{estepe}, \text{fora}) \wedge \text{em}(\text{estepe}, \text{eixo})$

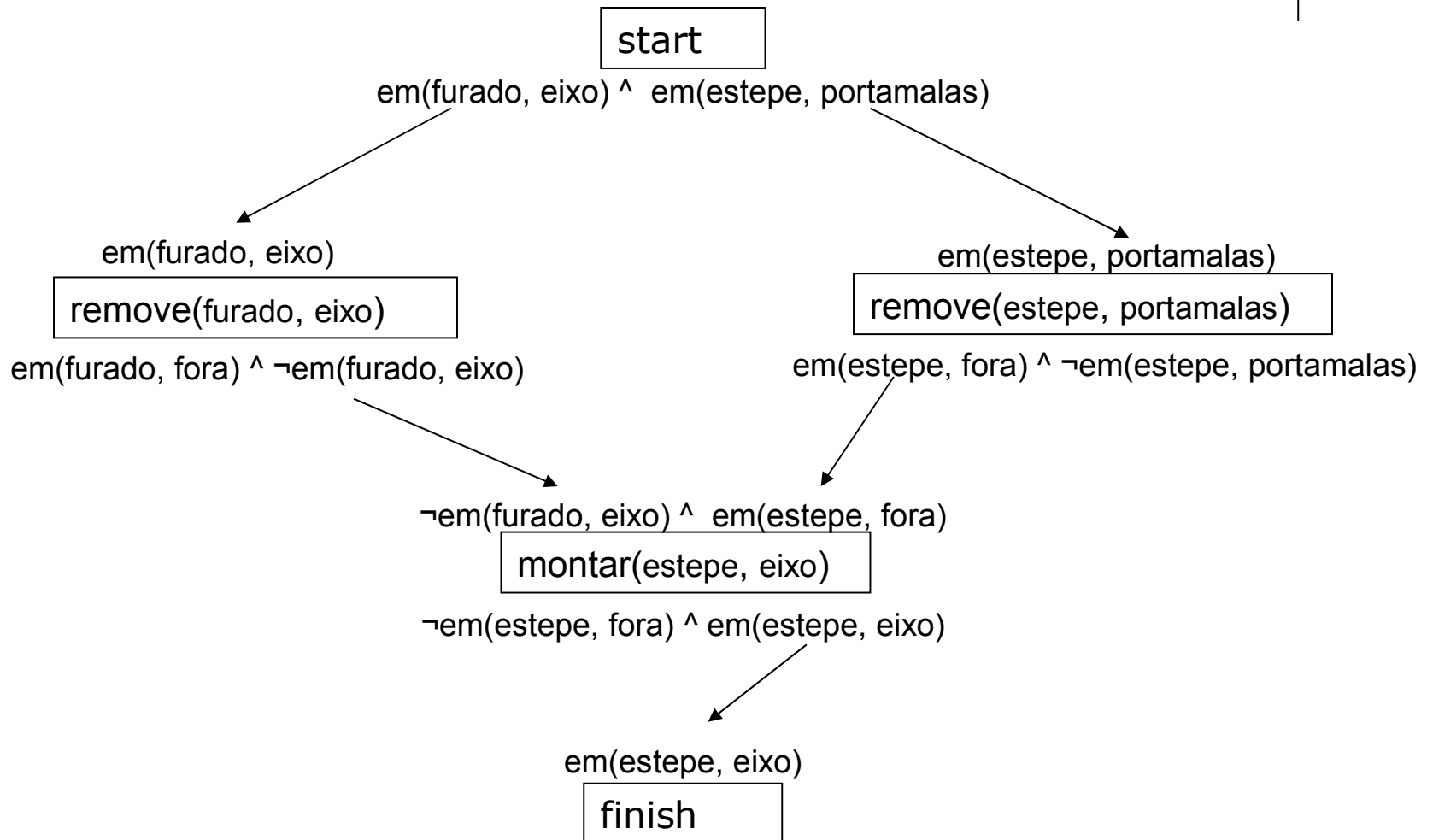
$\text{em}(\text{furado}, \text{eixo})$

$\text{remove}(\text{furado}, \text{eixo})$

$\text{em}(\text{furado}, \text{fora}) \wedge \neg \text{em}(\text{furado}, \text{eixo})$

Problema da troca de pneu

Plano Parcial



Problema da Vitamina de banana



- Exemplo: Iremos considerar o problema da obter "leite, banana e um liquidificador"
 - Obs: neste exemplo variáveis são minúsculas e constantes Maiúsculas

- O **estado inicial**:
 - $At(Home) \wedge Sells(HWS, Drill) \wedge Sells(SM, Milk) \wedge Sells(SM, Banana)$

- O **estado final**:
 - $At(Home) \wedge Have(Drill) \wedge Have(Milk) \wedge Have(Banana)$

Problema da Vitamina de banana



- As **ações** possíveis:

Go(there)

PRECOND: *At(there)*

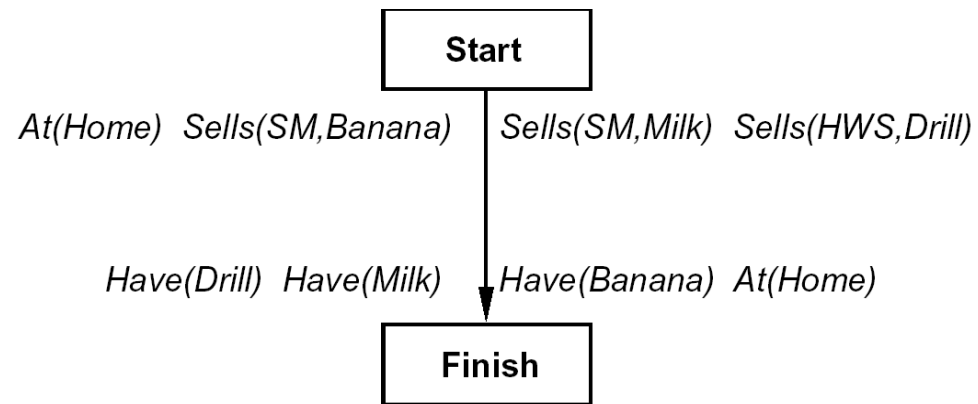
EFFECT: *At(there) ^ ¬At(there)*

Buy(x)

PRECOND: *At(store) ^ Sells(store,x)*

EFFECT: *Have(x)*)

Plano inicial





Para a precondição Have(Drill)

Start

$At(Home) \wedge Sells(HWS, Drill) \wedge Sells(SM, Ban.) \wedge Sells(SM, Milk)$

$At(x) \wedge Sells(x, Drill)$

Buy(Drill)

Have(Drill)

$At(x) \wedge Sells(x, Ban.)$

Buy(Ban.)

Have(Ban.)

$At(x) \wedge Sells(x, Milk)$

Buy(Milk)

Have(Milk)

$At(x)$

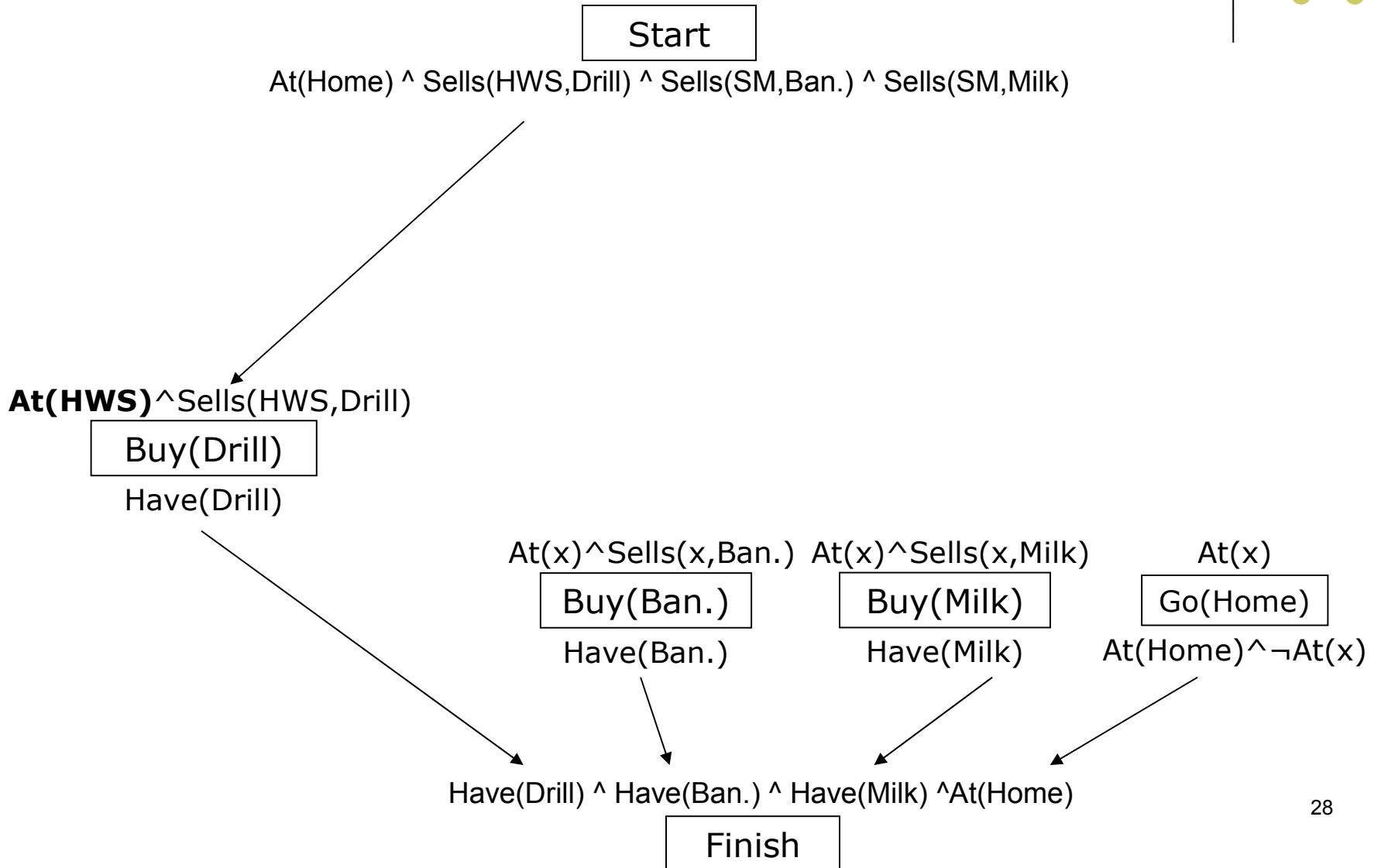
Go(Home)

$At(Home) \wedge \neg At(x)$

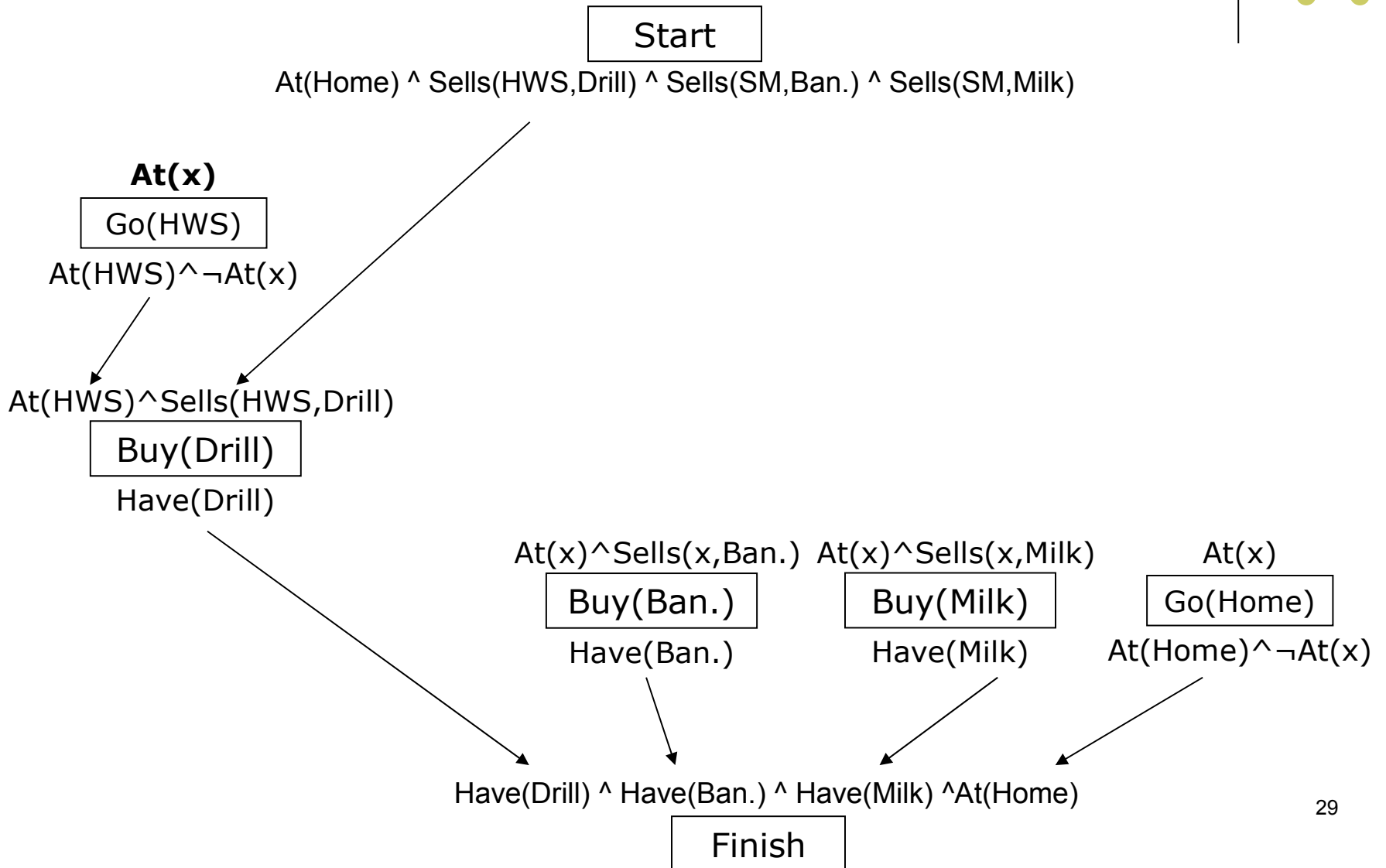
$Have(Drill) \wedge Have(Ban.) \wedge Have(Milk) \wedge At(Home)$

Finish

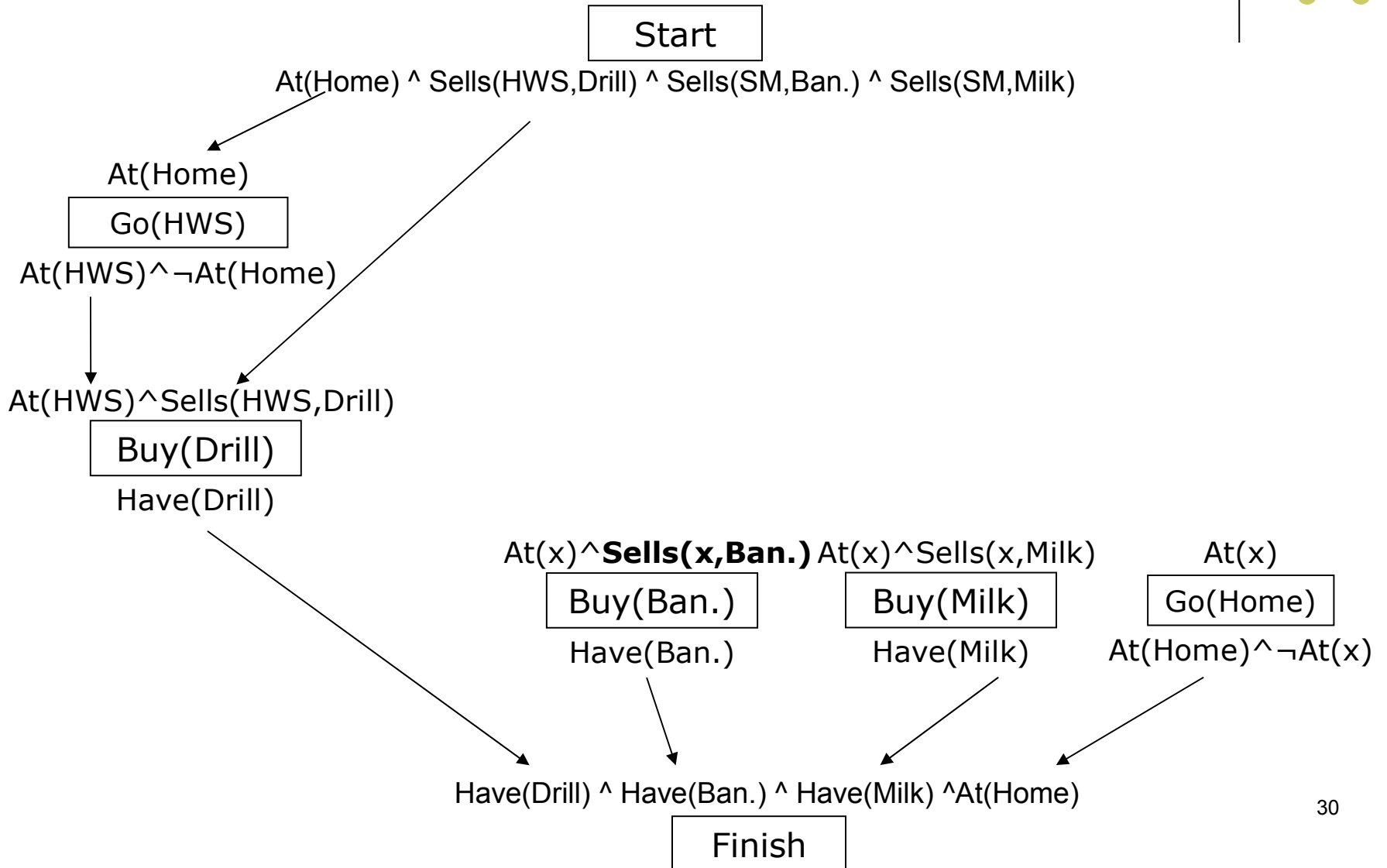
Para a precondição $\text{Sells}(x, \text{Drill})$



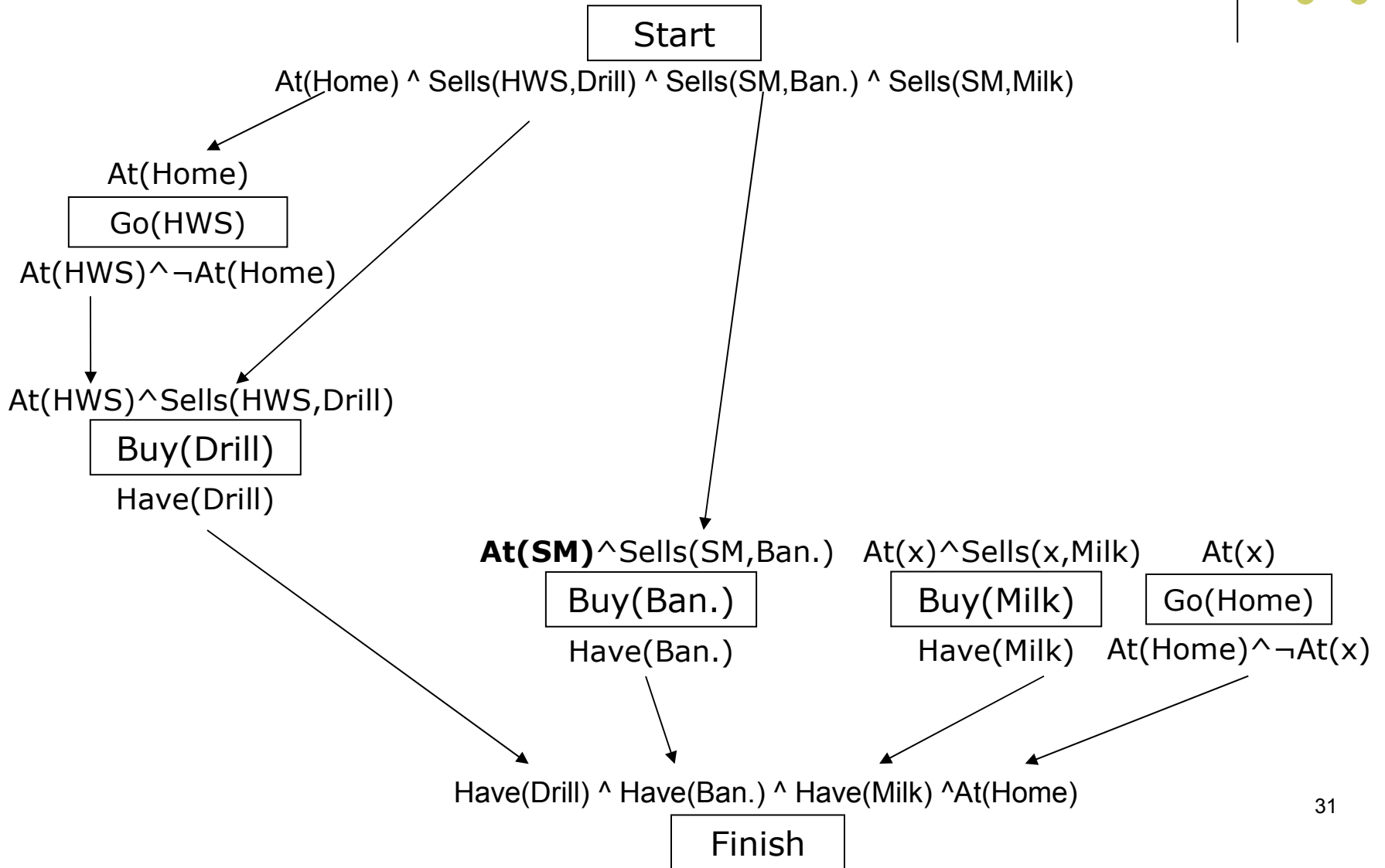
Para a precondição $At(HWS)$



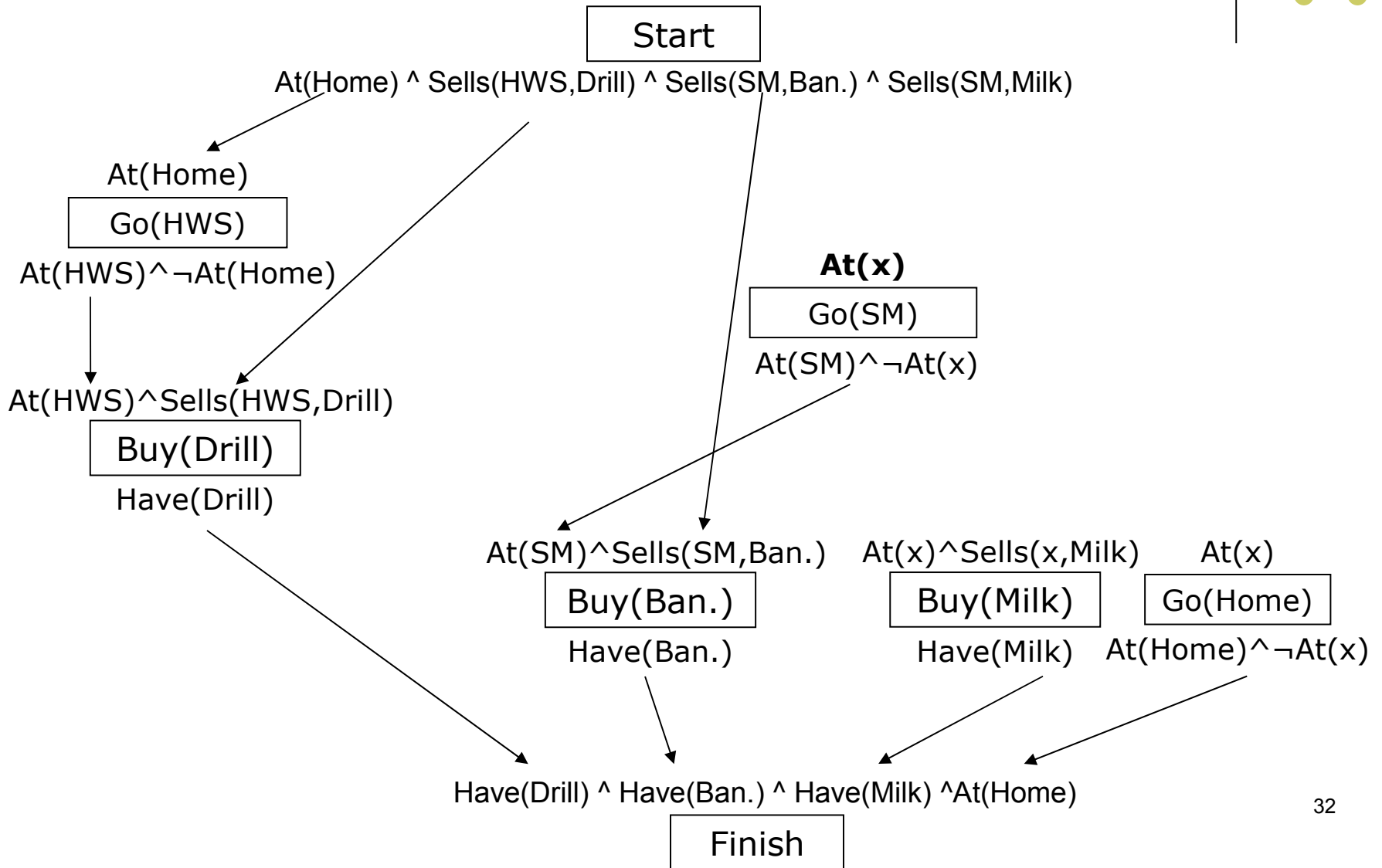
Para a precondição $At(x)$



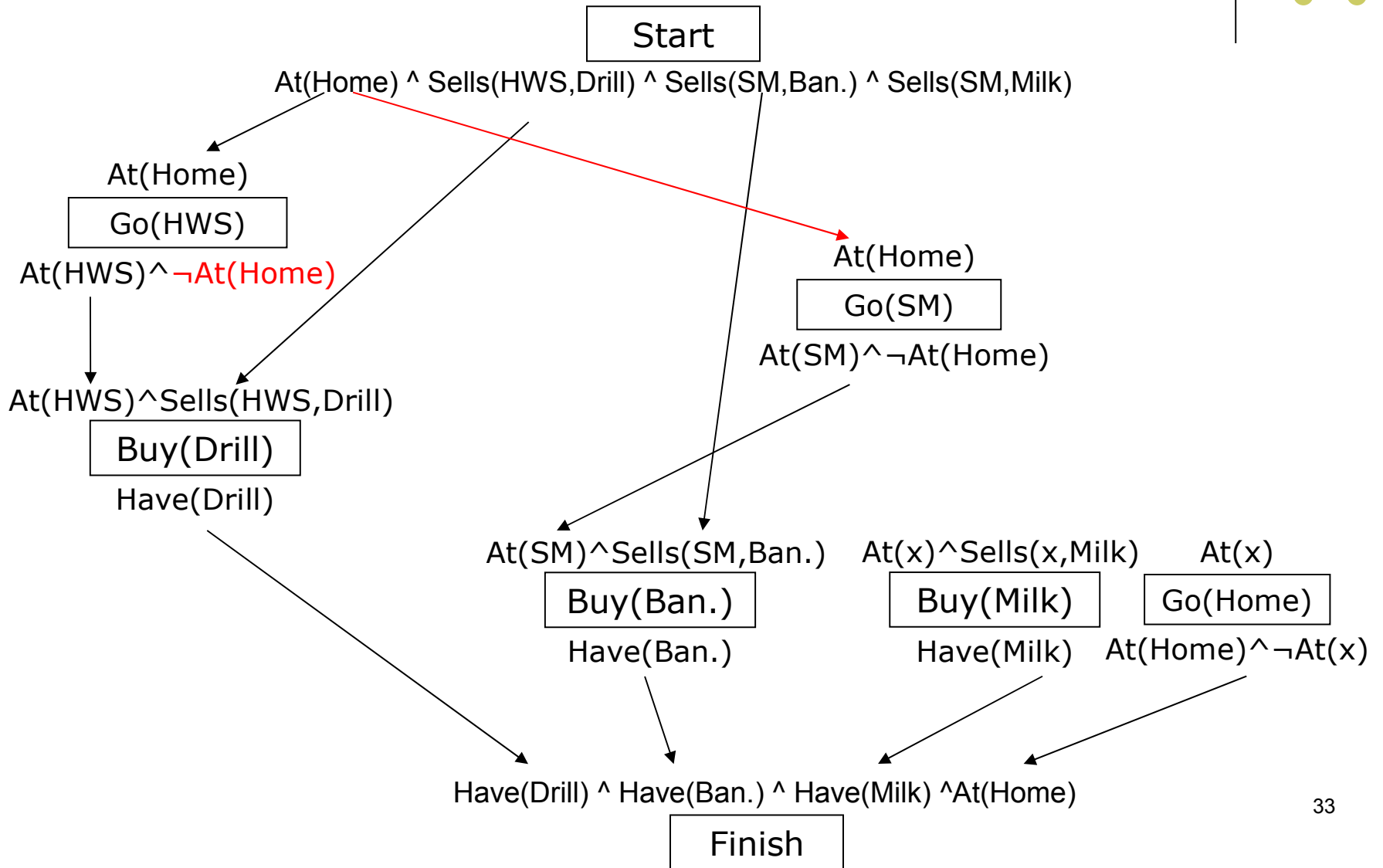
Para a precondição Sells(x, Ban.)



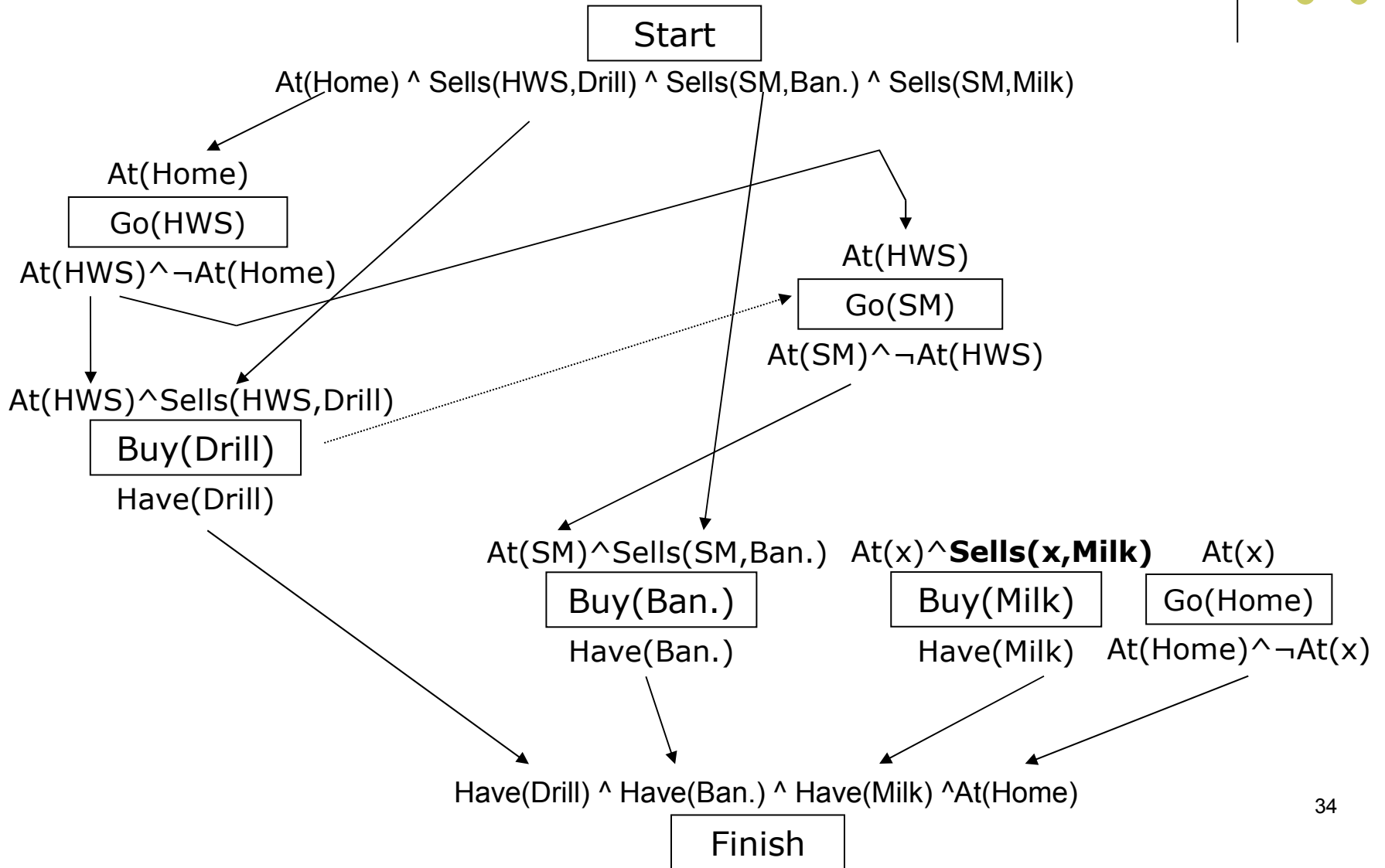
Para a precondição $At(SM)$



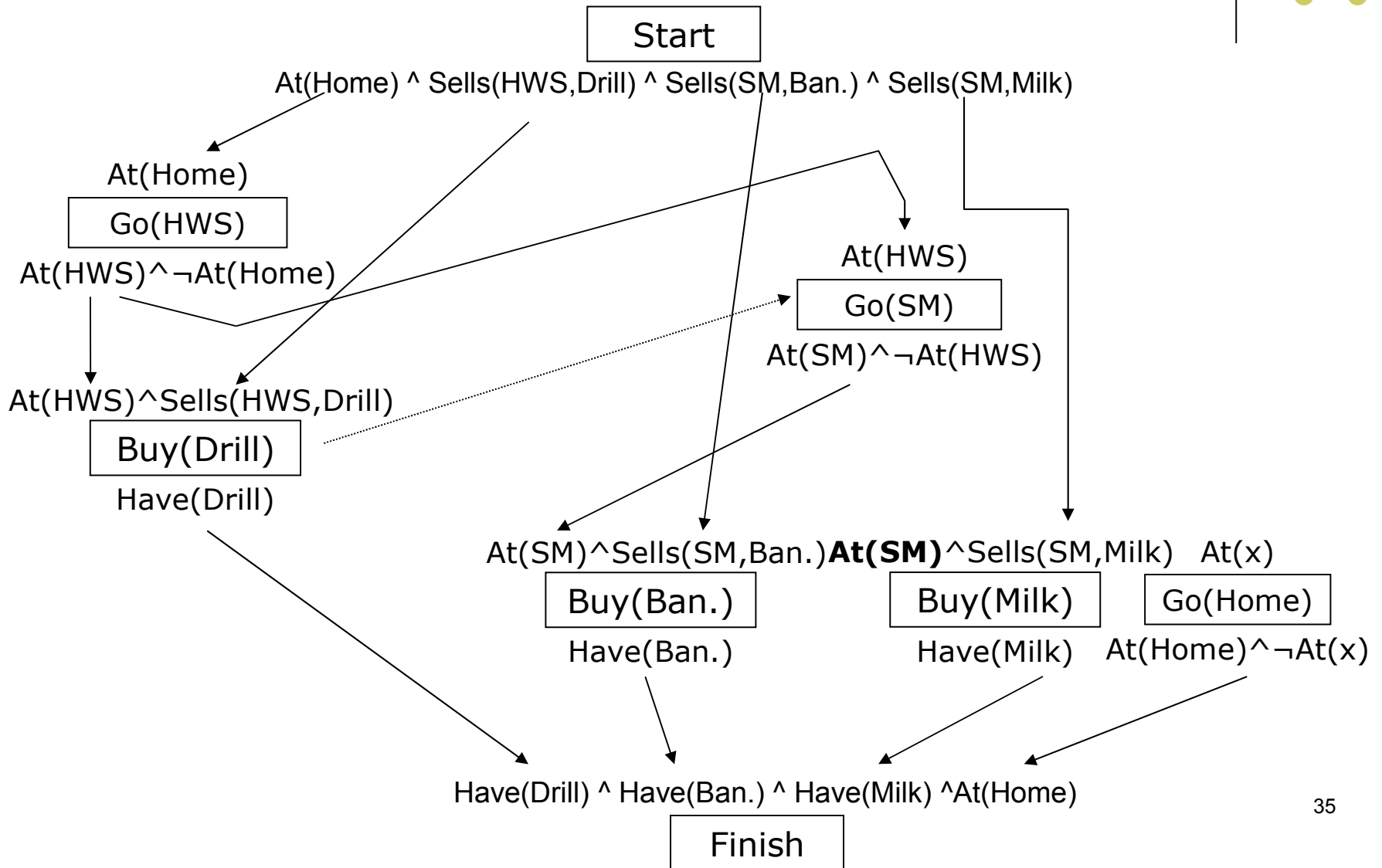
Para a precondição $At(x)$ - Ameaça



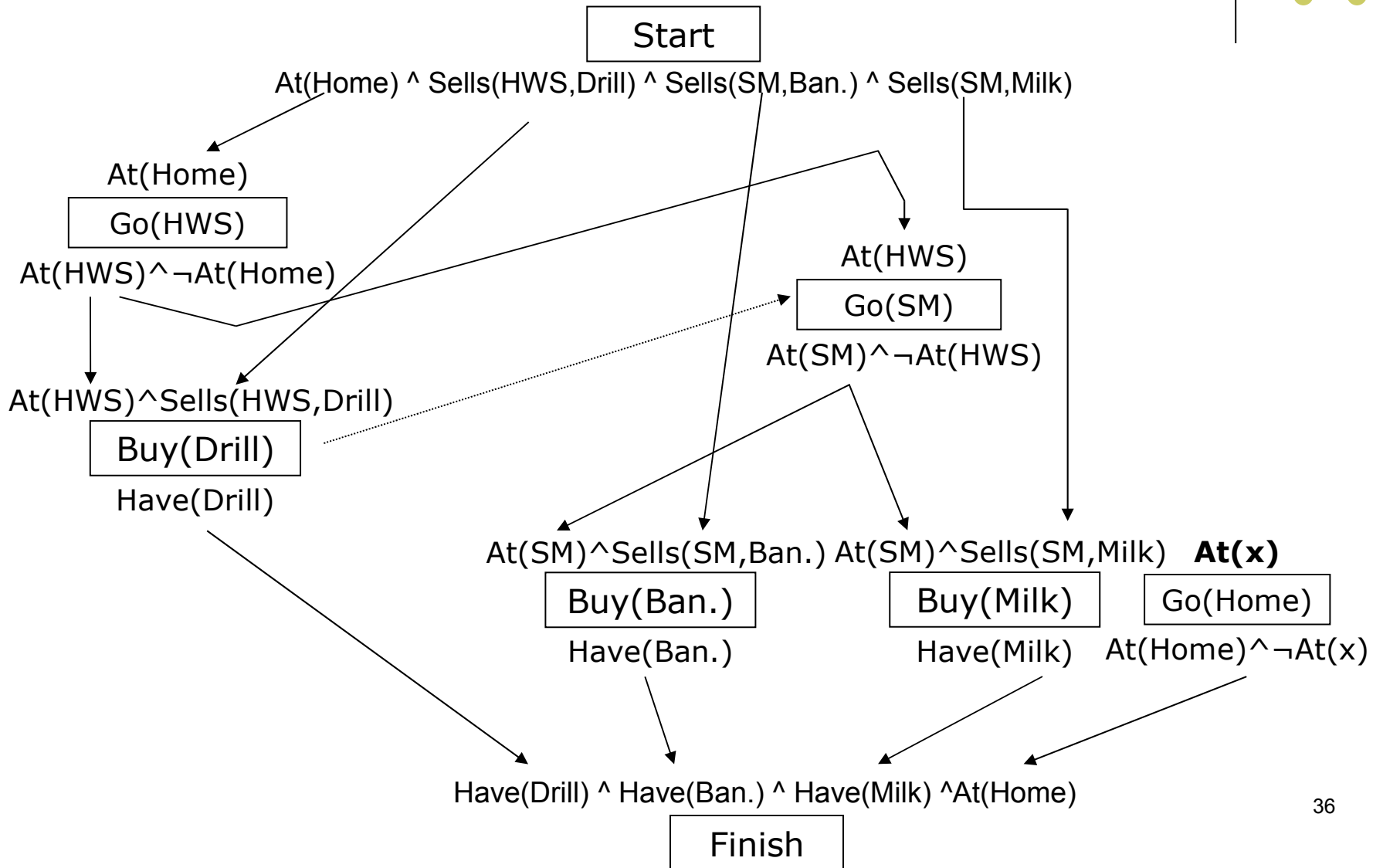
Resolvendo a ameaça



Para a precondição Sells(x, Milk)



Para a precondição $At(SM)$



Para a precondição $At(x)$

