

3 Um Modelo de Reputação Híbrido para Sistemas Multi- Agentes Abertos

Neste capítulo apresentamos um modelo de reputação [11, 25] que combina as características de abordagens centralizadas e descentralizadas apresentadas no capítulo anterior com o objetivo de superar os problemas observados nestes trabalhos. Em nossa abordagem, assim como nos modelos FIRE e REGRET, agentes estão aptos a avaliar o comportamento anterior dos outros agentes e armazenar o valor da reputação de cada agente com os quais interagiram. Além disso, nossa abordagem também fornece organizações capazes de avaliar e armazenar as reputações dos agentes. Nós assumimos que sistemas multi-agentes de larga escala são compostos de (uma hierarquia de) organizações (ou grupos) onde agentes estão desempenhando papéis. As organizações avaliam a reputação de um agente com base nos testemunhos fornecidos por outros agentes sobre o comportamento anterior deste agente.

Diferentes de outros sistemas que lidam com testemunhas, as organizações não recebem valores de reputação calculados por outros agentes. Pelo contrário, recebem testemunhos sobre o mau comportamento dos agentes, isto é, sobre violações de normas (ou leis) do sistema exercidas pelos agentes. As organizações avaliam as reputações dos agentes de acordo com as normas que eles violaram. Violações de normas caracterizam comportamento indesejado e, por isso, devem afetar negativamente as reputações dos agentes que violaram as normas.

A figura 4 apresenta o modelo proposto. Utilizando um mecanismo descentralizado de reputação, o agente A, após interagir com o agente B, faz uma avaliação da transação. A avaliação é armazenada em seu repositório local e poderá ser utilizada como fonte de informação para medir a confiança no agente B. O mesmo pode ser feito pelo agente B.

Além disso, os agentes de software, ao detectarem violações de normas por parte de outros agentes, enviam testemunhos sobre violações de normas para o subsistema de julgamento. Por exemplo, o agente B pode enviar um testemunho

acusando o agente A de violar alguma norma. O subsistema de julgamento faz a análise do testemunho e envia o resultado ao subsistema de reputação. Com base no veredicto e na norma que foi violada, o subsistema de reputação classifica o veredicto como violação de norma ou falso testemunho. Em seguida modifica a reputação do agente considerado culpado e mantém as reputações disponíveis para todos os agentes do sistema. Desta forma se o agente C quiser interagir com o agente A pode solicitar a sua reputação junto ao subsistema de reputação para depois decidir se aceita ou recusa interagir com ele.

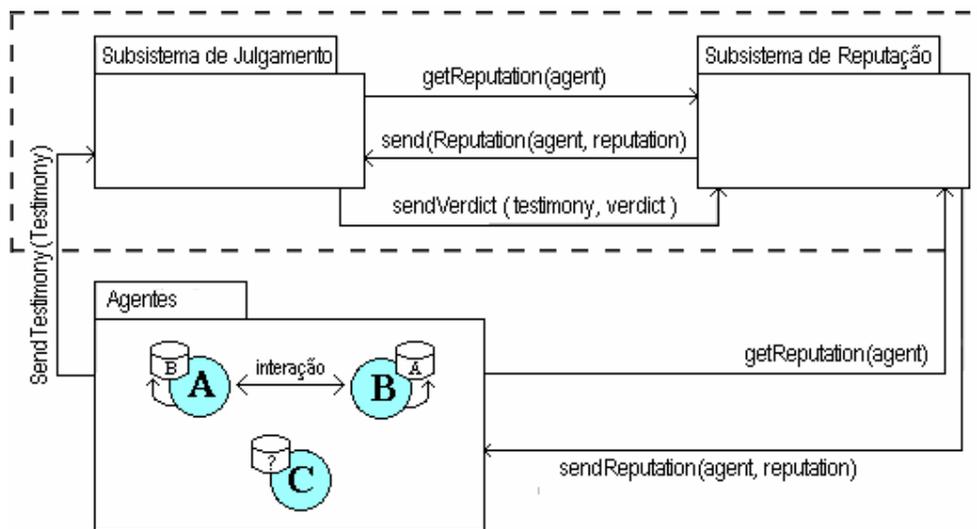


Figura 5. Modelo Proposto – combina abordagens descentralizada e centralizada.

Uma vez que nossa abordagem mistura características de abordagens centralizadas e descentralizadas, os problemas que destacamos anteriormente são resolvidos:

- (i) Agentes não necessitam se encontrar frequentemente para ter reputações consistentes. Eles podem consultar as organizações que armazenam as reputações avaliadas com base nas diversas interações com os agentes;
- (ii) O tempo para obter a reputação de um agente diminui, pois o agente não precisa procurar uma testemunha. As organizações onde o agente está desempenhando papéis podem ser consultadas;

- (iii) Ao contrário das reputações certificadas, as reputações fornecidas pelas organizações não são superestimadas. As organizações são confiáveis e imparciais, não fazem distinção entre os agentes;
- (iv) As reputações fornecidas pelas organizações não são baseadas nas impressões de outros agentes. As reputações são calculadas de acordo com as características das normas violadas;
- (v) Em sistemas centralizados como o eBay a reputação é representada por um único valor global. A nossa abordagem oferece, através das organizações, diferentes tipos de reputação com base nas normas ou nos papéis desempenhados pelos agentes;
- (vi) As mentiras são tratadas em nossa abordagem. Os testemunhos sobre violações de normas, enviados para as organizações são avaliados pelo subsistema de julgamento. Se um testemunho for considerado falso, a reputação de quem enviou será diminuída;
- (vii) Agentes não precisam usar as reputações fornecidas pelas organizações se eles não quiserem. Eles são capazes de avaliar e armazenar as reputações de outros agentes. Ao construir a confiança em um agente não é mais necessário consultar as organizações.

3.1. Avaliando os Testemunhos

Quando um agente viola uma norma do sistema e outro agente percebe a violação, este agente pode enviar um testemunho para a organização onde está interagindo. Os agentes estão motivados a enviar testemunhos, isto é, eles são beneficiados quando outros agentes agem de acordo com as normas ou então eles são prejudicados quando os agentes violam normas.

Os agentes também podem dar falsos testemunhos para prejudicar outros agentes ou para se beneficiar. Em um sistema aberto, os agentes são implementados de maneira independentemente e a aplicação não pode assumir que os agentes foram projetados corretamente. Então, há uma necessidade de verificar e confirmar a veracidade dos testemunhos.

Em [6] foi proposto um subsistema de julgamento que é responsável por receber os testemunhos e fornecer uma decisão (ou veredicto) sobre a violação. Ao julgar um testemunho, o subsistema pode utilizar estratégias diferentes para julgar as violações de diferentes normas especificadas pela aplicação. Tais estratégias podem fazer uso da reputação dos agentes, disponíveis nas organizações para ajudar a decidir sobre a veracidade do testemunho.

Além disso, uma vez que usualmente é difícil descobrir se um testemunho é de fato verdadeiro ou falso, o sistema de julgamento utiliza probabilidade para julgar os fatos.

Nesta dissertação assumimos que o subsistema de julgamento usa incerteza e informa o resultado probabilístico ao sistema de reputação. O veredicto informa se o agente acusado foi considerado culpado ou inocente e a porcentagem de culpa do agente. Informa também se o agente acusado confessou ou não a violação. Note que está fora do escopo desta dissertação detalhar o subsistema de julgamento apresentado em [6]. Esta dissertação tem como objetivo detalhar o subsistema de reputação que recebe os veredictos fornecidos pelo sistema de julgamento e atualiza as reputações dos agentes.

3.2. **Avaliando a Reputação do Agente como Réu: *Defendants'*** ***Reputation***

O subsistema de reputação avalia as reputações dos agentes com base nos veredictos providos pelo subsistema de julgamento. O subsistema de julgamento envia os veredictos para o subsistema de reputação declarando para cada veredicto o agente testemunha, o agente acusado e a norma violada. Se o réu foi condenado, i.e. se ficar evidenciado, pelo subsistema de julgamento, que o agente acusado violou a norma, as suas reputações são atualizadas de acordo com a norma violada. Cada norma estipula como a reputação do agente deverá ser modificada no caso de violação. Esta informação é chamada de *poder da norma* (*NormPower*). O *poder da norma* pode variar de 0, para normas que não influenciam a reputação de agente, até 1, para normas que influenciam fortemente a reputação de agente.

Considerando que assumimos que o subsistema de julgamento lida com incerteza, o subsistema de reputação também lida ao avaliar a reputação dos

agentes. As reputações de dois agentes considerados culpados por violar a mesma norma não são avaliadas da mesma maneira se o subsistema de julgamento estiver mais seguro sobre a culpa de um agente do que do outro. A mesma norma não influencia da mesma maneira a reputação de dois agentes quando um foi considerado 90% culpado e o outro 51% culpado por violar a norma. O subsistema de reputação aplica o *percentual de culpa (BlamePercentage)* informado pelo subsistema de julgamento ao *poder da norma*. De um lado, quando o subsistema de julgamento está totalmente seguro da culpa do agente então sua reputação é fortemente influenciada pelo *poder da norma* que foi violada. Por outro lado, quando o subsistema de julgamento não está tão seguro sobre a violação da norma então a reputação do agente é suavemente influenciada pelo poder da norma.

A influência de uma norma violada na reputação de um agente pode mudar durante o ciclo de vida do agente. Geralmente, normas violadas recentemente exercem mais influência na reputação de um agente do que as normas violadas há mais tempo atrás. Para resolver esta questão, nós propomos considerar o tempo que uma norma irá influenciar a reputação do agente. Esta informação, denominada *RemainingTime*, determina quanto tempo uma norma influenciará a reputação do agente deve fazer parte da especificação da norma. Assim, normas recentemente violadas influenciarão fortemente as reputações até chegarem ao ponto que não exercerão mais influência.

Embora uma norma violada pode não estar mais influenciando a reputação de um agente, as informações sobre sua violação ainda permanecem armazenadas pelo subsistema de reputação. Isto é importante para verificar reincidências. A influência de uma norma na reputação de um agente pode aumentar no caso de reincidências. O *fator de reincidência (Relapse)* influencia o poder da norma. Este fator varia de 1, onde representa nenhuma reincidência, até um valor próximo zero, onde representa muitas reincidências. Note que o valor resultante nunca irá superar o valor máximo do poder da norma que é 1. O fator de reincidência também é fornecido na descrição da norma. Para normas cujas violações são de extrema importância para o sistema, o fator de reincidência também é fornecido na descrição da norma. Para normas cujas violações são de extrema importância para o sistema, o fator de reincidência deverá ser elevado.

A influência de uma norma violada na reputação de um agente pode diminuir no caso de confissão. A confissão de um agente de software acontece no subsistema de julgamento. O agente responsável pelo julgamento, ao iniciar o processo de julgamento, envia uma mensagem ao agente acusado perguntando se ele cometeu a violação ou não. Se o agente confessar que cometeu a violação, i.e., se responder a mensagem enviada pelo agente de software responsável pelo julgamento de forma positiva, então o julgamento é finalizado e o poder da norma na reputação do agente será menor, assim, a reputação não irá diminuir tão drasticamente, beneficiando o agente que confessou ter violado a norma. Este *fator de confissão (confession)* pode variar de acordo com a importância da norma e deve ser definido junto com a especificação das normas da aplicação.

Para avaliar a reputação de um agente acusado de violar normas é necessário considerar todas as normas que ele violou. A reputação é avaliada reunindo todas as influências parciais calculadas para cada violação. Cada violação de norma fornece a informação parcial de como esta irá influenciar a reputação de um agente.

3.3. Avaliando a Reputação do Agente como Testemunha: *Witnesses' Reputation*

No caso do agente acusado ser absolvido pelo subsistema de julgamento então a sua reputação não é modificada. Neste caso é a reputação do agente que enviou o testemunho que deve ser diminuída, uma vez que mentiu. A reputação do agente como testemunha também é avaliada usando o *poder da norma*. Porém, violar uma norma usualmente é considerado mais perigoso que acusar alguém de violação. Então, nós definimos um fator para adaptar o *poder da norma* para testemunhas que mentem. Tal fator deverá ser menor que 1 e maior do que (ou igual a) 0 a fim de diminuir o poder da norma.

3.4. Tipos de Reputação

Confiança e reputação são dependentes do contexto [22]. Se nós confiamos em uma pessoa quando dirige um carro não significa que iremos confiar nele quando pilota um avião. Além disso, se nós confiamos em um motorista de táxi

quando dirige em Nova Iorque não significa que vamos confiar nele quando dá informações sobre um endereço da cidade de Nova Iorque.

Para considerar o contexto enquanto avaliamos a reputação dos agentes, nós levamos em conta duas perspectivas: o papel desempenhado pelo agente e o serviço que está sendo oferecido. Uma pessoa pode ter uma boa reputação como um motorista de táxi, mas uma reputação terrível como piloto. Além disso, embora uma pessoa tenha uma reputação muito boa dirigindo seu táxi, pode ter uma reputação ruim quando está dando informação sobre endereços.

Para lidar com contextos distintos, três tipos de reputações diferentes foram definidos: *reputação local*, *reputação por papel* e *reputação por norma*. A *reputação local* de um agente pode ser, por exemplo, obtida pela média das reputações do acusado e da testemunha.. A *reputação local* de um agente considera todas as normas violadas e todas as mentiras contadas por um agente em uma organização Org_n . Ao calcular a média, o peso das normas violadas pode ser diferente do peso das mentiras contadas por um agente.

Reputação por papel considera apenas as normas que foram violadas enquanto o agente desempenhava um papel específico e as mentiras contadas por ele enquanto desempenhava este papel. Para cada papel desempenhado, o agente tem uma reputação associada. A avaliação da reputação por papel é similar à avaliação das reputações locais, mas agora nós consideramos apenas as normas violadas enquanto o agente está desempenhando um determinado papel r . Utilizando a informação fornecida pela reputação por papel é possível saber se o agente é confiável ao desempenhar um papel. Por exemplo, é possível saber se a reputação de um agente é boa ou não como piloto de avião.

Reputação por norma se concentra na violação de uma norma e nos testemunhos mentirosos sobre uma norma. Reputações por norma são independentes do papel que está sendo desempenhado. Para cada norma do sistema os agentes têm uma reputação por norma. Utilizando as informações fornecidas pelas reputações por norma é possível saber se um serviço pode ser confiado ao agente. É possível saber se um motorista de táxi pode ser considerado de confiança ao dar informações sobre endereços de Nova Iorque.

3.5. Reunindo as Reputações dos Agentes

Como foi dito antes, assumimos que sistemas multi-agentes de larga escala são compostos por organizações. Dentro de cada organização existe um conjunto de papéis e normas pré-definidos. As normas definem as responsabilidades de cada papel. Os agentes podem desempenhar um ou mais papéis dentro das organizações e devem respeitar as normas. Uma organização pode definir diversas suborganizações, mas uma suborganização pode fazer parte apenas de uma superorganização. Cada organização define seu próprio conjunto de normas que devem ser obedecidas pelos agentes ao desempenhar papéis nela e também pelos agentes que desempenham papéis nas suborganizações. As normas definidas nas organizações também são válidas nas suas suborganizações. Além disso, a norma definida na suborganização não pode contradizer uma norma definida na sua superorganização. Normas das suborganizações podem apenas ser mais restritivas do que as normas das suas superorganizações.

A figura 6 ilustra as normas definidas em diferentes níveis de uma hierarquia organizacional. As normas 1, 2, 3 e 4 são definidas no primeiro nível da hierarquia representada pela organização Org1. Estas quatro normas devem ser obedecidas não apenas pelos agentes que estão desempenhando papéis na Org1, mas também pelos agentes que estão desempenhando papéis em todas as suas suborganizações, isto é, Org1.1, Org1.2 e Org1.2.1.

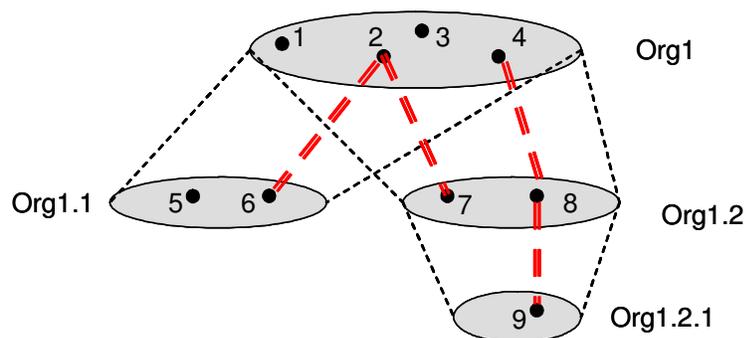


Figura 6. Hierarquia organizacional - Conjunto de organizações que compõem um sistema multi-agente

A norma 5 ilustra que as suborganizações podem definir suas próprias normas. As normas 6, 7, 8 e 9 exemplificam que as suborganizações podem refinar normas definidas nas suas superorganizações. Como consequência, os

agentes que desempenham papéis em Org1.2, por exemplo, devem obedecer de fato as normas 1, 7, 3 e 8.

As reputações dos agentes são avaliadas de acordo com as normas violadas nas organizações onde eles estão desempenhando papéis. Os três tipos de reputações definidos na seção 3.4 (reputações local, por papel e por norma) são utilizados para avaliar as reputações dos agentes em cada organização. Cada organização avalia os três tipos de reputações locais considerando suas próprias normas e as normas definidas nas suas superorganizações. Essas reputações não incluem as violações feitas nas suas suborganizações. Para considerar essas violações ao avaliar a reputação de um agente, outros três tipos de reputações estão disponíveis:

- i. A reputação global representa a média das reputações avaliadas em Org_x e em todas as suas suborganizações;
- ii. A reputação global por papel representa a média das reputações avaliadas enquanto o agente está desempenhando um determinado papel em Org_x e em todas as suas suborganizações; e
- iii. A reputação global por norma representa a média das reputações avaliadas de acordo com a violação de uma determinada norma em Org_x e em todas as suborganizações. Note que a norma deverá ter sido definida em Org_x ou então em uma das suas superorganizações.

Nas organizações que não possuem suborganizações, como por exemplo, a suborganização Org1.1, as reputações globais são iguais às reputações locais.

Normas definidas nas organizações que não estão na mesma hierarquia não influenciam a reputação dos agentes que estão desempenhando papéis nessas organizações.

Por exemplo, ao avaliar a reputação de um agente que está desempenhando um papel na organização Org1.2 as violações que este agente pode ter cometido enquanto desempenhava um papel na organização Org1.1 não influenciam sua reputação em Org1.2, mas irá influenciar sua reputação do ponto de vista de Org1.

3.6. Comparação com o Direito Penal Brasileiro

Segundo [5,30], **Direito Penal** é o conjunto de normas que o Estado emprega para prevenir ou reprimir os fatos que atentem contra a segurança e a ordem social, definindo as infrações, estabelecendo e limitando as responsabilidades e relacionando as sanções punitivas correspondentes.

O juiz estabelece a pena e a sua quantidade aplicável ao crime, dentro dos limites previstos na legislação, de acordo com as três fases descritas abaixo:

- 1 O resultado da primeira fase é chamado de pena base. O juiz calcula a quantidade da pena base atendendo aos oito critérios conhecidos como *circunstâncias judiciais*: São eles *culpabilidade, antecedentes, conduta social, personalidade, motivação, circunstâncias, conseqüências e comportamento da vítima*. Cada *circunstância judicial* pode elevar a pena mínima em até 1/8 da variação prevista no tipo penal. Por exemplo, no crime de lesão corporal seguida de morte (art. 129, § 3º do Código Penal) a pena mínima é de 4 anos e a máxima é de 12 anos de reclusão. A diferença entre os extremos é de 8 anos. Portanto, cada circunstância judicial tem peso de até 1 ano na fixação da pena-base.
- 2 Na segunda etapa são aplicados sobre a pena base os atenuantes e agravantes, diminuindo ou aumentando a pena base. Estes critérios são conhecidos como circunstâncias legais. As circunstâncias legais poderão provocar o aumento da pena base fixada, até no limite máximo previsto para o tipo do crime, ou até o limite mínimo, se atenuante. Uma das circunstâncias considerada como agravante é a reincidência, que acontece quando um agente comete novo crime. Neste caso a reincidência é considerada mesmo quando os crimes cometidos são diferentes. As circunstâncias legais consideradas como atenuantes acontecem quando: o infrator for menor de 21 ou maior de 70 anos, quando for constatado que o infrator desconhecia a lei, quando cometeu o crime por motivo de relevante valor social ou moral, se reparou o dano, se cometeu o crime sob coação, se confessou o crime espontaneamente, entre outras.
- 3 Na terceira etapa o juiz aplica as causas de aumento e diminuição da pena. Uma das principais causas de aumento da pena é o concurso formal, que

acontece quando o infrator comete em uma única ação mais de um crime, neste caso é aplicada a maior pena, referente ao crime mais grave e, além disso, a pena é aumentada em uma fração já definida por lei. Por outro lado o Juiz pode diminuir a pena, se o acusado apenas tentou executar o crime ou então se houve arrependimento posterior e ter se entregado antes de ter sido acusado.

Após estabelecer a pena e sua quantidade o juiz define o regime inicial de cumprimento da pena que pode ser fechado, semi-aberto e aberto. O regime de cumprimento da pena pode progredir na medida em que a pena é cumprida e pode regredir se houver novas infrações.

O modelo de reputação que estamos propondo para sistemas multi-agentes foi influenciado pelo Direito Penal do mundo real. A figura 7 mostra um comparativo entre as variáveis do modelo proposto e os critérios utilizados no Direito Penal.

No mundo real os limites mínimos e máximos da pena são fixados de acordo o crime cometido, enquanto que no mundo dos agentes a influência de uma violação na reputação de um agente é fixada de acordo com a norma violada através da variável *NormPower*.

Alguns critérios, do Direito Penal, utilizados na primeira etapa ao fixar a quantidade da pena base também estão presentes em nosso modelo. A *culpabilidade*, que representa a intensidade do dolo ou grau de culpa, está representada em nosso modelo pela variável *blamePercentage*. Os *antecedentes* falam sobre a situação pessoal de cada acusado, existência ou não de ações penais em curso ou condenações criminais ainda não transitadas em julgado. Embora o nosso modelo não leve em consideração os antecedentes criminais para definir a punição do agente, o subsistema de julgamento sim, uma vez que considera, dependendo da estratégia do julgamento, a reputação dos agentes envolvidos.

Na segunda etapa o Direito Penal aplica agravantes e atenuantes, aumentando e diminuindo a pena base. Uma pessoa é considerada reincidente quando comete um novo crime qualquer. Em nossa abordagem, consideramos um agente reincidente quando comete uma violação de uma mesma norma, já violada anteriormente por ele.

No mundo real alguns fatos podem atenuar a pena base, como o desconhecimento da lei por parte do acusado, o baixo grau de instrução, o arrependimento do infrator, confessando o crime, entre outros. Em nossa abordagem partimos do princípio de que todos os agentes conhecem as normas que se aplicam a eles e todos os agentes são iguais perante a lei, não levamos em consideração o grau de inteligência dos agentes. Porém se houver confissão do agente infrator estamos considerando a violação de norma será atenuada.

Não temos a pretensão de representar o processo de fixação de pena do Direito Penal em nosso modelo. Nossa abordagem apenas utiliza alguns aspectos do Direito Penal para obter um valor que represente uma violação de norma cometida por um agente.

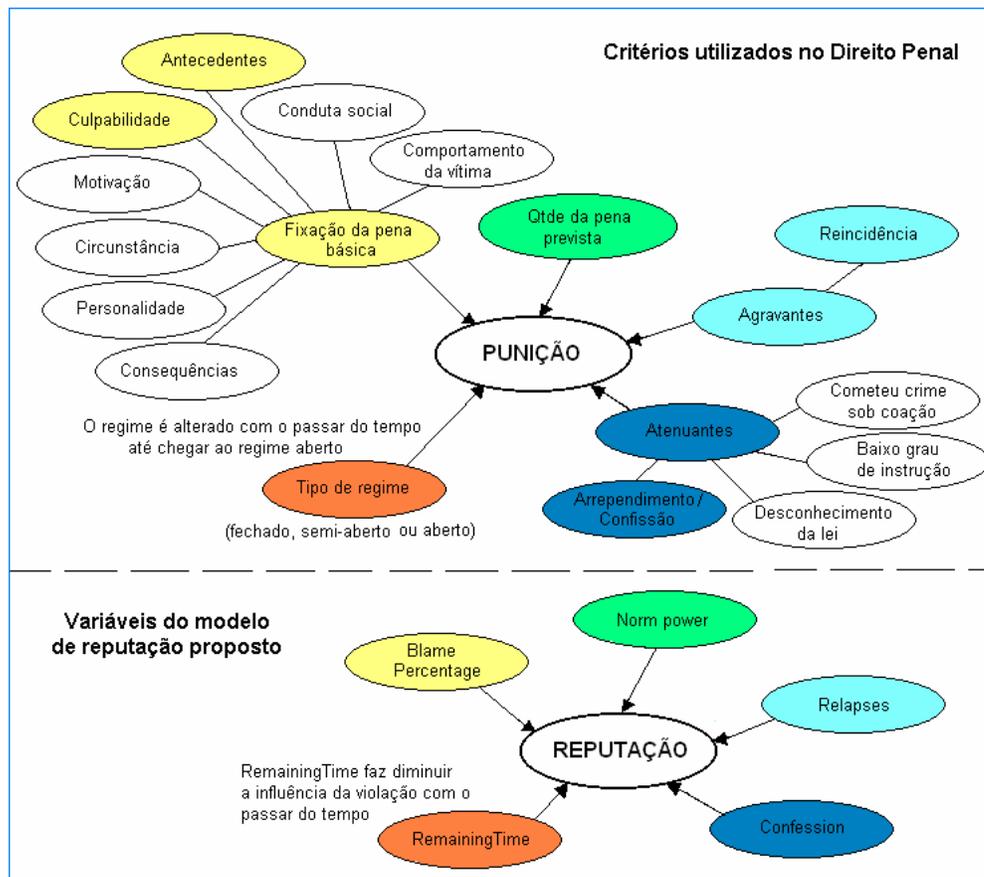


Figura 7. Comparativo entre os critérios utilizados no Direito Penal e as variáveis do modelo de reputação proposto