

## START-UP DA COQUERIA 3 DA USIMINAS – USINA DE IPATINGA<sup>1</sup>

*Heltom Muzzi Martins<sup>2</sup>  
Antônio Marcos de Oliveira<sup>3</sup>  
Tiago Neves de Almeida Gomes<sup>4</sup>  
Fernando Marcos Brasil Magalhães<sup>5</sup>*

### Resumo

Em 2004, a Usiminas decidiu implantar uma nova coqueria devido às constantes variações do preço do coque importado e em função das atuais coquerias não atenderem à demanda de coque dos altos-fornos. Além disso, a Coqueria 1 tem operado a mais de 40 anos e se encontra em fim de vida útil. Este trabalho apresenta as principais etapas do projeto de instalação da Coqueria 3, desde a fase de licitação até o *start-up* de suas duas Baterias (nº 5 e 6), que ocorreu em 2010. Apresenta ainda algumas melhorias e inovações tecnológicas implantadas para atender, principalmente, aos requisitos ambientais.

**Palavras-chave:** Nova coqueria; *Start-up*; Inovações tecnológicas; Requisitos ambientais.

### USIMINAS N.3 COKE OVEN PLANT START-UP – IPATINGA WORKS

### Abstract

In 2004, Usiminas has decided to construct a new coke oven plant due to constant fluctuating in the imported coke prices and the old batteries don't attain the blast furnaces coke demand. Besides, the N.1 Coke Oven Plant has been operating over a forty years and hence it is in end of life. This paper presents the main stages of construction of the N.3 Coke Oven Plant, since the bidding till the start-up of its two Batteries (N.5 and 6), occurred in 2010. It is also presented the improvements and technological innovations to comply mainly the environmental requirements.

**Key words:** New coke oven plant; *Start-up*; Technological innovations; Environmental requirements.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Gerência Geral de Redução; Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Metalúrgico, Gerência Técnica de Redução; Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Químico, Gerência de Carboquímicos; Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*

<sup>5</sup> *Engenheiro Metalurgista. Engenheiro de Produção Senior. Usiminas, Ipatinga, MG, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

No decorrer dos anos, investimentos foram realizados para a elevação da produção de aço na Usiminas, Usina de Ipatinga, sem, contudo, ter sido investido em novas coquerias, o que acabou levando a um déficit de coque. Este déficit era suprido pela compra de coque (importado), que chegou à ordem de 300 mil toneladas por ano, em 2001. A aquisição de coque era viável economicamente até 2003, quando o custo do produto importado ainda era competitivo em relação ao custo de produção do coque próprio.

Naquela época, a produção de aço no mundo aumentava e a China era responsável por cerca de 90% do coque comercializado internacionalmente. Como outros países, a China também vinha elevando sua produção de aço e passou então a reduzir a oferta de coque para exportação, acarretando uma elevação drástica do preço do coque no mercado internacional. Na Figura 1, pode-se visualizar a elevação do preço do coque exportado da China, FOB, com 12,5% de cinza.<sup>(1)</sup>



**Figura 1.** Evolução histórica do preço do coque importado.

O coque, que chegou a ser comprado a 120 US\$/t, ultrapassou a cifra de 400 US\$/t, no primeiro semestre de 2004. Em 2008, este fenômeno ocorreu novamente, quando o preço do coque ultrapassou 700 US\$/t.<sup>(1)</sup>

Por outro lado, a Usiminas possui duas coquerias antigas com uma capacidade instalada em torno de 1,7 milhão de toneladas de coque por ano, sendo que a Coqueria 1 já está operando a mais de 40 anos (*start-up*: 1962) e a Coqueria 2 ultrapassou os 30 anos de operação (*start-up*: 1974).

Neste cenário, a Usiminas decidiu então implantar o projeto de instalação da Coqueria 3, com uma capacidade nominal de 750 mil toneladas de coque por ano, que tem como objetivo principal substituir a Coqueria 1, em fim de vida útil, e suprir a parcela de déficit de coque, demandada pelos altos-fornos.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Licitação e Licenciamento Ambiental da Coqueria 3

No início de 2004, iniciaram-se os trabalhos de licitação da Coqueria 3. As propostas técnicas dos concorrentes foram analisadas entre 2004 e 2005. Como havia a necessidade de discutir e estabelecer, junto aos órgãos públicos, os padrões ambientais a serem observados na nova coqueria, os quais tinham relação direta

com as características do equipamento a ser adquirido, em meados de 2005, a Usiminas interrompeu a licitação.

O processo de licenciamento ambiental da nova coqueria foi elaborado conforme exigências da legislação em âmbito nacional<sup>(2)</sup> e estadual.<sup>(3)</sup> Baseando-se nas discussões que foram realizadas com representantes do órgão ambiental do Estado de Minas Gerais (FEAM), incluindo uma audiência pública (ocorrida em dezembro/2005), foi elaborado o EIA/RIMA (Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental). Paralelamente, foram discutidos os itens integrantes do Termo de Ajustamento de Conduta (TAC) com o Ministério Público.

Em julho de 2006, foi assinado o TAC com a Promotoria Pública do Meio Ambiente e em agosto de 2006, o COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental) emitiu a licença de instalação da Coqueria 3. Estes acordos contêm basicamente os limites estabelecidos para os parâmetros ambientais exigidos. Vale ressaltar que os limites definidos para tais parâmetros são equiparáveis àqueles exigidos em coquerias nos Estados Unidos e em países da Europa.

Em setembro de 2006, foram então retomados os trabalhos de licitação e em maio de 2007, o consórcio de origem chinesa *MCC/Minmetals* foi declarado vencedor da licitação, sendo o contrato assinado em 1 de junho de 2007.

## 2.2 Principais Fases do Projeto de Instalação da Coqueria 3

O projeto de instalação da Coqueria 3 tinha a duração prevista de 32 meses, a partir da assinatura do contrato, com o *start-up* programado de ambas as Baterias (nº5 e 6) para fevereiro de 2010.

A Coqueria 3 consistia basicamente de:

- duas baterias (6 metros de altura), com 40 fornos cada (baterias nº5 e 6);
- dois conjuntos de máquinas móveis (carro de carregamento, máquina desenfundadora, carro de transferência de coque e locomotiva/ vagão de extinção);
- duas torres de extinção de coque (a úmido);
- sistema de transporte de coque, interligado com o sistema existente (das Coquerias 1 e 2);
- sistema de tratamento primário de gás, constando de resfriadores de gás, precipitadores eletrostáticos, exaustores de gás, tanques de separação de licor amoniacal e alcatrão, incluindo sistemas de bombeamento;
- torre de resfriamento de água recirculada;
- sistema de refrigeração de água (Chiller);
- sistema de sopradores e despoeiramento de BFG (gás de alto forno);
- sala de controle central (operação do tratamento primário de gás, incluindo alguns equipamentos da coqueria);
- ampliação da unidade existente de absorção de amônia (1 torre de absorção);
- unidade de absorção de óleo leve (complementação da capacidade existente); e
- ampliação do destilador de amônia e da estação de tratamento biológico, para tratamento de efluentes da coqueria.

Na Tabela 1, apresenta-se as principais características da Coqueria 3, bem como das coquerias existentes.

**Tabela 1.** Características principais das coqueiras da Usiminas

<b>Características</b>	<b>Coqueira 1</b>	<b>Coqueira 2</b>	<b>Coqueira 3</b>
Capacidade de produção (t coque/ano)	540.000	1.100.000	750.000
Nº de baterias x nº de fornos	2 x 50	2 x 55	2 x 40
Volume útil por forno (m <sup>3</sup> )	18,35	37,60	38,50
Comprimento (m)	13,20	15,70	15,98
Altura (m)	4	6	6
Largura média (m)	0,40	0,45	0,45

O consórcio *MCC/Minmetals* tinha como principais empresas projetistas o instituto *ACRE (Anshan Coking Refractory Engineering)*, sediado na cidade de Anshan, e a *DHI-DCW (Dalian Heavy Industry)*, em Dalian, ambas na China. Basicamente, o instituto *ACRE* ficou responsável pela elaboração da engenharia de todos os equipamentos da coqueira, com exceção das máquinas móveis, que ficou a cargo da *DHI-DCW*. É importante ressaltar que todo o material refratário e equipamentos, incluindo estruturas metálicas, foram fabricados na China.

Em relação às obras, os trabalhos de escavação foram iniciados em 2008, assim como a obra civil da fundação das Baterias (Figura 2). Foram construídos galpões para possibilitar a montagem dos refratários (Figura 3), que iniciou em 2009.

Ainda em 2009, iniciou-se a montagem de todos os equipamentos periféricos da coqueira (Figura 4), tais como máquinas móveis (carros de carregamento, máquinas desenfundadoras, etc.), torre de extinção de coque, sistemas de transporte de carvão e coque, despoeiramentos, sistemas de tratamento primário de gás etc.



**Figura 2.** Obra civil da fundação das baterias.





**Figura 3.** Montagem dos refratários.



**Figura 4.** Montagem dos equipamentos periféricos da coqueria.

Ao final de dezembro de 2009, iniciou-se o processo de secagem e aquecimento (*heating-up*) da Bateria n°5, enquanto os equipamentos periféricos da coqueria continuavam sendo montados e testados.

A Bateria n°5 entrou em operação em 3 de julho de 2010. Em 21 de setembro de 2010, foi iniciada a operação da Bateria n°6, completando assim a principal etapa do projeto de instalação de uma nova coqueria na Usiminas (Usina de Ipatinga).

Durante a implantação da Coqueria 3, algumas dificuldades foram superadas, tais como:

- dificuldades de interpretação e revisão dos projetos, além da falta de projetos de montagem no momento adequado da obra;
- embalagem e transporte dos equipamentos inadequados, causando danos e corrosão nos mesmos, o que levou à necessidade de reposição e reparos (ex.: repintura); e
- deficiências de qualidade de equipamentos (ex.: bombas, cilindros hidráulicos, redutores, motores elétricos, válvulas, resfriadores de gás), que necessitaram passar por reparos ou substituição.

Por outro lado, vale ressaltar que, de uma forma geral, os equipamentos foram entregues dentro do prazo, apesar das dificuldades citadas.

Desde então, a Coqueria 3 (Figura 5) vem passando por uma fase de ajustes nos equipamentos, para possibilitar a produção a plena capacidade e o alcance total dos parâmetros de performance, incluindo os padrões ambientais exigidos.



Figura 5. Vista aérea da Coqueria 3.

Em maio de 2011, a Coqueria 3 atingiu um desenformamento médio de 92 fornos por dia, para uma capacidade de 101 fornos por dia. Em relação aos parâmetros de performance, os valores foram atingidos na maioria dos equipamentos, entretanto alguns ainda estão em fase de ajustes.

### 2.3 Melhorias e Inovações Tecnológicas Implantadas na Coqueria 3

Em relação às coquerias existentes (nº1 e 2), a Coqueria 3 possui diversas melhorias e inovações tecnológicas, que visam principalmente atender aos requisitos ambientais e também propiciar melhores condições de trabalho para os operadores.

A seguir, são apresentadas as principais características das instalações, desde o recebimento do carvão (*coal bunker*), passando pela estrutura da coqueria, até o tratamento primário de gás.

### 2.3.1 Baterias

Entre as Baterias, está instalado o *coal bunker*, que consiste de um silo de armazenamento de carvão com uma capacidade de 1.820 t de carvão. Este silo é equipado com um distribuidor rotativo (Figura 6) totalmente operado no modo automático, sem a necessidade de um operador no local, o que reduz a exposição deste aos particulados de carvão.



Figura 6. Distribuidor rotativo do *coal bunker*.

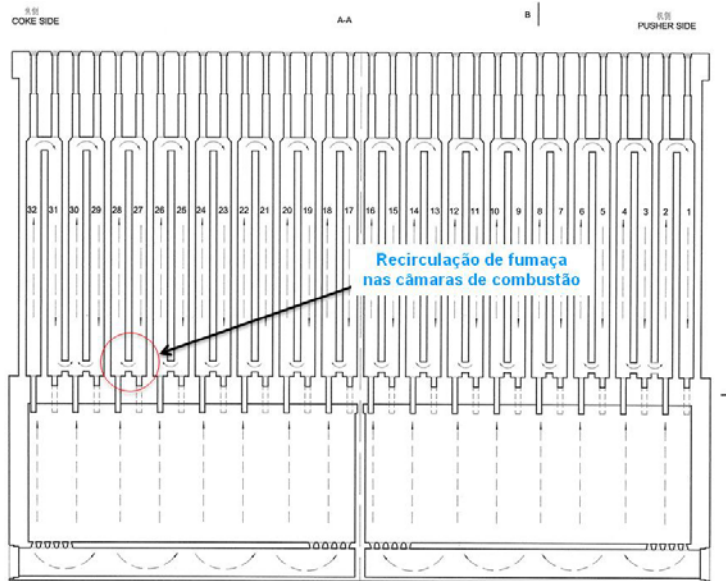
Os fornos possuem um sistema de aquecimento com alimentação de gás misto do tipo *gun*, injetado através das caixas de fumaça e de COG (gás de coqueria) tipo *underjet*. Consiste, portanto, de um sistema mais simplificado, com menor quantidade de equipamentos no subsolo da Bateria e consequente redução de riscos de vazamentos de gás, além de propiciar um melhor ambiente de trabalho.

As câmaras de combustão das paredes de aquecimento possuem uma abertura na sua base, para recirculação de fumaça (Figura 7), o que reduz a temperatura de chama do gás que aquece os fornos e, conseqüentemente, leva a uma redução nas emissões de NO<sub>x</sub>, através das chaminés das Baterias.

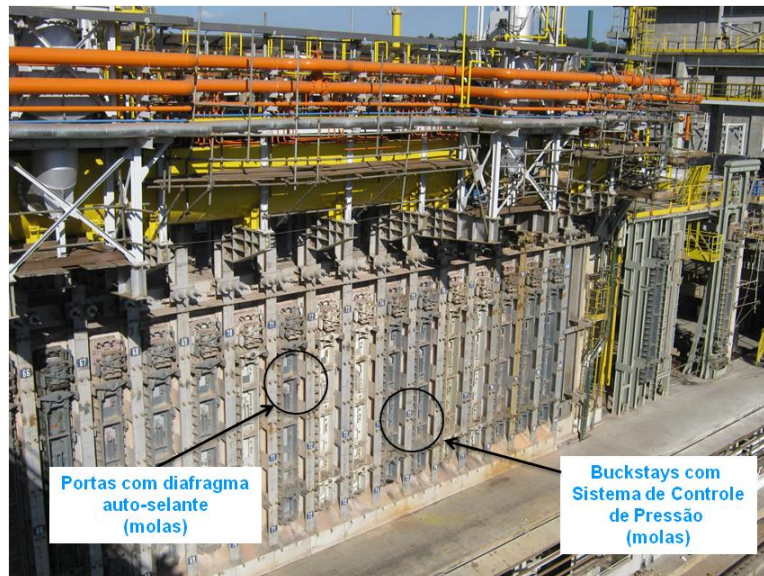
As portas dos fornos são do tipo diafragma auto-selante (Figura 8), flexível, cuja lâmina de vedação é pressionada por molas, com a função de exercer uma pressão constante e, por consequência, garantir a selagem, evitando emissões de gás cru durante os processos de carregamento dos fornos e de coqueificação.

Os *buckstays* (Figura 8) possuem molas (a cada 1 metro), permitindo o controle da pressão sobre a estrutura refratária em toda a altura da Bateria. Este tipo de amarração tem o intuito de evitar a expansão indesejada da Bateria, que reduz sua vida útil, além de ser um componente importante para evitar emissões de gás.





**Figura 7.** Recirculação de fumaça nas câmaras de combustão.



**Figura 8.** Portas e *buckstays* com controle por molas.

Os tubos de ascensão são dotados de mecanismos (Figura 9) que permitem a operação a partir do carro de carregamento. Esta máquina pode operar os dispositivos do tubo de ascensão, incluindo a tampa do tubo reto, a válvula de selagem da parte curva (*gooseneck*) e a válvula de alta pressão de licor amoniacal, reduzindo o esforço físico do operador e propiciando segurança operacional.





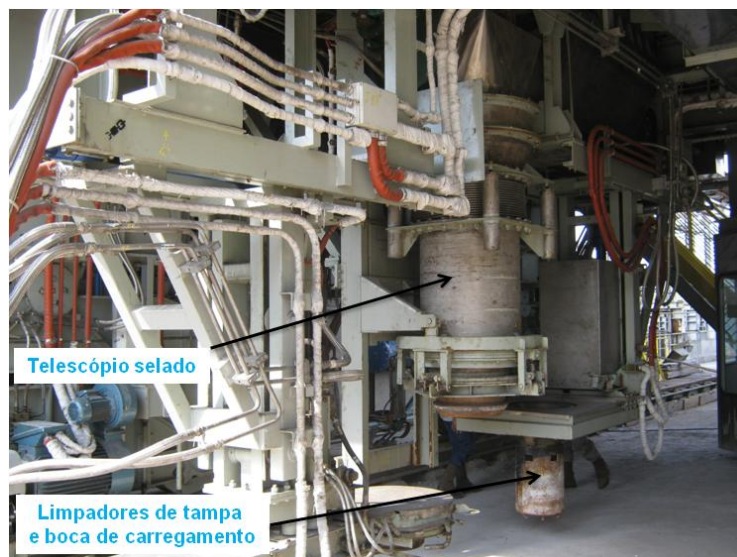
**Figura 9.** Mecanismos de operação dos tubos de ascensão.

### 2.3.2 Carros de carregamento

Os carros de carregamento (Figura 10) possuem mecanismos de enforamento selado.

Os telescópios têm capacidade de compensação de movimento na direção vertical e horizontal, o que permite a conexão nas bocas de carregamento com deslocamento até 30 mm além do projeto previsto. A máquina ainda possui limpador de bocas de carregamento/tampas (Figura 10) e sistema de enforamento com *screwfeeders*.

Estas características dos carros de carregamento possibilitam um carregamento com baixo nível de emissões e uma maior precisão no preenchimento do volume útil dos fornos, o que pode levar ainda a um ganho de produtividade.



**Figura 10.** Carro de carregamento com enforamento selado.

### 2.3.3 Máquinas desenforadoras e carros de transferência de coque

As máquinas desenforadoras (Figura 11) e os carros de transferência de coque possuem equipamentos relevantes do ponto de vista ambiental.



**Figura 11.** Máquina desenformadora.

Na parte superior do êmbolo e da barra niveladora, uma coifa faz a captação de material particulado, proveniente da operação de retirada de portas e nivelamento de carvão dos fornos, que é tratado em filtro de mangas.

Além disso, podemos destacar os limpadores de portas, também instalados nos carros de transferência de coque, com *sprays* de água de alta pressão (em torno de  $700 \text{ kgf/cm}^2$ ) e cortadores helicoidais, que realizam a limpeza das portas dos fornos na região das lâminas de vedação e lateral dos refratários, o que contribui consideravelmente para a redução de emissões de gás cru pelas portas.

Além disso, uma coifa cobre todo o vagão de extinção, com a função de captar e direcionar os particulados, provenientes da operação de desenformamento do coque, para um sistema de despoeiramento de alta capacidade ( $360.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ ), que faz o tratamento em um conjunto de filtros de manga (com 10 câmaras).

### **2.3.4 Rampas de coque**

As rampas de coque (Figura 12) possuem mecanismos de descarga automática (do tipo raspador). Este sistema evita a necessidade de um operador para realizar o manuseio de dispositivos de descarga de coque, tarefa que exige muito esforço físico do operador.



**Figura 12.** Rampas de coque.

### 2.3.5 Torres de extinção

As torres de extinção a úmido (Figura 13) possuem uma altura de aproximadamente 70 metros, maior do que as torres convencionais, em torno de 35 a 40 metros.

Em três níveis no interior da torre, estão instalados equipamentos de abatimento de material particulado, separados em dois estágios de limpeza. O primeiro estágio consiste de um sistema de tubos sprays de água para lavagem do vapor, gerado durante a extinção do coque. Em seguida, o vapor passa por dois conjuntos de chicanas, ou seja, chapas defletoras que retêm o material particulado antes de sair no topo da torre. Esta configuração permite a redução do material particulado em níveis muito baixos (< 50 g/tonelada de coque).



**Figura 13.** Torre de extinção de coque.

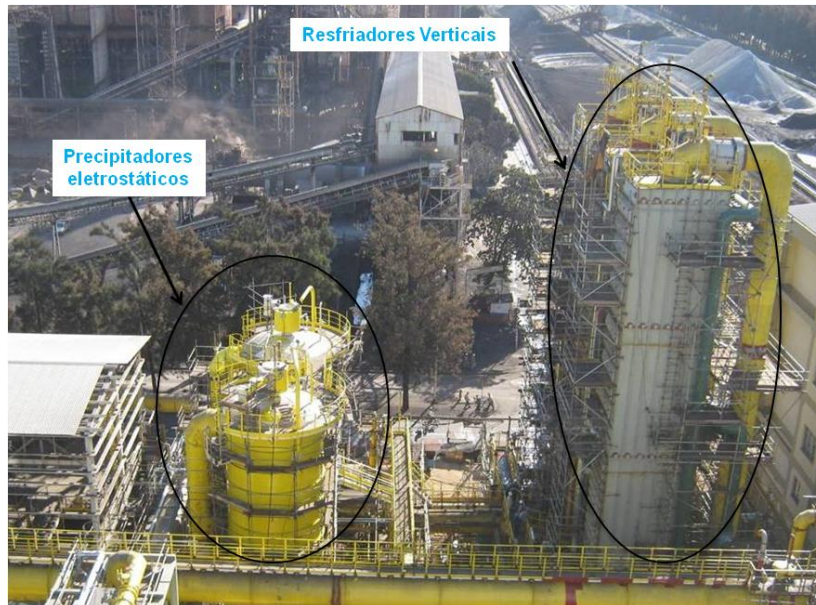
### 2.3.6 Resfriadores primários de gás

Os resfriadores primários de gás (Figura 14) são do tipo vertical e utilizam água recirculada (resfriada em torres com ventiladores) e água gelada (refrigerada em



*chiller* de absorção Li-Br). Desta forma, o gás de coqueria sai deste equipamento a uma temperatura abaixo de 22°C, o que permite uma maior pureza, em função da maior condensação do alcatrão e naftaleno nos resfriadores.

O COG mais limpo propicia uma considerável redução da necessidade de limpeza das tubulações dos consumidores deste gás, nos processos subsequentes da Usina.



**Figura 14.** Resfriadores primários de gás.

### 2.3.7 Sala de controle central

A maior parte dos equipamentos, em especial o Tratamento Primário de Gás, pode ser operado remotamente através de estações de operação, a partir de uma sala de controle central (Figura 15). Esta sala possui monitores de TV que permitem visualizar, através de câmeras, diversas partes da planta.



**Figura 15.** Sala de controle central.

### 3 CONCLUSÃO

A Coqueria 3 consistiu de um importante investimento para a Usiminas, possibilitando-a alcançar um patamar superior no que se refere às condições de trabalho para os operadores da coqueria, além de proporcionar melhores condições ambientais na área interna da empresa e na cidade de Ipatinga.

Além disso, a nova coqueria permite a empresa a caminhar na direção de suprir o déficit de coque importado, reduzir os custos de produção e melhorar a qualidade do produto oferecido para os altos-fornos.

### REFERÊNCIAS

- 1 CECIL, Ronnie. Recent trends and outlook in the steel and coke markets. **CRU Analysis**, out. 2009. Disponível em:  
<<http://www.steelconstruction.org/component/documents/?task=downloadDocument&doc=3685&file=3685>> Acesso em: 01 jun. 2011.
- 2 BRASIL. Lei Nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disposição sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação. Diário Oficial da União de 02/09/1981. Legislação Federal.
- 3 MINAS GERAIS. Decreto Nº 44.844, de 25 de junho de 2008. Estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades. Diário Oficial de Minas Gerais de 26/06/2008. Legislação Estadual.