



CONTRATO Nº 48000.003155/2007-17: DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA
ELABORAÇÃO DO PLANO DUODECENAL (2010 - 2030) DE GEOLOGIA,
MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME

SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E
TRANSFORMAÇÃO MINERAL-SGM

BANCO MUNDIAL

BANCO INTERNACIONAL PARA A RECONSTRUÇÃO E DESENVOLVIMENTO - BIRD

PRODUTO 34

CADEIA DE FERROLIGAS

Relatório Técnico 60

Perfil de Ferroligas

CONSULTOR

Paulo Von Kruger

PROJETO ESTAL

PROJETO DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO SETOR DE ENERGIA

Agosto de 2009

SUMÁRIO

1. SUMÁRIO EXECUTIVO	3
2. APRESENTAÇÃO.....	4
3. A INDÚSTRIA DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO NO BRASIL : SUAS CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE.....	5
3.1. PRELIMINARES	5
3.2. LOCALIZAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DA INDÚSTRIA DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO	11
3.3. PARQUE PRODUTIVO	13
3.4. RECURSOS HUMANOS.....	36
3.5. ASPECTOS TECNOLÓGICOS	37
3.6. ASPECTOS AMBIENTAIS	40
4. USOS DAS FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO.	45
5. CONSUMO ATUAL E PROJETADO DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO	45
6. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO	46
7. PROJEÇÃO DAS NECESSIDADES DE RECURSOS HUMANOS.....	50
8. ARCABOUÇO LEGAL, TRIBUTÁRIO E DE INCENTIVOS FINANCEIROS E FISCAIS	53
9. ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA	53
10. CENÁRIO PARA 2030.....	53
11. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES.....	55
12. BIBLIOGRAFIA.....	56
13. ANEXOS	57

1. SUMÁRIO EXECUTIVO

Na maior parte das abordagens, o ano de 2007 é usado como referência da situação atual, uma vez que tanto 2008, quanto 2009 são anos atípicos, podendo levar a uma visualização irreal do setor.

O Brasil ocupava, em 2007, a sexta posição no ranking dos produtores de ferroligas e a terceira no de silício metálico.

A grande alavancagem deste segmento decorre da conjugação de vários fatores. Do lado das ferroligas, pode-se relacionar a expansão do parque siderúrgico, a disponibilidade de matérias primas e a disponibilidade de energia elétrica. No que se refere ao silício metálico, destacam-se a expansão da indústria de alumínio primário, as grandes reservas de quartzo de alta pureza, a possibilidade de produzir redutor de baixa cinza (carvão vegetal) e a disponibilidade de energia elétrica. Complementando este elenco de fatores favoráveis, o programa de incentivos implementado pelo Governo, incentivou e viabilizou os empreendimentos.

Ao crescimento intempestivo que caracterizou os anos iniciais, sucedeu um período de ajustes, decorrentes de oscilações da demanda, mudança da política de incentivos, exigências ambientais e abertura do mercado, que culminou com a desativação de várias instalações. Na realidade, estes ajustes se constituíram em uma depuração do setor, agora consolidado e amadurecido.

Atualmente são produzidas ligas à base de manganês, silício (incluído o silício metálico), cromo, níquel e algumas ferroligas especiais e inoculantes. O destaque para as ferroligas especiais é para o ferro-nióbio.

Em 2007 a produção (todas as ligas) foi de 1.020 mil toneladas, das quais 341 mil foram exportadas. Considerando uma importação de 90 mil toneladas e os respectivos valores, a balança comercial é favorável ao Brasil em US\$1,2 bilhões.

A produção de silício metálico, no mesmo período, foi de 225 mil toneladas, das quais 203 mil foram destinadas ao mercado externo. Considerando a importação de 12 mil toneladas, a balança comercial, referente a este produto foi de US\$348 milhões.

A produção é realizada por 21 empresas, operando 30 plantas, com cerca de 100 fornos, distribuídas em sete estados.

Todas as usinas, com exceção de duas, operam com fornos elétricos e, assim, a disponibilidade e custo da energia elétrica é fator decisivo para a implantação/expansão de empreendimentos, neste segmento.

Além disto, em se tratando de um produto intermediário, a sua evolução é totalmente dependente dos setores usuários. No caso das ferroligas, os setores siderúrgico, incluindo a fundição é, praticamente, o único consumidor e, o silício metálico se distribui entre o setor alumínio, e químico, com ênfase nos silicões.

Assim, as expansões previstas, são avaliadas em conformidade com as daqueles setores (ver os relatórios técnicos RT 58 e RT 62).

Admitindo que as demais condições (matérias primas e energia elétrica) são atendidas, a produção para atender o mercado interno e manter os patamares de exportação, deverá se situar em 2.100 mil toneladas. Disto resulta um aumento de empregos diretos da ordem de 10.000 pessoas.

Os investimentos necessários, admitindo que parte será na forma de expansões de instalações existentes e parte será pela implantação de novas unidades, é estimado em cerca de US\$900 milhões.

A produção de silício metálico em 2030, estimada em conformidade com as expectativas de crescimento das produções de alumínio e silicões será de 460 mil toneladas, ou seja, 260 mil a mais do que a atual. Este valor considera que as vendas externas se manterão com a mesma participação atual.

A potência requerida para as novas unidades será de 490 MVA, chegando a um valor total de 980 MVA. As necessidades de mão de obra aumentarão em 100%, chegando a três mil empregos diretos.

Estes e outros números, mostrados ao longo do trabalho, são referidos ao “Cenário Vigoroso”.

2. APRESENTAÇÃO

O objetivo do presente trabalho é o de caracterizar o setor de ferro-ligas no Brasil, considerando a sua evolução histórica e tendências, dentro dos enfoques tecnológico, econômico, ambiental, mercadológico etc.

Ferro-ligas são produtos intermediários onde além do elemento de liga, contém quantidades significativas de ferro. Esta característica direciona este tipo de produto para aplicações onde a presença do ferro não é preferencial. Decorre daí o fato de o setor siderúrgico (incluindo fundição de ferro e aço) ser o quase exclusivo mercado das ferro-ligas. Algumas exceções encontradas, principalmente no caso do silício, não invalidam a regra.

O segmento brasileiro de ferro-ligas é razoavelmente diversificado e ocupa uma posição de destaque no cenário mundial. Dentre os fatores que conduziram a esta condição, relaciona-se a disponibilidade de matérias primas com qualidade e custo convenientes, a distribuição/localização favorável dos jazimentos, a disponibilidade de energia elétrica e o grande crescimento do mercado interno, decorrente da expansão do segmento siderúrgico.

Esta análise inclui o segmento silício metálico (grau metalúrgico e químico) e exclui o ferro-níquel. A inclusão do primeiro se justifica pela pouca definição da interface entre este e o das ferroligas. Com efeito, os fornos/instalações são bem semelhantes, ocorrendo em muitos casos, troca de produto – várias usinas praticam isto. As estruturas empresariais, as matérias primas e redutores são as mesmas, assim como a sua comercialização. A exclusão do níquel decorre de , neste Projeto, estar incluído um Relatório Técnico específico para este setor (RT)

No desenvolvimento, estes e outros aspectos serão abordados e analisados e serão subsídio para a identificação das tendências, limitações e vantagens competitivas referentes a cada uma das ligas consideradas.

Em se tratando de um setor bastante diversificado, com vários produtos, abordagens de caráter geral são menos aplicáveis, exigindo tratamentos diferenciados para cada produto ou grupo de produtos. Isto, naturalmente, exige um maior detalhamento, do que resulta em uma extensão maior do desenvolvimento do trabalho. Objetivando evitar um crescimento exagerado do documento, foram feitas algumas simplificações, que tornam o trabalho mais compacto, sem perder a representatividade.

Estas são a de restringir a abordagem às ligas produzidas no país, incluído o silício metálico e, dentre estas, fazer um detalhamento mais aprofundado dos grupos que, no seu conjunto, correspondam a, no mínimo., 90% da produção total. As demais serão avaliadas de uma forma mais expedita.

3. A INDÚSTRIA DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO NO BRASIL : SUAS CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO RECENTE.

3.1. Preliminares

3.1.1. Histórico

As primeiras experiências brasileiras na fabricação de ferroligas ocorreram no século XVIII, mas só se tornaram possíveis no começo do século XX, em 1906: em um pequeno laboratório da Escola de Minas, na cidade de Ouro Preto, Minas Gerais; quando foi produzido ferro manganês. Essa experiência utilizou um forno de potência equivalente a seis chuveiros elétricos.

A partir daí foi implementada uma instalação maior, que incluía um novo forno de maior capacidade. Esta mesma instalação produziu ferro manganês para as oficinas da rede ferroviária, por ocasião da Primeira Guerra Mundial, quando houve desabastecimento de material importado.

Em 1919, porém, as experiências em fornos elétricos foram canceladas e a Usina da Escola de Minas foi desativada.

Um período de estagnação se sucedeu, perdurando até a década de trinta, quando surgiram as primeiras iniciativas de produção industrial de ferroligas. Nessa época, as necessidades brasileiras eram supridas, até então, quase que exclusivamente por importações.

As principais limitações eram a baixa disponibilidade de energia elétrica. Além disto, até a metade do século XX, o mercado interno era pequeno.

Esta fase pioneira da indústria de ferroligas é caracterizada pela instalação de pequenas empresas conjugadas com instalações hidrelétricas. Deste período destacam-se quatro empresas: a CBCC - Cia.

Brasileira de Carbureto de Cálcio, a Cia. Nickel do Brasil, a Elquisa-Eletroquímica Brasileira SA e a Cia. Nacional de Ferroligas.

A Cia. Brasileira de Carbureto de Cálcio, fundada em 1912, em Santos Dumont, no

Estado de Minas Gerais, foi a primeira indústria eletroquímica da América Latina, na produção desse material. Em 1933, com a construção de uma barragem e com a ampliação da capacidade geradora, a CBCC instalou um novo forno, com o qual, a partir de 1935, a empresa iniciou sua produção de ferro-ligas. As primeiras ligas foram ferro manganês alto carbono e ferro silício 45%.

A Cia. Nickel do Brasil é uma das mais antigas. Constituída em 1932, em Liberdade, no sul do Estado de Minas Gerais, sendo o seu forno elétrico considerado o primeiro desse tipo instalado no Brasil para a produção comercial de ferroligas.

A Elquisa, fundada em 1934, na localidade de Saramenha, em Ouro Preto, passou a produzir, a partir de 1940, ferro manganês e, posteriormente, ligas de silício e, mesmo, ligas de cromo. Seus fornos eram monofásicos.

A Cia. Nacional de Ferroligas, fundada em 1940, foi a primeira a manter uma linha de produção em caráter industrial e permanente. Sua localização foi definida em função do suprimento de energia elétrica e pela proximidade dos centros consumidores, fator que era mais relevante do que hoje, pela precariedade da infraestrutura, na época.

O advento da Cia Siderúrgica Nacional foi o primeiro impulso significativo para a alavancagem do setor.

Mas o grande estímulo ao seu crescimento se deu no início da década de 1970 e no final de 1980, com os grandes empreendimentos hidroelétricos e a expansão da grande siderurgia. Nesse

período, em função da disponibilidade de energia elétrica, crescimento do mercado e a já preexistente disponibilidade de matérias primas, o setor realizou investimentos que o levaram à 4ª posição como produtor mundial e à 3ª como exportador mundial.

Nas décadas de 70 e 80, além dos fatores já alinhados, acrescentou-se uma política de incentivos que viabilizou um número considerável de projetos, não só neste, mas em todos os segmentos industriais.

Dentre estes favorecimentos, dois merecem destaque especial – o *CIP** e o critério do “Similar Nacional”, já que caracterizam bem a política das época e suas conseqüências.

O CIP, Conselho Interministerial de Preços, estabelecia o preço para o produto, a partir de planilhas de custos fornecidas pelos produtores ao qual era acrescida da margem de lucro, que era negociada.

O critério “Similar Nacional” era aplicado quando havia solicitação de importação de uma liga. Os fabricantes nacionais eram consultavam e se informassem que produziam algo similar, a importação não era autorizada.

Se por um lado estes dois fatores estimularam a implantação de projetos (lucro e mercado garantidos), por outro engessou o desenvolvimento tecnológico, já que não havia maior motivação de se buscar melhoria de qualidade e redução de custos. No caso do mercado externo, as altas cotações do dólar favoreciam a competitividade.

No período subsequente, os preços da energia elétrica se elevaram a patamares em que ela deixou de ser uma vantagem competitiva, houve a abertura do mercado e a estabilização da moeda e desvalorização do dólar. Outros custos também se elevaram, como a mão de obra.

Paralelamente, a indústria siderúrgica também se desenvolveu e se tornou mais sofisticada, com maiores exigências com respeito à qualidade.

Em relação à condição anterior o setor foi impactado e muitas unidades foram desativadas e as demais tiveram que rever radicalmente o seu *modus operandi*. Verificaram-se melhorias nos índices de produtividade e qualidade dos produtos.

Atualmente, apesar de ter perdido algumas posições no *ranking* internacional, o setor se encontra num estágio de maturidade e desenvolvimento equiparado com as referências mundiais e, deste modo, está apto para evoluir qualitativa e quantitativamente, em atendimento às demandas futuras.

Atualmente a capacidade total de produção do setor produtor de ferroligas (incluindo o silício metálico) é de aproximadamente 1,2 milhões de toneladas/ano, com cerca de 100 fornos em operação e ocupa a sexta posição entre os produtores.

3.1.2. Caracterização dos produtos

Numa primeira abordagem, dois aspectos da indústria metalúrgica são relevantes ao setor ferro-ligas.

Um primeiro contempla o fato que na maior parte das aplicações, as propriedades de metais puros são insuficientes ou, mesmo, inconvenientes, para atender ao requerido para aquele emprego. Com isto, ao metal base são adicionados componentes que, combinados com aquele, corrigem, conferem ou potencializam propriedades desejadas.

O outro fato é que na produção do metal primário alguns componentes indesejados são a ele incorporados, em decorrência das características dos processos de redução e refino. A sua remoção ou neutralização é levada a efeito com o concurso de elementos que, reagindo com estes componentes, eliminam seu efeito deletério.

Estes usos são particularmente intensivos nos setores siderúrgicos e de fundição.

O quadro 3.1 relaciona os principais elementos empregados naqueles segmentos, assim como as propriedades que eles conferem ao produto e/ou seu papel no processo.

Quadro 3.1 – Elementos de liga – Caracterização e efeitos objetivados

Elemento	Ponto de fusão	Densidade	Efeito objetivado	
	° C		kg/dm ³	No processo
Silício	1414	2,37	De-O, R	D, RM, RC, PE
Manganês	1244	7,30	De-O, De-S	D, RM, RC, RD
Cromo	1900	7,19		D, RM, RC, RD, RAT
Níquel	1440	8,89		RC, PM, ET
Vanádio	1900	6,11		RAT, D, RI, RF
Tungstênio	3400	19,32		D, RAT
Titânio	1800	4,50	De-O, De-N	ECr, RAT, PM
Molibdênio	2620	10,20		D, RAT, RC, RE
Boro	2300	2,30	De-O	D, RM
Nióbio	2500	8,57		RM ; RBT, S, P
Zircônio	2000	6,50	De-O, De-S	De-N
Cálcio	840 (eb1484)	1,60	De-S	CMI
Magnésio	650 (eb1107)	1,74	De-S, De-O	NG
Fósforo	44 (eb280)	1,82		FM

De-O = desoxidante ; R = redutor ; D = dureza ; RM = resistência mecânica ;
 RC = resistência à corrosão ; PE = perdas elétricas ; De-S = dessulfurante ;
 RD = resistência ao desgaste ; RAT = resistência em altas temperaturas ;
 PM = permeabilidade magnética ; DT = expansão térmica ; RI = resistência ao impacto ; RF = resistência à fadiga ; De-N = desnitretante ; ECr = estabilização do cromo (inox) ;
 RE = resistência ao envelhecimento ; RBT – resistência em baixas temperaturas ;
 S = soldabilidade ; P = plasticidade ; CMI – controle de morfologia de inclusões ;
 NG = nodulizante do grafite ; F – fluidificador do metal

Os elementos em azul são os produzidos no Brasil, na forma de ferro-ligas. Os em verde são os que ou têm uma produção incipiente, ou que têm um bom potencial para virem a ser produzidos.

O quadro não pretende esgotar todas as possibilidades nem todos os elementos, mas o apresentado já permite visualizar a ampla gama de aplicações dos elementos selecionados.

Teoricamente, não haveria restrições à introdução de tais elementos ao metal na sua forma pura, mas isto encerra algumas implicações de natureza técnica, operacional, econômica e ambiental que podem tornar a prática proibitiva, ou altamente inconveniente.

Dentre estas são destacadas algumas, relacionadas a seguir.

Matérias primas – Para muitos elementos de liga, a estrutura mineralógica dos seus minérios já contém ferro, que se incorpora ao metal e cuja remoção exige processos complexos e onerosos. Quando o ferro incorporado se constitui em uma impureza, e o valor agregado do produto resultante é compatível, a obtenção do elemento puro se justifica. Porém, no caso dos setores siderúrgico e de fundição o ferro não é contaminante e, portanto, não há razão de se remove-lo. Com isto, é produzida uma liga de ferro com o elemento de liga, cujo custo é sensivelmente menor que o do caso anterior. São exemplos disto os minérios de manganês, cromo, níquel, titânio, vanádio e níobio.

Propriedades físicas

Ponto de ebulição – Alguns elementos têm um ponto de ebulição muito baixo o que leva a perdas, tanto na fabricação, quanto na aplicação final, se ele for usado na forma pura. Paralelamente as emissões gasosas resultam em problemas ambientais. Na forma de ligas com o ferro, tais elementos são estabilizados, resultando em maiores rendimentos tanto na extração, quanto na incorporação. Para tal, nos processos de fabricação, é feita a adição deliberada de fonte de ferro (sucata ou minério) na carga do forno. São exemplos desta condição, o cálcio, o magnésio e o fósforo.

Ponto de fusão – Certos elementos têm um ponto de fusão muito elevado, o que implica em maior consumo de energia para o processo de redução e separação do metal da escória. Do lado do uso, sendo a temperatura de fusão alta, o processo de incorporação é mais lento e exige a utilização mais prolongada de dispositivos para agitação do banho. Com a adição de ferro, a temperatura de fusão da liga é menor, reduzindo as necessidades energéticas e a sua incorporação no aço é mais rápida e eficaz. Os elementos que se enquadram nesta condição, são, o tungstênio, o molibdênio, o boro o nióbio e o zircônio.

Densidade – No caso de densidades baixas (em relação ao aço), o elemento de liga tende a flutuar, ficando sujeito à oxidação pelo ar, além de exigir uma agitação mais prolongada e mais enérgica. Neste caso, estão o silício, o titânio, o boro, o cálcio, o magnésio e o fósforo. No caso de densidade mais alta, o elemento de liga tende a decantar, exigindo agitação vigorosa e prolongada. Estes são os casos do tungstênio e molibdênio.

Apesar de simplificadas, estas considerações demonstram a grande conveniência de se dispor de fontes de elementos de liga na forma de ligas com o ferro – as denominadas **ferro-ligas**.

As características destas ligas podem variar dentro de faixas relativamente amplas, tanto em função do uso final, quanto da matéria prima disponível e redutor empregado.

As características básicas das principais ligas são apresentadas no desenvolvimento.

Ligas de Silício

As ligas de silício são classificadas em função do seu teor em silício. A estas é acrescido um outro produto que é o chamado Silício Metálico, que não é uma . Apesar de quimicamente ser diferente dos ferros-silício, o processo de produção e o equipamento são parecidos e a sua produção está inserida dentro da estrutura do setor.

O quadro 3.2 mostra as características destes produtos

Quadro3.2 – Ferro ligas de silício e silício metálico

	Si	C	S	P	Al	Fe	Ti	Ca
Si met	98 min				0,8max	0,7max		0,5max
FeSi90	89 min		0,02max	0,03max	3,0max	balanço		
FeSi75	74-78	0,1max	0,03max	0,05max	2,5max	balanço	0,2max	1,0max
FeSi45	41-47		0,03max	0,05max	2,0max	balanço		

As tolerâncias variam dentro de faixas bastante amplas, em função das exigências do produto final. Quando necessário, a liga passa por uma etapa de refino, pós o forno de redução.

No Brasil são produzidos o Silício Metálico e o Ferro-Silício 75. A liga Ferro-Silício 45 também é produzida, mas em caráter eventual.

O Silício metálico é dividido em três categorias, em função das suas características químicas que, por sua vez, indicam o campo de aplicação do produto.

Assim, o silício Grau Metalúrgico é usado na fabricação de ligas não ferrosas (Al, Cu, ...), o Grau Químico é direcionado para a fabricação de silicone (dentre outros) e o Grau Solar, mais sofisticado, que é fonte primária de silício para painéis solares, componentes eletrônicos.

Cálcio-Silício

A composição típica desta liga é a mostrada no quadro3.3

Quadro3.3 – Liga Cálcio-Silício

	Si	Ca	Ba	Mn	Al	Fe	C
CaSi	61	31	0,24	0,18	0,3-0,7	Balanço	024-048

Estes valores, indicativos, representam características típicas do produto, podendo variar em função das matérias primas disponíveis.

O Brasil tem duas unidades produtoras de cálcio-silício.

Ligas de Manganês

Existem três tipos de ligas de manganês, em função dos teores de carbono e silício.

Assim existem as ligas com alto teor de carbono e as com baixo e médio teores. São, respectivamente, o Ferro Manganês Alto Carbono (FeMnAC) e o Ferro-Manganês Baixo/Médio Carbono. O terceiro tipo corresponde às ligas que, além do manganês, tem quantidades importantes de silício. São as ligas Ferro Sílico-Manganês.

O quadro 2.4 mostra as características destas ligas

Quadro3.4 – Ferro ligas de manganês

	Mn	C	Si	P	S	Fe
FeMnAC	74-78	7,0	1,0max	0,38max	0,03max	balanço
FeMnMC	80	0,5	2,5max	0,30max	0,03max	balanço
FeMnBC	80	3,0max	2,0max	0,30max	0,03max	balanço
FeSiMn	65	3,0max	12-20	0,2max	0,03max	balanço

Os teores de manganês dependem da relação Mn/Fe na carga e, conseqüentemente, dos teores destes elementos no minério.

No Brasil são produzidas as ligas de alto e médio carbono e as ligas sílico-manganês.

Apesar de as ligas FeMnAC serem mais fáceis de produzir e mais baratas, as ligas FeSiMn constituem a maior parcela, tanto no Brasil, quanto do mundo. Isto decorre da maior flexibilidade no que se refere ao minério e ao seu excepcional desempenho na desoxidação do aço. Além disto, é uma liga tipicamente de médio teor de carbono.

Ligas de cromo

Na forma de ferro-liga o emprego predominante do cromo é na produção dos aços inoxidáveis – cerca de 70%.

A exemplo do manganês, pode-se considerar que os tipos de liga são similares.

Deste modo, as ligas com alto teor de carbono, são as ligas Ferro Cromo Alto Carbono (FeCrAC) e as com carbono mais baixo são o Ferro Cromo Médio Carbono (FeCrMC) , Baixo Carbono (FeCrBC) e Extra baixo Carbono (FeCrEBC). Às ligas com altas concentrações de silício dá-se a denominação de Ferro Sílico Cromo (FeSiCr).

O quadro 3.5 relaciona as diversas ligas de cromo produzidas.

Quadro 3.5 – Ferro ligas de cromo

	Cr	C	Si	P	S	Fe
FeCrAC	65	6,5-8	1,5-2,0	0,06max	0,06max	balanço
FeCrMC	65	1,0-2,0	2,0max	0,04max	0,06max	balanço
FeCrBC	65	0,1-0,5	2,0max	0,03max	0,06max	balanço
FeCrEBC	65-68	0,01-0,06	0,8-1,5	0,03max	0,06max	balanço
FeSiCr	30-45	0,1-3,0	18-40	0,06max	0,04max	balanço

No Brasil são produzidos todos os tipos de liga. A liga FeSiCr não é comercializada (no Brasil) – a sua produção é cativa para a produção da ligas de baixo carbono.

Em relação ao manganês, nota-se uma ênfase maior nos ligas de carbono mais baixo. Isto se explica pelo fato de a principal destinação ser a produção de aço inoxidável, tipicamente baixo carbono.

Ligas Ferro-Níquel

As ligas ferro-níquel constituem uma das alternativas de recuperação do metal de minérios lateríticos. A seleção desta rota depende de uma série de fatores, com destaque da natureza e concentração dos diversos componentes constituintes do minério.

São denominados ferro-níquel as ligas com teor do metal acima de 20%. Com teores mais baixos, o produto é denominado gusa níquelífero.

A análise destas condições é complexa e envolve a avaliação das demais alternativas. Dada esta abrangência, esta liga será analisada em relatório específico do níquel (RT64).

No presente documento, ele só será contemplado quando necessário para caracterizar o conjunto do setor.

O Brasil tem uma unidade em produção e três em construção.

Liga Ferro-Nióbio

A composição típica desta liga é a mostrada no quadro 3.6

Quadro 3.6 – Ferro-Nióbio (típico)

	Nb	C	Si	P	Al	S	Fe
FeNb	64-66	0,09	2,70	0,02	1,30	0,006	Balanço

O Brasil é, de longe, o maior produtor mundial desta liga, participando com 95% do mercado.

Tem duas unidades produtoras.

Ferro-Fósforo

O ferro-fósforo é, usualmente, um sub produto de um outro processo.

Uma composição típica do ferro-fósforo é a mostrada no quadro3.7

Quadro 3.7 – Ferro-Fósforo (típico)

	P	C	Si	P	Al	S	Fe
FeP	20-30	0,50	2,0max	0,05max	4,0max	0,10max	Balanço

No Brasil há três unidades industriais onde o ferro-fósforo é produzido como sub-produto.

Ferro Vanádio

Uma composição típica desta liga é a mostrada no quadro 3.8

Quadro 3.8 – Ferro-Vanádio (típico)

	V	C	Si	Mn	Ti	V	Fe
FeV	65-80	0,20	3,0	4,5	1,0	1,0	Balanço

A produção de vanádio no Brasil é incipiente, mas há um empreendimento de porte em implantação.

As ligas aqui caracterizadas correspondem àquelas que são produzidas no Brasil, em escala significativa ou, no caso do Vanádio, o serão em futuro próximo.

3.2. Localização e Distribuição da Indústria de Ferroligas e Silício Metálico

O parque produtor brasileiro é constituído de trinta unidades produtoras.

Para se ter uma melhor idéia da distribuição geográfica das empresas, o seu conjunto é apresentado na figura 3.1. Na figura estão, também mostradas quatro unidades, em cinza, que ainda estão na fase de projeto/construção. Além disto, algumas unidades mostradas estão temporariamente paralisadas, em decorrência da crise, mas com a expectativa de serem reativadas com a normalização do mercado. Unidades paralisadas em caráter permanente, não foram consideradas. Finalmente, algumas unidades menores, menos relevantes, não foram plotadas, para evitar um congestionamento maior da figura.

O mapa destaca a grande concentração de unidades em Minas Gerais, a concentração de produção de silício e ligas no Norte de Minas e a concentração de unidades produtoras de ferro-níquel em Goiás. Observa-se, ainda, um grande número de unidades produtoras de ligas de manganês, também em Minas Gerais.

Estes aspectos serão analisados no desenvolvimento do trabalho, mas, em grandes números, pode-se dizer, que:

- a grande concentração de unidades é uma decorrência natural da vocação do estado que, com as suas grandes reservas de minério de ferro, estimulou a implantação de usinas siderúrgicas, que são os principais usuários das ferro-ligas. Além disto a sinergia advinda da existência de grandes reservas de manganês e quartzo grau metalúrgico alavancou a implantação de unidades produtoras dos dois tipos de liga predominantes

- os incentivos na área mineira da SUDENE, aliada à existência de grandes reserva de quartzo de alta pureza, no Norte de Minas e interior da Bahia, além do potencial florestal da região e, finalmente, a disponibilização, em quantidade e custos convenientes da energia elétrica da CHESF, estimulou a implantação de unidades produtoras de silício e suas ligas.

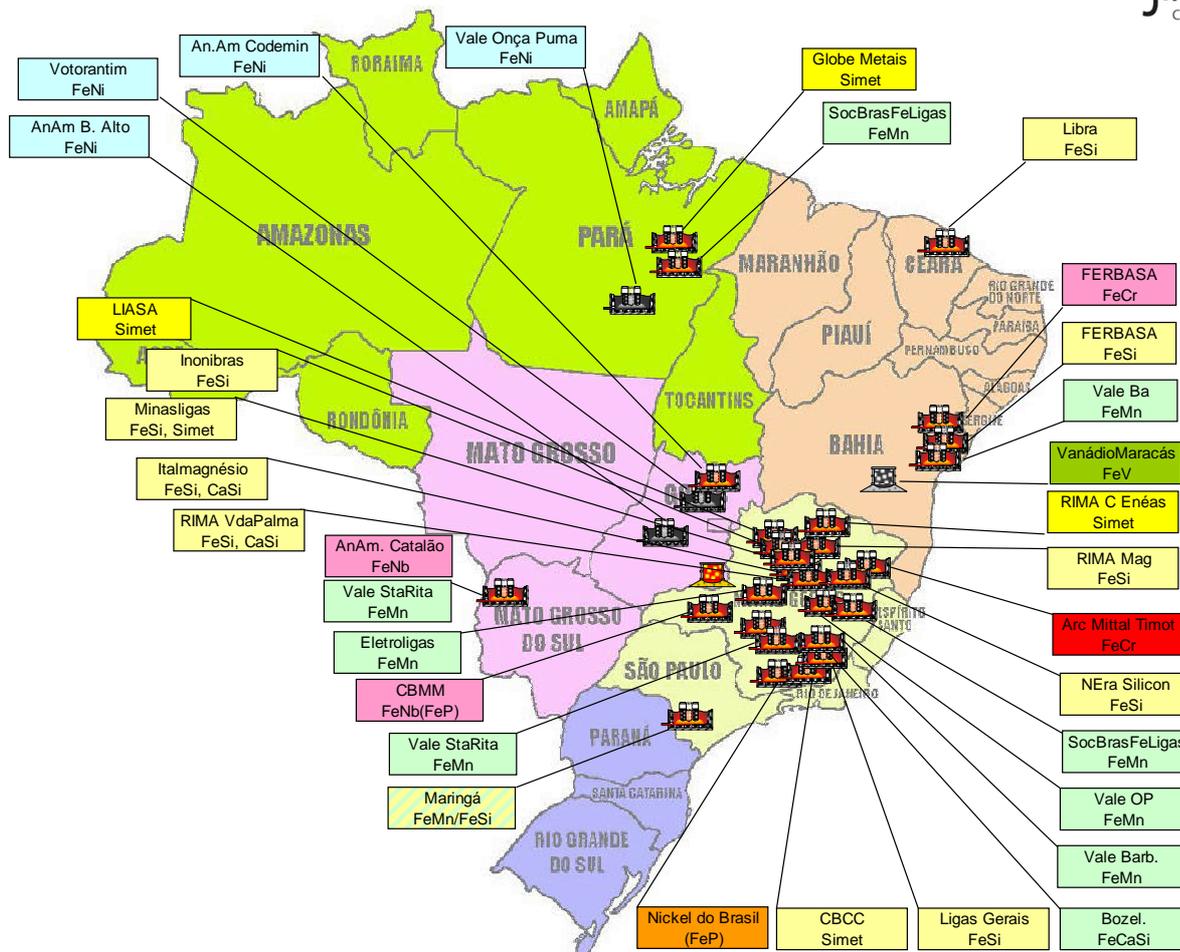


Figura 3.1 – Unidades produtoras de ferro-ligas e silício metálico – Visão Geral

De um modo geral, este conjunto de fatores, com exceção, talvez, dos custos da energia, ainda persiste, se bem que tenham surgido novos nichos que podem levar à formação e crescimento de novos pólos.

Ilustrando, as unidades pioneiras do Pará podem vir a ser embriões de um novo pólo, dada a convergência de fatores favoráveis, existentes e futuros. Com efeito:

- a região conta com reservas importantes de minério de manganês e níquel e uma disponibilidade conveniente de quartzo;
- há uma boa disponibilidade de energia elétrica, tanto de Tucuruí, quanto de novos aproveitamentos hidroelétricos, previstos dentro do horizonte considerado;
- já existe uma grande capacidade instalada de alumínio primário e a implantação da grande siderurgia é prevista para a região nos próximos anos.

Estes e outros aspectos serão abordados no desenvolvimento do trabalho.

No desenvolvimento, cada uma das unidades produtoras será caracterizada, em termos de capacidade, equipamentos, matérias primas e redutores.

Conforme já mencionado, os mercados consumidores de ferroligas e silício metálico são específicos – a indústria siderúrgica para o primeiro e a indústria de alumínio e siliciana para o segundo. Neste último, o consumo doméstico é apenas no setor alumínio.

A localização dos consumidores domésticos ferroligas é mostrada na figura 3.2.

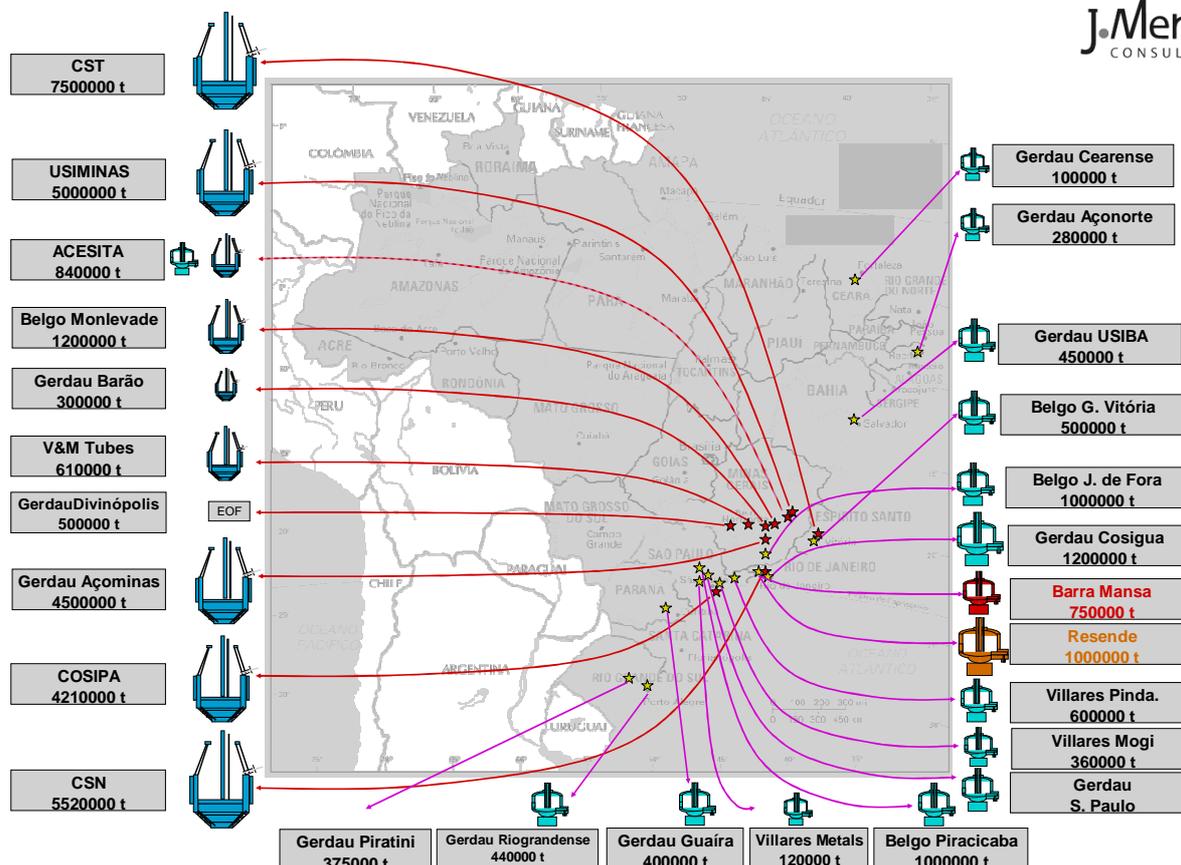


Figura 3.2 – Parque siderúrgico brasileiro

O consumo interno em 2007 foi de 682000 toneladas de ligas, correspondendo a 68% da produção.

O silício metálico foi consumido internamente na fabricação de ligas não ferrosas, com ampla predominância das de alumínio. Este consumo ocorre tanto nos produtores de alumínio primário, quanto secundário. Mas o grande mercado do silício metálico brasileiro é o externo, que responde por mais de 90% da produção - 208000 toneladas em 2007.

3.3. Parque Produtivo

Para uma melhor visualização as unidades produtivas serão agrupadas por estado e por tipo de liga.

3.3.1. Caracterização das unidades

Nesta abordagem são apresentados os dados mais relevantes de cada unidade, de modo a definir o seu perfil.

3.3.1.1. Unidades do Pará

Como já se viu, no Pará existem três empreendimentos, sendo dois em operação e um em fase de implantação. Existe, ainda, um quarto projeto, já anunciado, ainda em fase de estudos.

As características básicas de cada um é apresentada a seguir.

VALE – Onça Puma (figura 3.3)

Denominação – Mineração Onça Puma AS – Incorporada à Vale em dezembro de 2008

Usina – Ourilândia do Norte – Pa

Produto – Ferro-Níquel com 25% de Ni.

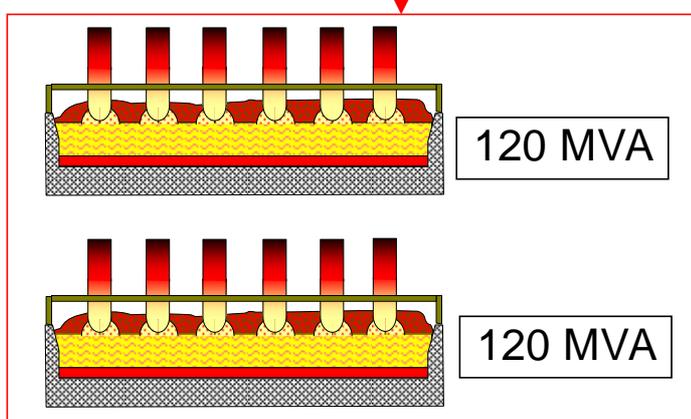
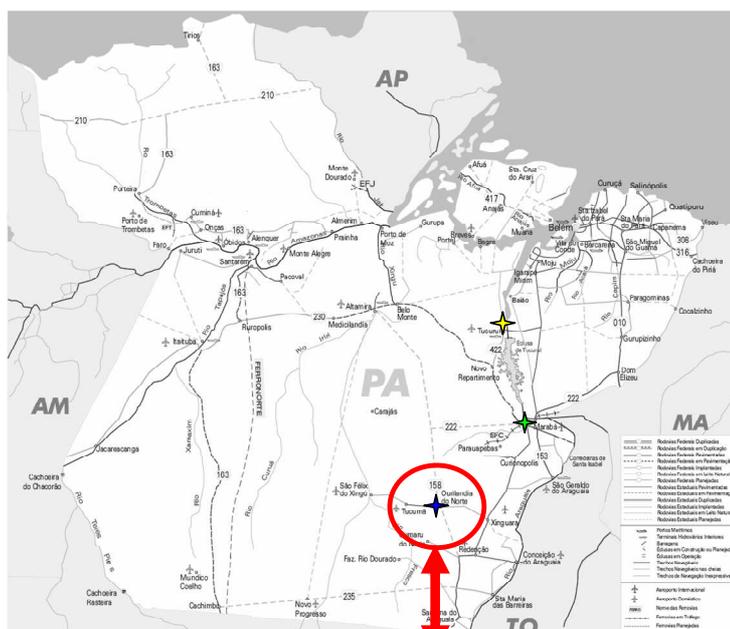


Figura 3.3– VALE – Unidade Onça Puma

A unidade Onça Puma da Vale está em fase de implantação. Prevista anteriormente para entrar em operação em princípios de 2010, o empreendimento foi adiado por um ano.

A usina tem dois fornos elétricos de redução, com uma potência de 120 MVA, cada, correspondente a uma capacidade de produção de 52000 t/ano de níquel contido.

Os fornos são retangulares, trifásicos, com seis eletrodos em linha.

O minério vem das jazidas, próprias, de Onça e Puma.

As informações mais detalhadas são apresentadas no Relatório RT-64.

Globe Metais (Fig 3.4)

Denominação – Globe Metais, subsidiária integral da Globe Specialty Metals Inc

Usina – Breu Branco – Pa

Produtos – Silício metálico grau metalúrgico, químico e solar. Microsilica.

Potência instalada – 60 MVA

Capacidade de produção – 44000 t/ano

Efetivo - 340

Mercado – Externo – 90% (a exportação é feita pelo porto de Belém).

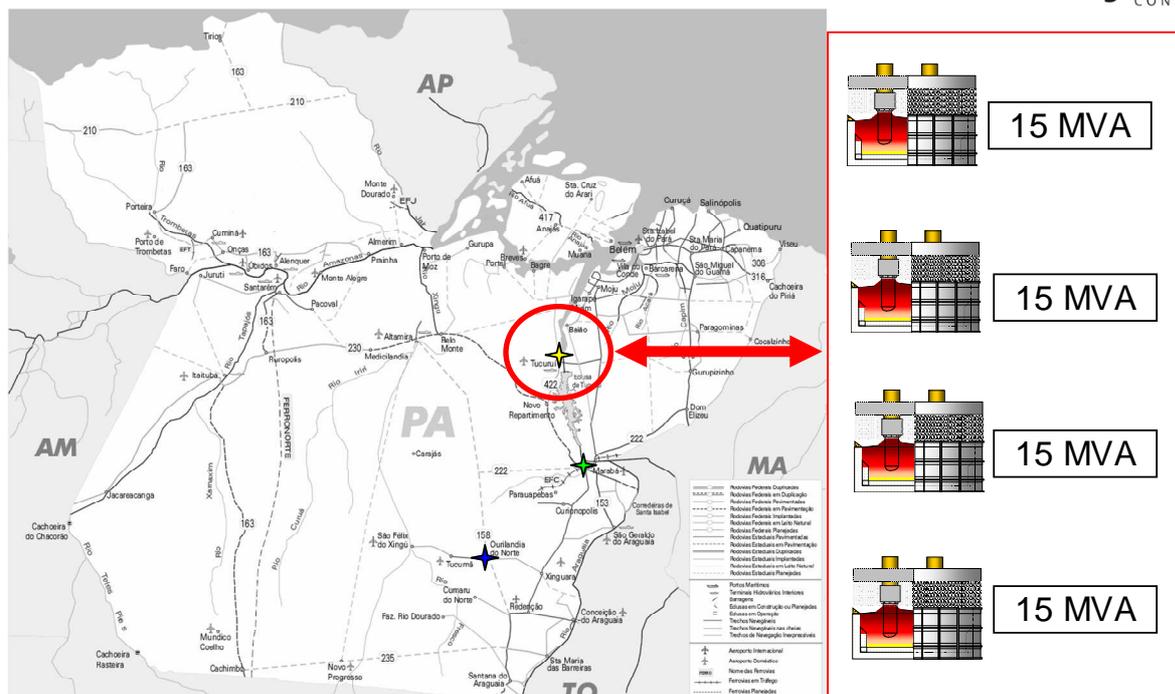


Figura3.4– Globe Metais – Unidade Breu Branco

A usina tem quatro fornos elétricos de redução, trifásicos, abertos, com transformadores de 15 MVA.

O quartzo, principal matéria prima para o processo, provém de três minas. A principal delas, a mina de Moju, fica a cinco minutos da fábrica por rodovia. As outras são a mina de Sororó, no município de São Geraldo do Araguaia, no sul do Pará e a mina de Ourém, no município do mesmo nome, no nordeste do Estado.

O cavaco de madeira e o carvão vegetal em parte provém de fazendas próprias e o complemento adquirido de terceiros.

Recentemente, a unidade foi adquirida pela Dow Chemical.

Sociedade Brasileira de Ferro Ligas (Fig 3.5)

Denominação – Sociedade Brasileira de Ferro Ligas Ltda

Usina – Marabá – Pa

Produtos – Ferro Manganês Alto carbono e Ferro Sílico-Manganês.

Potência instalada –5 MVA

Capacidade de produção –t/ano

Efetivo -

Mercado – A empresa está paralisada.

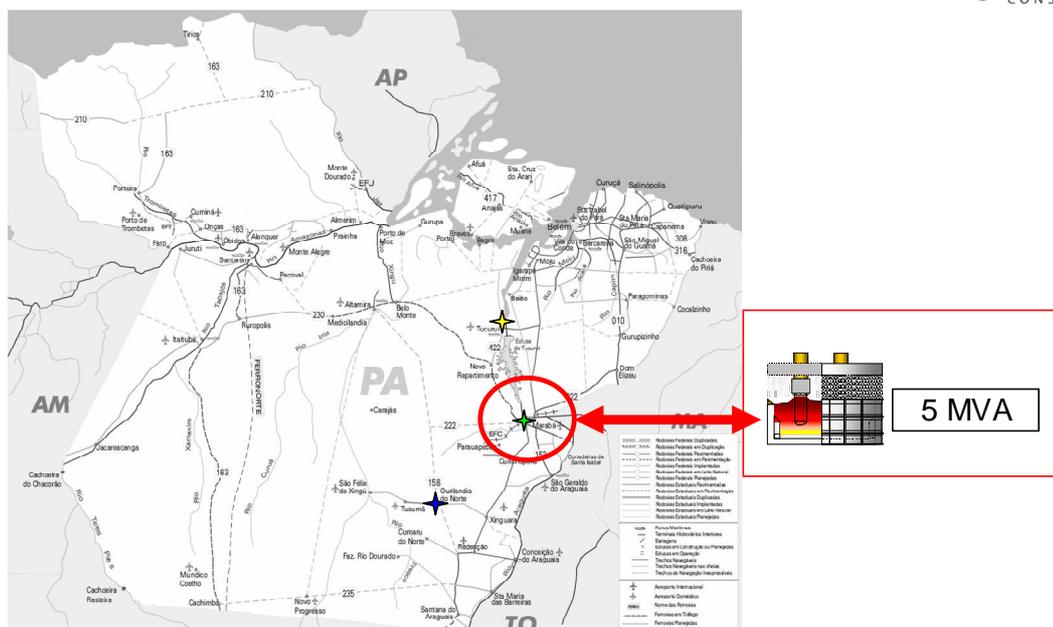


Figura 3.5 – Sociedade Brasileira de Ferro Ligas – Unidade de Marabá

A usina opera um forno de 5 MVA, trifásico, aberto

As instalações são simples, do tipo das pequenas unidades encontradas em Minas Gerais.

O minério de manganês é fornecido pela Mineração Buritirama e o carvão vegetal, adquirido de terceiros.

Não há maiores informações sobre a empresa, que no momento, está paralisada.

Mineração Buritirama

Atualmente, a Mineração Buritirama não tem unidades metalúrgicas, mas recentemente (Brasil Mineral 07/2009) anunciou investimento entre US\$ 300 milhões e US\$ 400 milhões em um projeto que inclui reflorestamento, produção de carvão e usina metalúrgica de ferroligas de manganês, em Marabá (PA). A capacidade de produção da usina será de 120 mil t/ano e o projeto será desenvolvido a partir de 2010. A entrada em operação é prevista para 2015. A usina seria suprida pela hidrelétrica de Belo Monte e prevê o uso de transporte fluvial da hidrovia do Tocantins e o porto de Vila do Conde para exportar a liga. A Buritirama já deu início ao trabalho de reflorestamento de fazendas no Pará com plantio de eucalipto para obter o carvão a ser usado na usina.

3.3.1.2. Unidades do Ceará

No Ceará existe apenas um empreendimento no setor de ferro-ligas, que é a Libra.

Suas principais características são as que se seguem

Libra – Ligas do Brasil (Fig 3.6)

Denominação – Libra – Ligas do Brasil SA

Usina – Banabuiú – Ce

Produtos – Ferro Silício 75 *standard* e de alta pureza

Potência instalada – 16 MVA

Capacidade de produção – 12000 t/ano

Efetivo – 600 (inclui minerações e reflorestamento)

Mercado – Interno e externo

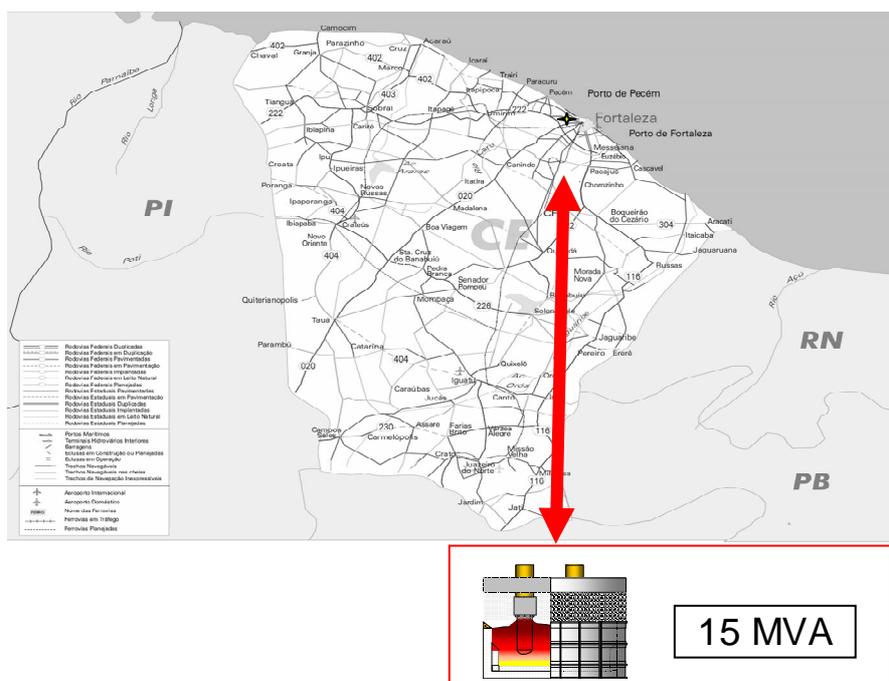


Figura 3.6 – LIBRA – Unidade de Banabuiú

A usina opera com um forno de 16 MVA, trifásico, aberto.

O quartzo vem de jazida própria, em Solonópole e o minério de ferro, também próprio, vem de Quiterianópolis e Independência.

Todo o carvão consumido é oriundo de projetos próprios (parcerias)

3.3.1.3. Unidades da Bahia

Na Bahia estão duas das mais importantes unidades produtoras de ferro-ligas. Estas são a FERBASA (ligas de cromo e de silício) e a maior unidade da Vale Manganês (ligas de manganês). Também é digno de nota o empreendimento da Largo Mineração (liga de Vanádio), com operação planejada para 2010.

Ferbasa (Fig 3.7)

Denominação – Ferbasa - Cia de Ferroligas da Bahia

Usina – Pojuca – Ba

Produtos – Ferro Cromo Alto Carbono, Ferro Cromo Baixo Carbono, Ferro Sílico-Cromo, Ferro Silício 75 standard, Ferro Silício 75 alta pureza..

Potência instalada total – 258 MVA (115 FeCrAC, 22 FeCrBC, 10 FeSiCr, 101 FeSi75)

Capacidade de produção – Total – 321000 t/ano (204000 FeCrAC, 22000 FeSiCr, 22000 FeCrBC, 78000 FeSi75)

Efetivo -

Mercado – Interno (70%) e externo (30%).

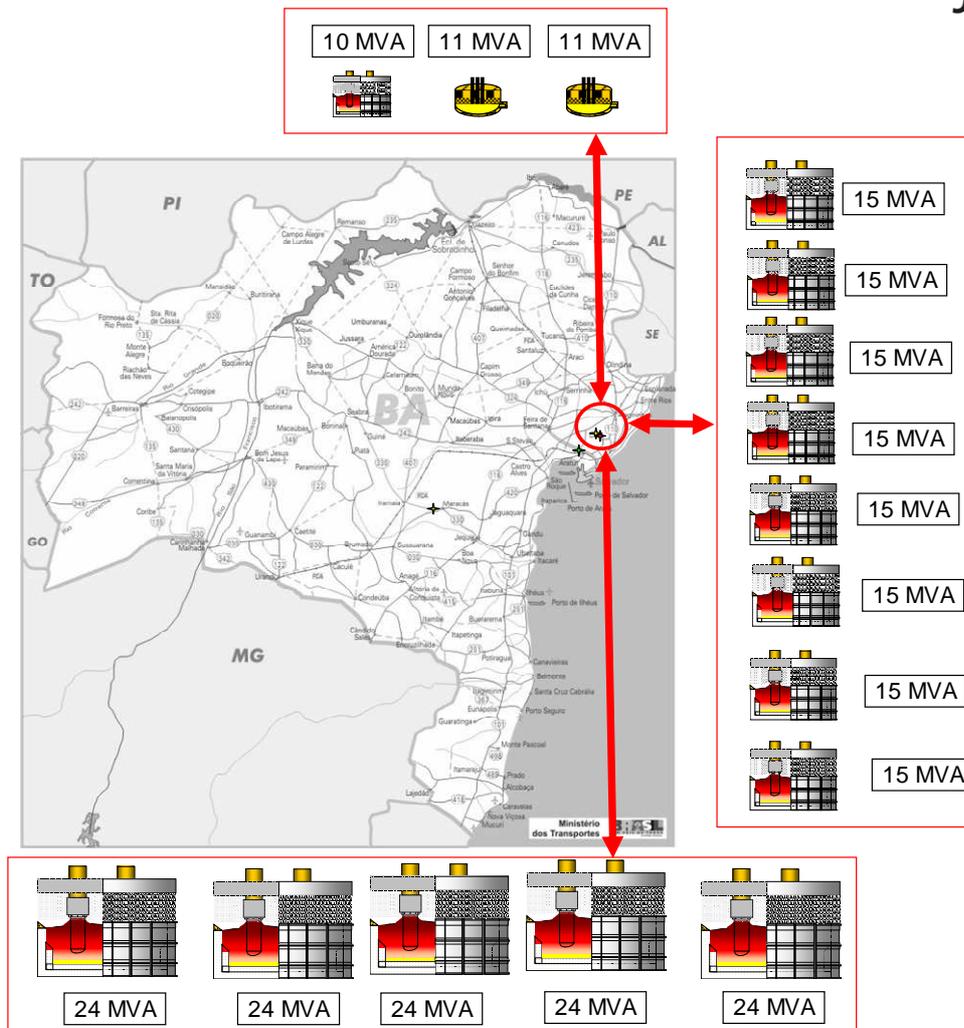


Figura 3.7– Ferbasa – Unidade de Pojuca

A Ferbasa tem duas instalações contíguas, uma produzindo ligas de cromo e a outra ferro silício.

Na unidade de cromo ela opera com oito fornos de arco submerso, de 15 MVA, trifásicos, abertos, produzindo a liga alto carbono. Um outro forno do mesmo tipo, com potência de 10 MVA, produz o ferro sílico-cromo, que é empregada na fabricação das ligas de baixo carbono. Estas últimas são produzidas, usando o silício como redutor, em fornos elétricos de arco aberto. São dois fornos de 11 MVA, trifásicos.

A unidade de silício opera com cinco fornos de 24 MVA, trifásicos, abertos. São produzidas ligas ferro silício com 75% de silício. Em grandes números, quatro fornos produzem a liga standard e o quinto liga de alta pureza.

O minério de cromo vem das jazidas da própria empresa em Campo Formoso e Vale do Jacuruci. A Ferbasa detém os direitos de 85% das reservas brasileiras de cromita.

O quartzo vem de vários locais, no estado. As reservas da Bahia são as maiores do mundo, de quartzo grau metalúrgico.

A cal empregada na produção das ligas baixo carbono é produzido pela empresa em Rodrigues da Cunha onde tem a concessão dos direitos de reserva de calcário.

Parte do carvão vegetal (50%) é produzido pela Reflora Reflorestadora e Agrícola, subsidiária da empresa e o restante é fornecido por terceiros. O projeto de reflorestamento, no nordeste do estado, objetiva a auto-suficiência.

Vale Manganês Ba (fig 3.8)

A Vale Manganês opera várias unidades no Brasil. A da Bahia é a maior delas.

As características desta são as que se seguem.

Denominação – Vale Manganês SA

Usina – Simões Filho – Ba

Produtos – Ferro Manganês Alto Carbono, Ferro Manganês Baixo Carbono, Ferro Sílico-Manganês.

Potência instalada total – 156 MVA

Capacidade de produção – Max – 224000 t/a - Min – 156000 t/a

Efetivo -

Mercado – Interno (50) e externo (50%).

A capacidade de produção, depende da liga fabricada. Neste caso, como é usual em instalações produtoras de ligas de manganês, os fornos produzem tanto a liga alto carbono, quanto a sílico-manganês (isto será objeto de comentário mais adiante). Como esta última consome mais energia, para uma mesma potência a produtividade é menor.

A unidade de Simões Filho é constituída de três sub-unidades independentes, denominadas Planta 1, Planta 2 e Planta 3.

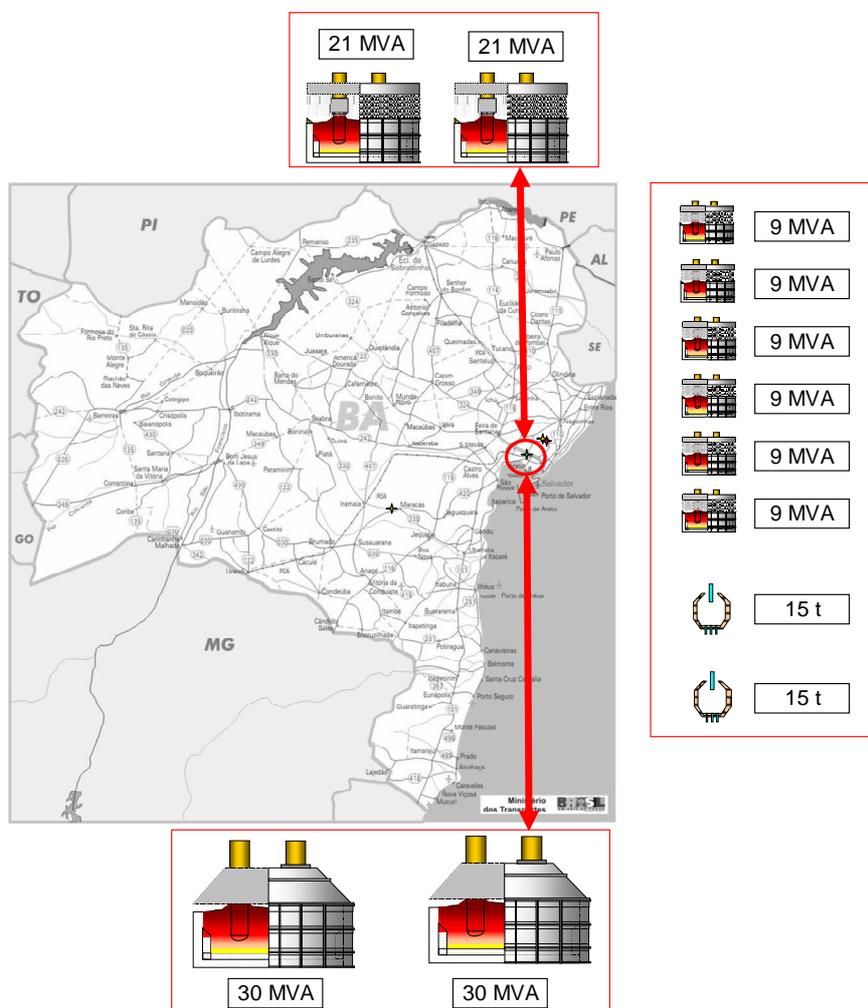


Figura 3.8 – Vale Manganês – Unidade de Simões Filho

Os fornos elétricos da Planta 1 são os da instalação original, da época da construção da usina. São fornos trifásicos, abertos, que tinham uma potência de 6 MVA e foram repotenciados para 9 MVA. A esta planta foram acrescentados dois vasos tipo convertedor, para produzir a liga ferro manganês médio carbono, a partir da liga alto carbono.

A Planta 2 é constituída de dois fornos de 30 MVA, trifásicos, fechados. Originalmente, esta planta tinha um forno de arco aberto, para produzir a liga médio carbono, que foi desativado, substituído pelos convertedores já mencionados.

Quando concebida, a Planta 3 era destinada à produção de silício e, como tal, os parâmetros de projeto são referidos a este produto. Com a adoção da política de concentrar toda a produção nas ligas de manganês, os fornos desta planta foram direcionados para o manganês. São dois fornos de 21 MVA, trifásicos, abertos.

Em linhas gerais, a Planta 1 é direcionada preferencialmente para a liga alto carbono (para carregar nos convertedores), a Planta 3 produz sílico-manganês (parâmetros de projeto mais próximos) e a Planta 2 produz ambas, em função da programação.

A empresa emprega vários tipos de minério de manganês, de modo a formular misturas que de um lado permitam obter a liga dentro das especificações requeridas e de outro, com consumos mínimos de energia. Todos os minérios empregados são da Vale Manganês. No estado, pode-se destacar as jazidas de Urandi e Licínio de Almeida. Os minérios extra região são os de Urucum (MS) e Carajás (Pa).

Os demais componentes da carga, quartzo e calcário, vêm da região.

A partir de 2007, as unidades da Vale Manganês eliminaram totalmente o carvão vegetal, substituindo por coque metalúrgico, misturado com proporções menores de coque de petróleo. A Vale importa coque da Colômbia, para todas as suas unidades.

Vanádio Maracás

Apesar de ainda estar em projeto, o potencial deste empreendimento é digno de nota.

Com efeito, os depósitos de vanádio, da Vanádio Maracás Ltda, controlada pela canadense Largo Mineração, são os de maior teor do minério já conhecido no mundo. As jazidas se localizam no Município de Maracás, centro-leste do estado. As reservas descobertas foram avaliadas em 17,3 milhões de toneladas de minério com teor médio de 1,44% de vanádio.

Até então o maior teor já descoberto era de apenas 0,4% na África do Sul. Estes números sugerem a possibilidade de o vanádio de Maracás vir a ter uma posição semelhante à do nióbio de Araxá.

O empreendimento prevê a produção de 5 mil toneladas/ano de Ferro-Vanádio.

3.3.1.4. Unidades de Goiás

O estado de Goiás se destaca pela concentração dos empreendimentos de níquel, graças aos depósitos de Niquelândia e Barro Alto.

Como já mencionado no caso de Onça Puma, o níquel será analisado em relatório específico. Assim, aqui só serão apresentados alguns dados gerais para compor o conjunto. Dos três empreendimentos, apenas um está em operação. Os outros dois estão em diferentes estágios de montagem, agora retardados pelos efeitos da crise.

Anglo American – Codemin (fig 3.9)

É, atualmente, o único empreendimento de ferro-níquel em operação no Brasil.

Denominação – CODEMIN SA

Usina – Niquelândia – Go

Produtos – Ferro-níquel 33% Ni

Potência instalada total – 41 MVA

Capacidade de produção – 10000 t/a Ni contido

Efetivo -

Mercado – Interno (20) e externo (80%).

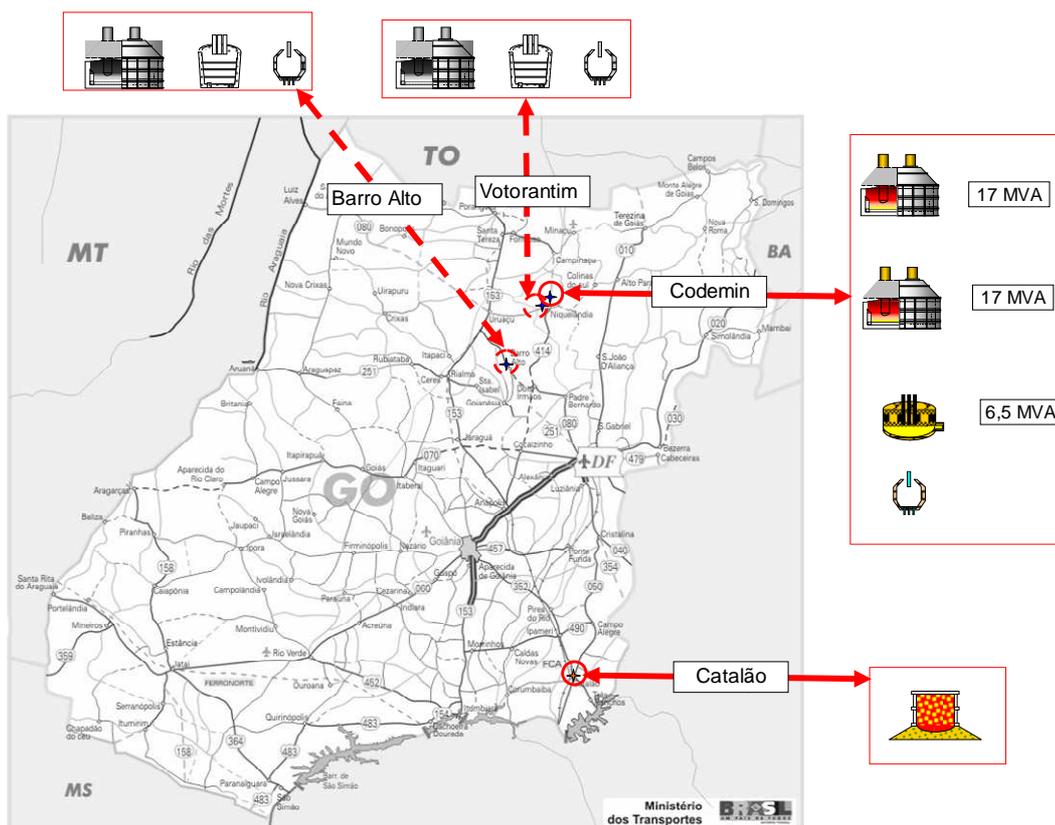


Figura 3.9 – Goiás - Unidades produtoras de ferro-ligas

Também indicados no mapa, estão os projetos da Votorantim e o da Anglo American.

O da Votorantim é uma extensão do aproveitamento da jazida e tem uma capacidade prevista de 10600 t/a de níquel contido.

O da Anglo American é o Projeto Barro Alto, com uma capacidade de 36000 t/ano de níquel contido. É o maior projeto de níquel da empresa.

Os detalhes destes empreendimentos serão apresentados no relatório específico – RP 64.

Finalmente, no mesmo mapa da figura 9, é mostrada a unidade de Catalão, também da Anglo American, com uma capacidade de 10000 t/ano de ferro níbio.

O minério, após a etapa de concentração é submetido a lixiviação alcalina, ácida e calcinação. O material resultante vai para a etapa final, a redução aluminotérmica, de onde sai a liga.

A totalidade da produção é exportada.

3.3.1.5. Unidades de S. Paulo

No estado de São Paulo, há apenas uma usina em funcionamento – a Maringá, do Grupo Votorantim. No passado recente havia algumas outras unidades de médio porte, hoje desativadas.

Maringá (Fig 3.10)

Denominação – Maringá AS – Cimento e Ferro Liga

Usina –Itapeva – SP

Produtos – Ferro Manganês Alto Carbono, Ferro Sílico Manganês, Ferro Silício

Potência instalada total – 29 MVA

Capacidade de produção – 30000 t/ano – combinada, com os três tipos de liga

Efetivo - 400

Mercado – Interno (85) e externo (15%).

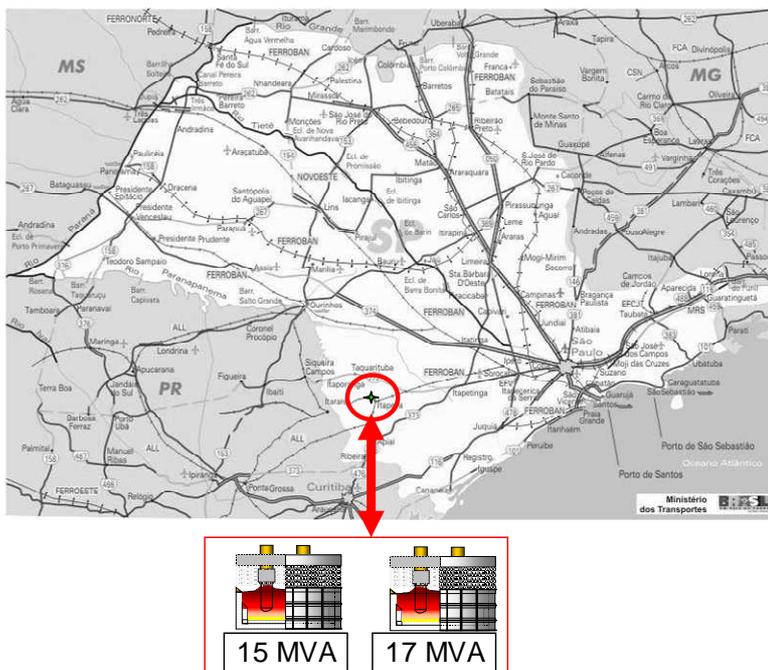


Figura 3.10 – Maringá – Unidade de Itapeva

A Maringá opera com dois fornos trifásicos, abertos, com 15 e 17MVA de potência.

Uma característica interessante desta empresa é o fato de ter geração própria de energia elétrica.

O principal fornecedor de minério de manganês é a Urucum Mineração (Corumbá) Corumbá (Urucum). Este é usado direto ou misturado nas proporções apropriadas com outros minérios para se obter a liga objetivada.

O quartzo vem de ocorrências na região.

O carvão vegetal é próprio, complementado por fornecedores do Mato Grosso do Sul.

3.3.1.6. Unidades de M. Grosso do Sul

No estado do Mato Grosso do Sul existe apenas uma unidade produtora, que é a da Vale Manganês, em Corumbá.

Vale Manganês MS (Fig 3.11)

Denominação – Vale Manganês SA

Usina –Corumbá – MS

Produtos –, Ferro Sílico-Manganês.

Potência instalada total – 12 MVA

Capacidade de produção –

Efetivo -

Mercado – Interno e externo

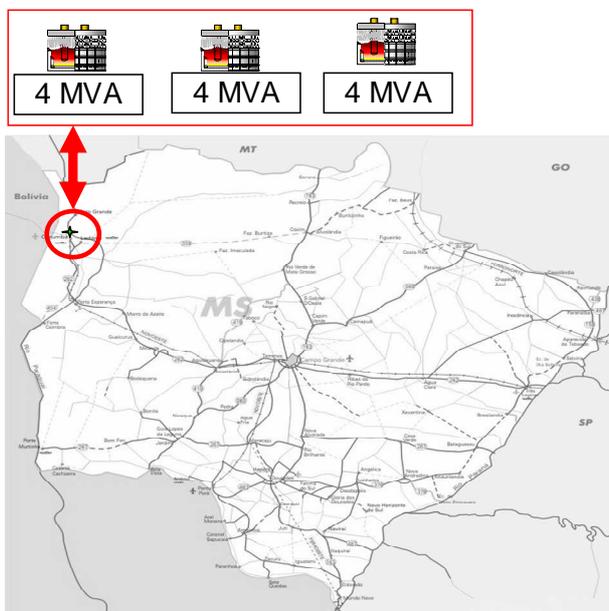


Figura 3.11 – Vale Manganês – Unidade de Corumbá

A unidade opera com três fornos abertos, trifásicos, de 4 MVA.

Apesar de ter reservas consideráveis de minério – Urucum Mineração – a unidade metalúrgica tem limitações no que se refere à energia elétrica.

O mercado externo favorável é o Argentino, via Rio Paraguai.

A exemplo das demais unidades da Vale, o redutor é o coque colombiano, com proporções menores de coque de petróleo.

3.3.1.7. Unidades de Minas Gerais

É o maior e mais diversificado estado produtor do Brasil.

Em função do porte e do tipo de liga, podem ser identificados alguns grupos típicos.

Um primeiro grupo seria o dos produtores de ferro silício e silício metálico. Neste estão as unidades no Norte de Minas (Minas Ligas, Inonibrás, Liasa, Italmagnésio e Rima) às quais se acrescem as localizadas em outros pontos do estado (Nova Era Silicon, CBCC, Ligas Gerais e Bozel).

Um segundo grupo reúne os produtores de ligas de manganês, que são consituídos das unidades da Vale Manganês (Ouro Preto, Barbacena e Sta Rita) e algumas, que poderiam ser definidas como “micro-plantas”, que serão consideradas em conjunto.

Finalmente, num terceiro grupo, estão unidades isoladas, que produzem outros ligas. Neste grupo, o destaque especial é a CBMM, que é de longe, a maior produtora mundial desta liga. As outras duas unidades seriam a da Arcelor Mittal Aços Especiais (antiga Acesita), produzindo ferro cromo para uso próprio e a Nickel do Brasil, produtora de

O quartzo vem de jazidas própriastermofertilizantes, que gera ferro fósforo como subproduto.

Considerando a quantidade e diversificação, o enfoque, a bem da simplificação e para não estender em demasia este capítulo, será feito grupando unidades

Grupo silício – Dividido em três grupamentos

1º Grupamento

O primeiro agrupamento, inclui os produtores de silício metálico no Norte de Minas, que são a Minas Ligas, Liasa e Eletrosilex.

Minasligas (Fig 3.12)

Denominação – Cia Ferroligas de Minas Gerais - Minasligas

Usina –Pirapora - MG

Produtos – Ferro Silício 75 e Silício metálico

Potência instalada total – 102 MVA

Capacidade de produção – 50000 t/a FeSi75 e 19000 t/a Si met

Efetivo - 500

Mercado – Interno (25%) e externo (75%)

A unidade opera com seis fornos trifásicos, abertos com potência de 17 MVA. Dois destes fornos são projetados para produzir silício metálico e os outros quatro, para ferro silício.

Além destes produtos, a empresa capta e comercializa microssílica.

O quartzo vem de fornecedores da região e o minério de ferro, de mineradores do quadrilátero ferrífero.

A empresa tem reflorestamento e carvoejamento próprios, além da produção de cavacos. Um parcela do carvão é fornecida por terceiros.

Liasa (Fig 3.12)

Denominação – Ligas de Alumínio AS - Liasa

Usina –Pirapora - MG

Produtos –Silício metálico e ferro-silício

Potência instalada total – 107 MVA

Capacidade de produção – 60000 t/a Si met

Efetivo -480

Mercado – Interno (20%) e externo (80%)

A unidade opera com quatro fornos trifásicos, abertos, com potências de 39 MVA, 30 MVA (2) e 16 MVA

É o maior produtor de silício metálico do País.

O quartzo vem de fornecedores da região, da região de Diamantina e da Bahia. A seleção do quartzo é função das especificações do produto.

A empresa tem reflorestamento e carvoejamento próprios, assim como a produção de cavacos. As necessidades são complementadas por terceiros.

A unidade tem instalações de refino na panela.

Eletrosilex (Fig 3.12)

A Eletrosilex pertence ao Grupo RIMA.

Denominação – Eletrosilex SA

Usina –Capitão Enéas - MG

Produtos –Silício metálico

Potência instalada total – 50 MVA

Capacidade de produção – 22000 t/a Si met

Efetivo -350

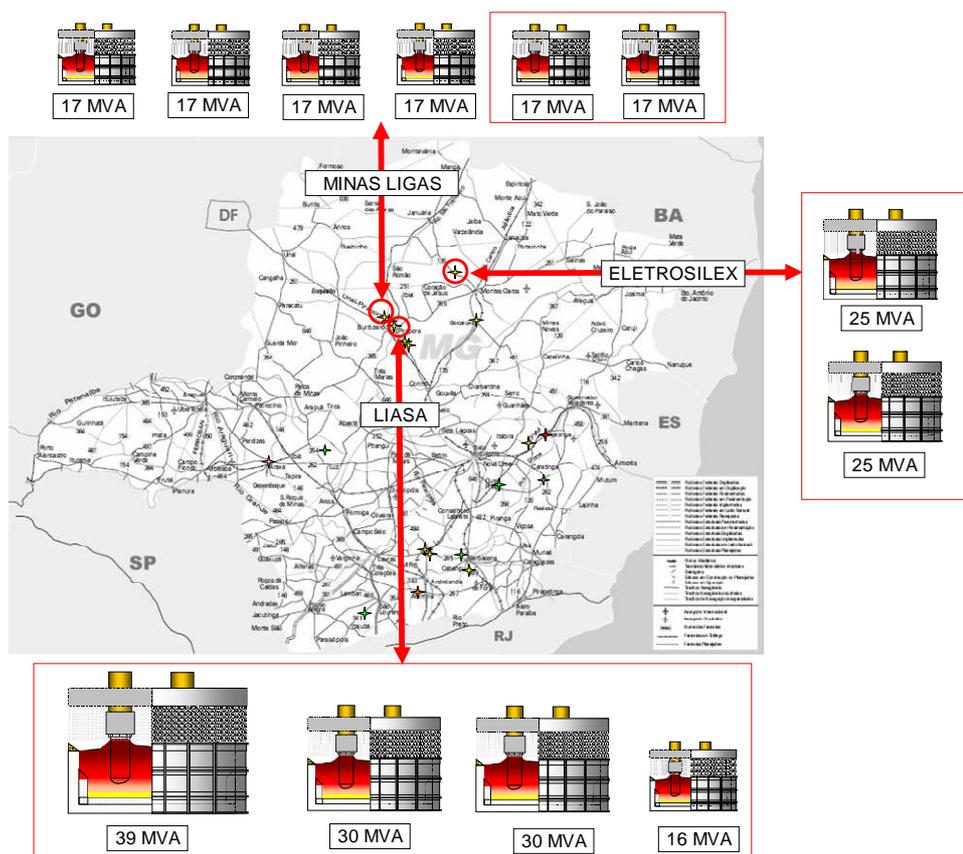
Mercado – Interno (15%) e externo (85%)

A planta opera com dois fornos trifásicos, abertos de 25 MVA.

O quartzo vem de jazidas próprias, da região e da Bahia.

O carvão vem de produção própria (85%) , complementado por terceiros.

A unidade tem instalações de refino na panela.



**Figura 3.12 – Minasligas e Liasa – Unidades de Pirapora;
Eletrosilex – Unidade de Capitão.Eneas**

2º Grupamento

Ainda dentro do grupo silício, o segundo grupamento engloba as demais unidades, no Norte de Minas, produtoras de ligas de silício, ou seja, não produtoras de silício metálico (a Minasligas produz os dois tipos e foi incluída no grupo anterior). Estas são a Inonibrás, a Italmagnésio, a Rima e a Brasmag)

Inonibrás(Fig 3.13)

Denominação – Inoculantes e ferro ligas Nipo Brasileira SA

Usina –Pirapora - MG

Produtos –Ferro silício 75 - Inoculantes

Potência instalada total – 15 MVA

Capacidade de produção – 15000 t/a FeSiMg

Efetivo -

Mercado – Interno e externo

A planta opera com dois fornos trifásicos, abertos de 7,5 MVA.

O quartzo vem de jazidas da região.

O carvão vem de produção própria, complementado por terceiros.

O FeSi75 é processado em panela, para a produção de inoculantes – tipicamente, a liga ferro-silício-magnésio (FeSiMg)

Italmagnésio (Fig 3.13)

Denominação – Italmagnésio AS Indústria e Comércio

Usina –Várzea da Palma - MG

Produtos –Ferro Silício 75 , Ferro Cálcio Silício e Inoculantes

Potência instalada total – 66 MVA

Capacidade de produção –

Efetivo - 800

Mercado – Interno e externo

A planta opera com seis fornos trifásicos, abertos uma potência total de 78 MVA. Cinco (66 MVA) são destinados à produção de ferro silício 75 e um (12 MVA), para cálcio-silício.

O quartzo vem de jazidas da região.

O carvão vem de produção própria, complementado por terceiros.

O FeSi75 é processado em panela, para a produção de inoculantes ou comercializado como ferro-silício.

Rima (Fig 3.13)

Denominação – RIMA Industrial

Usina –Várzea da Palma - MG

Produtos –Ferro Silício 75 , Ferro Cálcio Silício, Inoculantes e Silício metálico

Potência instalada total – 56 MVA

Capacidade de produção – variável

Efetivo - 580

Mercado – Interno (20%) e externo (80%)

A planta opera com seis fornos trifásicos, abertos uma potência total de 56 MVA.

Três fornos de 12 MVA são destinados à produção de silício metálico; dois fornos de 8,5 MVA produzem a liga cálcio silício; um forno de 3 MVA produz ferro silício como liga base para FeSiMg.

A empresa produz, ainda , outros inoculantes a partir de ferro silício

O quartzo vem de jazidas da região.

O carvão vem de produção própria (85%), complementado por terceiros.

O FeSi75 é processado em panela, para a produção de inoculantes ou comercializado como ferro-silício.

Brasmag (pertence ao Grupo Rima) (Fig 3.13)

Denominação – Cia Brasileira de Magnésio

Usina –Bocaiuva - MG

Produtos –Ferro Silício 75

Potência instalada total – 75 MVA

Capacidade de produção – Produção cativa

Efetivo -

Mercado – Cativa

A planta tem um forno trifásico, aberto, de 75 MVA, produzindo FeSi75. Este ferro silício é empregado como redutor, no processo Magnetherm de produção de magnésio.

Excedentes são comercializados como FeSi75 ou FeSiMg.

Tanto o quartzo quanto o carvão vegetal, têm a mesma origem que os de Várzea da Palma.

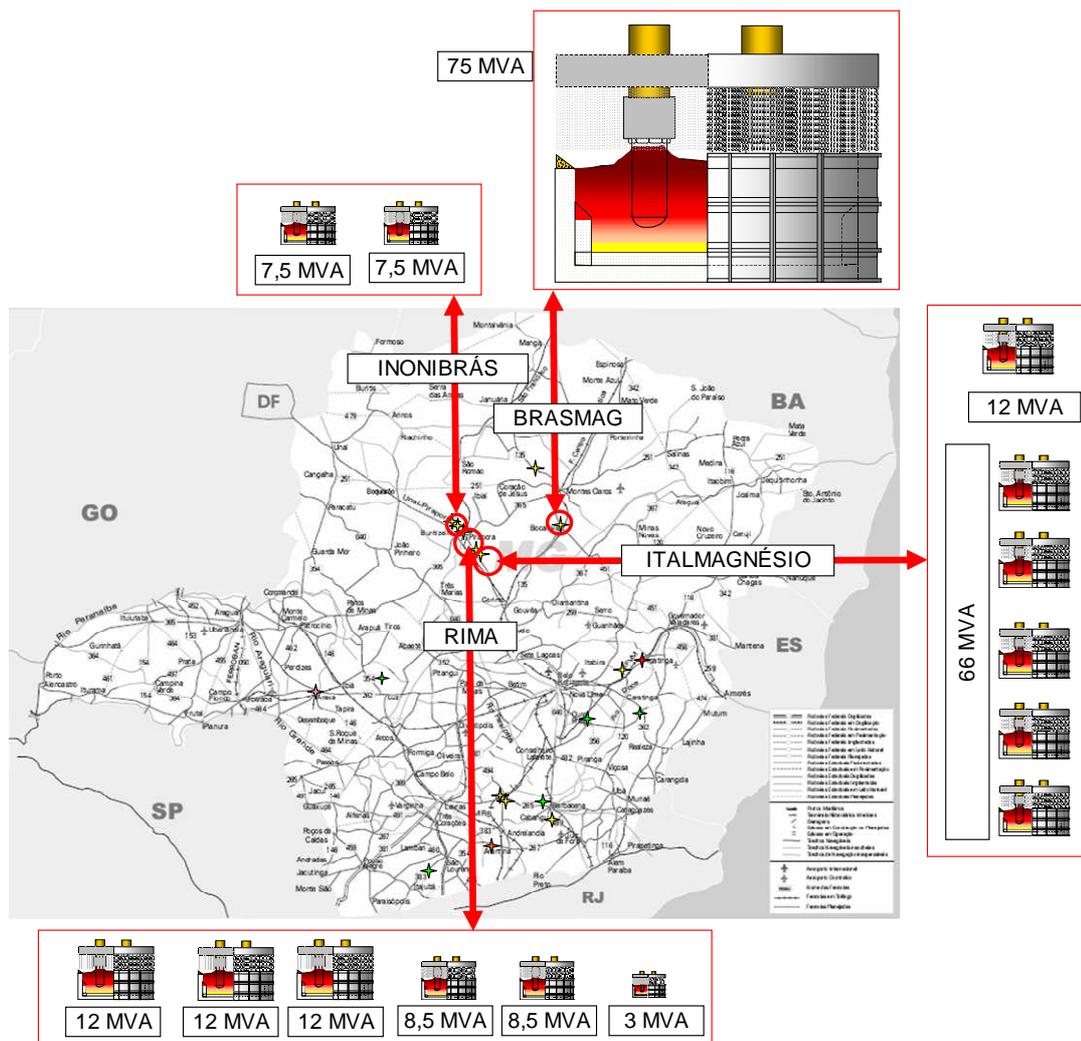


Figura 3.13 – Inonibrás – Unidades de Pirapora; Rima e Italmagnésio – Unidades de Várzea da Palma ; Brasmag – Unidade de Bocaiuva

3º Grupamento

Este conjunto congrega os demais produtores de ligas de silício do estado. Estes são a Nova Era Silicon, a Ligas Gerais, a Bozel e a CBCC.

Nova Era Silicon (fig 3.14)

Denominação - Nova Era Silicon SA

Usina –Nova Era - MG

Produtos –Ferro Silício 75

Potência instalada total – 75 MVA

Capacidade de produção – 52000 t/ano de FeSi75 e FeSi75 especial

Efetivo -

Mercado – Interno e externo (fornecimento à Kawasaki Steel)

A planta tem três fornos trifásicos, abertos, sendo dois de 18,7 MVA e o terceiro de 37 MVA. Além disto, a unidade tem uma instalação de refino na panela.,

O quartzo vem de fornecedores regionais e extra regionais. Para a liga de alta pureza, ele vem da região de Diamantina. O minério de ferro é fornecido pela Vale, que participa do empreendimento, junto com a Kawasaki Steel.

O carvão vegetal vem de produção própria, complementada por terceiros.

Ligas Gerais (fig 3.14)

Denominação – Ligas Gerais Ind e Com Ltda

Usina – São João del Rei - MG

Produtos – Ferro Silício 75

Potência instalada total – 16 MVA

Capacidade de produção – 11000 t/ano

Efetivo -

Mercado – Interno e Externo

A planta tem um forno trifásico, aberto, de 16 MVA, produzindo FeSi75.

O quartzo vem da região. O minério de ferro vem da região de Belo Horizonte.

O carvão vegetal vem de parceiros, na região.

Bozel (fig 3.14)

Denominação – Bozel Mineração SA

Usina – São João del Rei - MG

Produtos – Ferro Silício, Cálcio Silício

Potência instalada total – 55 MVA

Capacidade de produção – 27000 t/ano CaSi

Efetivo - 250

Mercado – Interno e Externo

A planta tem um forno trifásico, aberto, de 13 MVA, e dois de 21 MVA

O quartzo vem da região e de Pedro Leopoldo. O calcário vem da região de Belo Horizonte.

O carvão vegetal vem de parceiros, na região.

A Bozel é a maior produtora mundial de Cálcio Silício, comercializado a granel ou na forma de *cored wire*.

CBCC (fig 3.14)

Denominação – Cia Brasileira de Carbureto de Cálcio

Usina – Santos Dumont - MG

Produtos – Silício metálico

Potência instalada total – 68 MVA

Capacidade de produção – 27000 t/ano Si metálico

Efetivo - 500

Mercado – Interno e Externo (90%)

A planta tem um forno trifásico, aberto, de 30 MVA, dois de 19 MVA

O quartzo vem da região.

O carvão vegetal vem de parceiros, na região.

A CBCC pertence à Dow Corning e a maior parte da produção é destinada a ela.

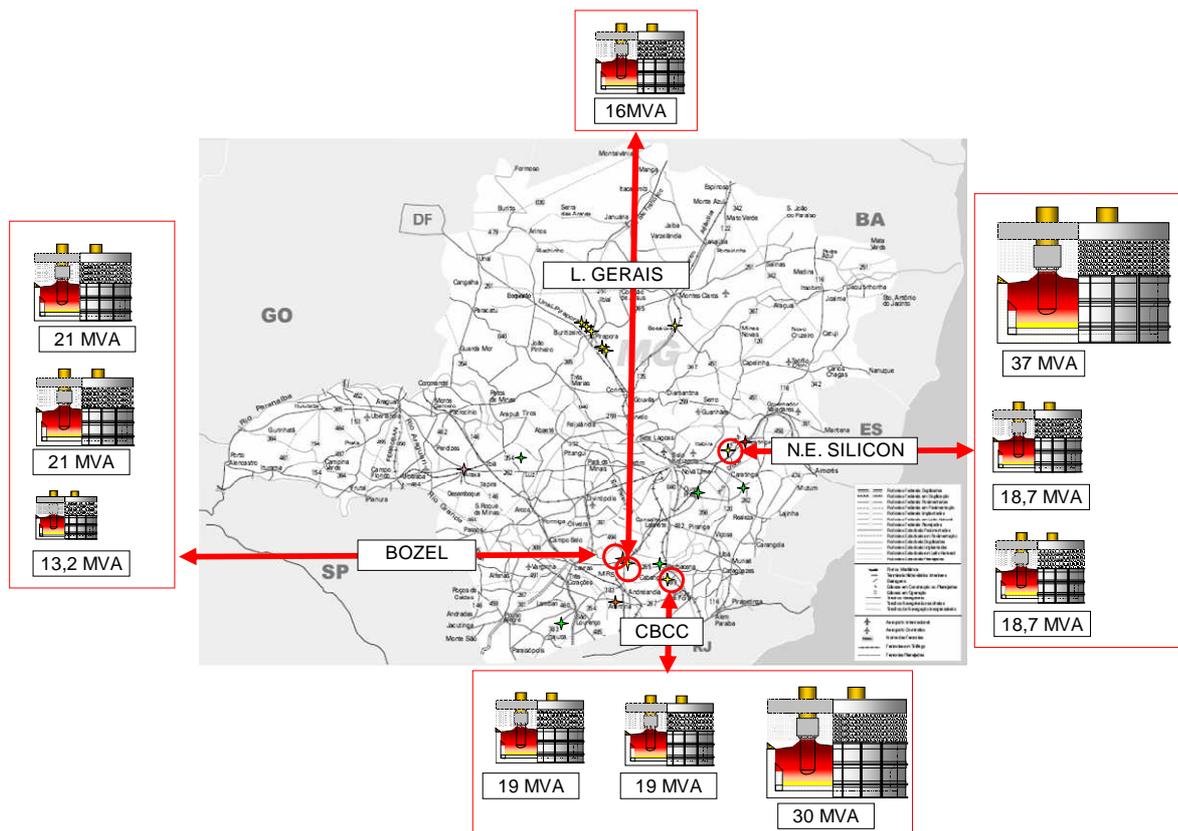


Figura 3.14 –Ligas Gerais e Bozel – Unidades de S.J. del Rei; Nova Era Silicon – Unidade de Nova Era ; CBCC – Unidade de Santos Dumont

4º Agrupamento

Este último grumo engloba as unidades produtoras de ligas de manganês – Vale Manganês e pequenos produtores e as demais unidades produzindo outras ligas – CBMM (nióbio), Arcelor Mittal (cromo), Nickel do Brasil (fósforo).

Vale Manganês – Rancharia (fig 3.15)

Denominação – Vale Manganês SA

Usina –Ouro Preto - MG

Produtos – Ferro Sílico Manganês (FeSiMn) , Ferro Manganês (FeMnAC)

Potência instalada total – 40 MVA

Capacidade de produção – 55000 t/ano FeSiMn

Efetivo –

Mercado – Interno e Externo

Rotineiramente, esta planta produz ferro sílico-manganês.

A unidade opera com três fornos elétricos trifásicos, sendo o primeiro fechado, com uma potência de 24 MVA. Os outros dois, abertos, têm potências de 9 MVA e 7,5 MVA.

Como fonte de manganês, trabalha com diversos minérios – Morro da Mina (MG), Urucum (MS), Carajás (Pa) e Barnabé (Ba). Além dos minérios, são usadas as escórias das ligas alto e médio carbono, geradas na unidade de Barbacena.

O quartzo e calcário vêm da região de Pedro Leopoldo.

A exemplo das demais unidades da Vale manganês, o redutor empregado é o coque metalúrgico (Colômbia) complementado com coque de petróleo.

Vale Manganês – Barbacena (fig 3.15)

Denominação – Vale Manganês SA

Usina – Barbacena - MG

Produtos – Ferro Sílico Manganês (FeSiMn) , Ferro Manganês (FeMnAC), Ferro Manganês Médio Carbono

Potência instalada total – 29 MVA

Capacidade de produção – Variável com o mix de produtos.

Efetivo –

Mercado – Interno e Externo

A unidade opera com seis pequenos fornos elétricos de arco submerso, trifásicos, abertos com potências entre 2 e 4 MVA. Um forno de arco aberto, produz a liga médio carbono (FeMnMC), pelo processo eletro-silicotérmico, empregando liga sílico-manganês, produzida internamente.

As fontes de manganês, quartzo, calcário e redutor, são as mesmas das da unidade de Ouro Preto.

Pequenos Produtores (fig 3.15)

Existem no estado vários pequenos produtores de ligas de manganês .

A existência destas unidades decorre da disseminação das ocorrências de minério de manganês, que só são compatíveis com pequenos consumos, e da existência de pequenos aproveitamentos hidroelétricos, que remontam dos primórdios da eletrificação no estado e que ficaram disponíveis com a consolidação da CEMIG. Este binômio, associado à relativa simplicidade das instalações, alavancada pela vocação/tradição metalúrgica local, estimularam, e estimulam, a multiplicação destes empreendimentos.

Dentre estas relacionam-se :

Cia Brasileira de Ferro Ligas – 1,6 MVA – Rio Casca

Puiatti – - 1,0 MVA - Barroso

Eletroligas - 2,0 MVA - São Gotardo

Ferlig (1,0 MVA?) - Passatempo

Fertilig (?? MVA) - Sabará

Granha – 3 MVA (+ 10MVA?) - Lafaiete e S.J. del Rei

Destas, algumas permanecem nas mesmas condições, enquanto outras ensaiam expansões, com mudança de referência. São exemplos disto a Ligas gerais, Cia Bras. de Ferro Ligas (tem uma segunda unidade em Marabá) e a Granha Ligas (está montando um forno de 10 MVA).

Típicamente, fornecem para o mercado interno.

Neste elenco foi incluída a Nickel do Brasil, que foi implantada em condições semelhantes, na década de 30, produzindo ferro-níquel. Com o esgotamento da jazida, foi, posteriormente, reativada, produzindo termo-fertilizante, gerando ferro-fósforo (FeP) como subproduto .

CBMM (fig 3.15)

É a maior produtora de ferro-nióbio do mundo, com uma participação acima de 85%.

Denominação – Cia Brasileira de Metalurgia e Mineração

Usina – Araxá - MG

Produtos – Ferro Nióbio (há outros produtos à base de nióbio, mas não na forma de ferro-liga)

Potência instalada total – não relevante – o processo é aluminotérmico, com complemento de energia elétrica.

Capacidade de produção – 90000 t/ano FeNb

Efetivo -600

Mercado – Interno e Externo (95%)

A planta tem três fornos trifásicos semi-fechados, dois para a reação aluminotérmica e um para desfosforação e remoção de ferro.

O minério (pirocloro) vem de duas jazidas contíguas – uma da CBMM e outra da CODEMIG, que são exploradas em partes iguais.

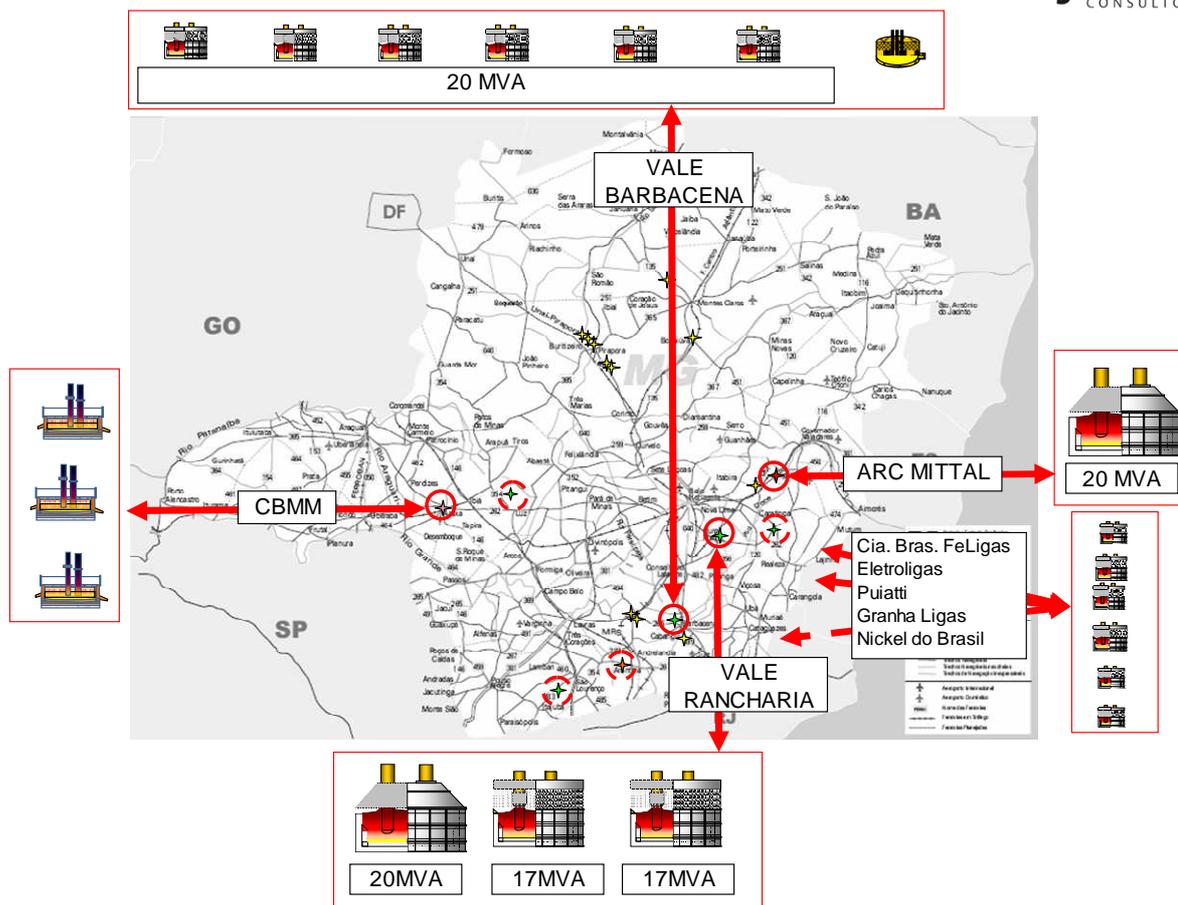


Figura 3.15 –Vale Manganês – Unidades Ouro Preto e Barbacena; CBMM – Unidade de Araxá ; Arcelor Mittal – Unidade de Timóteo ; Outros produtores – localizações diversas.

Arcelor-Mittal (antiga ACESITA)(fig. 3.15)

Denominação – Arcelor Mittal Inox Brasil

Usina –Timóteo - MG

Produtos – Ferro Cromo Alto Carbono (FeCrAC)

Potência instalada total – 20 MVA

Capacidade de produção –

Efetivo -600

Mercado – Produção cativa

A planta consiste um forno trifásico, fechado, de 20 MVA.

Concebida para a produção de ferro gusa, a unidade foi adaptada para produzir a liga de cromo de alto carbono (FeCrAC), que é transferido no estado líquido para os fornos elétricos produzindo aço inoxidável, com vistas a reduzir o consumo de energia.

O minério vem de ocorrências na região de Ipanema, mas a maior parte é fornecida pela Ferbasa.

O carvão vegetal está incluído no fornecimento para os altos fornos da usina siderúrgica, onde está a unidade.

3.3.2. Matérias primas e redutores

Entende-se que estão sob este título as fontes, naturais ou artificiais, de ferro e dos elementos de liga, o redutor, sob suas diversas formas e a energia elétrica.

No que diz respeito ao presente trabalho, as fontes de ferro e elementos de liga, são os minérios e escórias ricas. Considerando a grande variedade de ligas, é de se esperar que haja uma grande diversidade de fontes.

Dentro da mesma filosofia exposta anteriormente, só serão consideradas as matérias primas concernentes às ligas produzidas no Brasil.

Para a produção das ferro-ligas, todos os minérios consumidos são de origem nacional

O quadro 3.9 mostra consumos típicos, de matérias primas e insumos, para a produção das principais ligas produzidas no Brasil. Naturalmente, estes valores são apenas indicativos, já que pode haver grandes variações em função das características dos componentes da carga e dos procedimentos operacionais.

Quadro 3.9 – Consumos típicos de matérias primas e insumos

	FeMnAC	FESiMn	Si met	FeSi75	FeCr AC	FeCaSi
Minério de manganês	2313	2890				
Quartzo		330	2517	1997	30	1440
Minério de Cromo					2350	
Minério de ferro				360		
Escória Rica		647				
Calcário	230	228				2880
Carvão Vegetal			1156	960		910
Coque metalúrgico	520	530			440	
Pasta eletródica				60	25	43
Eletrodos de carbono			75			

O nióbio e o vanádio não foram incluídos, por terem tratamento específico.

Minério de Manganês

É o que tem a maior variação, tanto em termos de características químicas, quanto de localização.

Grosseiramente, poder-se-ia considerar quatro “províncias” onde há razoável disponibilidade de minério, que são a região de Corumbá, os estados de Minas e Bahia e a região do Pará, próxima a Carajás.

O mapa da figura 3.16 mostra a distribuição das reservas, no país.

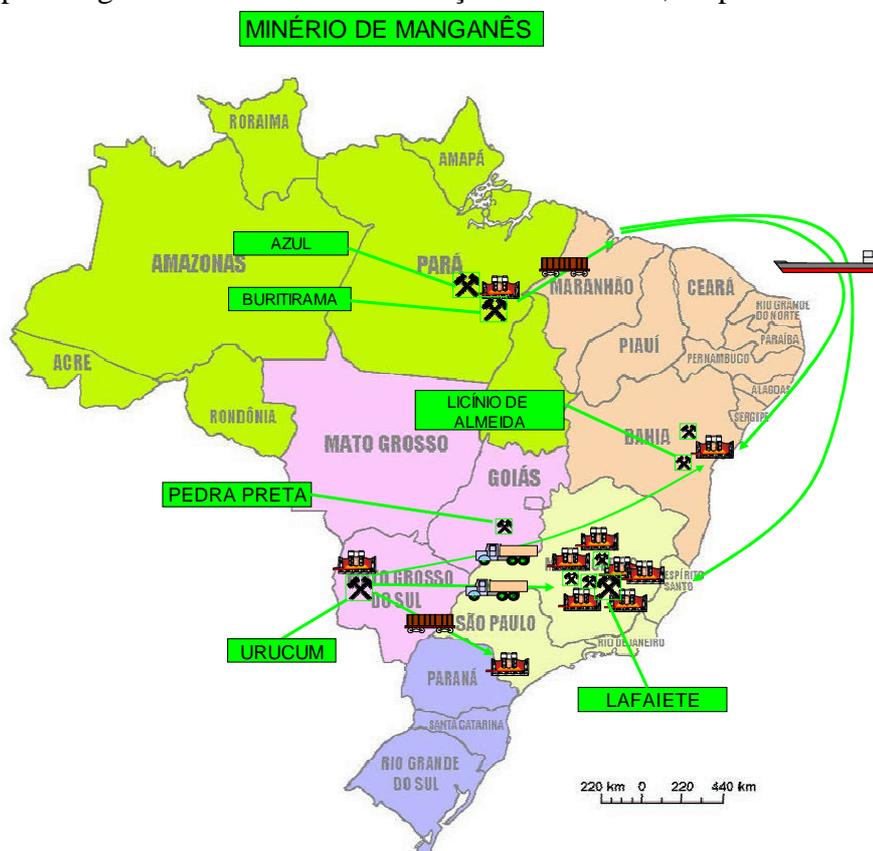


Figura 3.16 – Principais jazimentos de manganês no Brasil

No mapa são mostradas, ainda, a localização das usinas e as modalidades de transporte mais usadas em cada caso.

A potencialidade destes jazimentos pode ser avaliada pelos valores das reservas lavráveis, mostrada na figura 3.17.

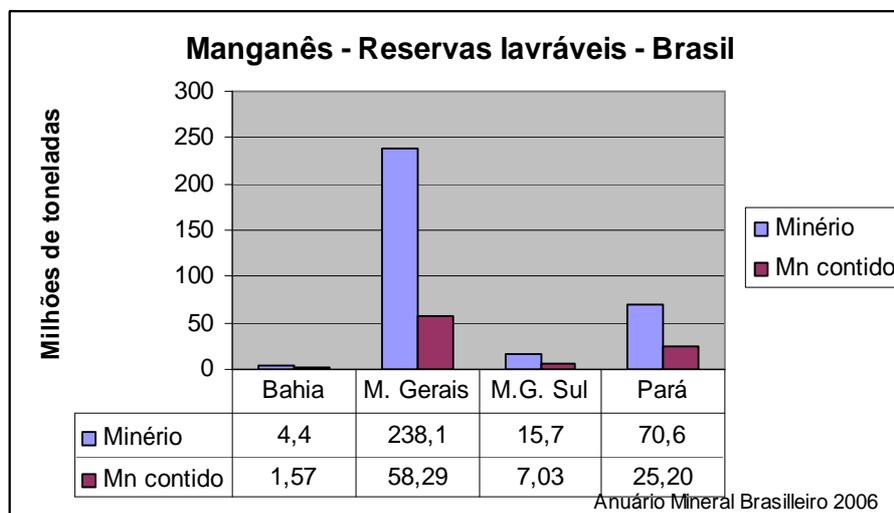


Figura 3.17 – Reservas de minério de manganês – regiões principais

Como se pode observar, as maiores reservas estão em Minas Gerais, mas são também, neste grupo, onde o teor em manganês é menor. Para se avaliar as possibilidades de utilização, em bases econômicas, há que se considerar outros fatores.

Os principais parâmetros avaliados em um minério para ligas de manganês são o teor em Mn, a relação Mn/Fe, o percentual de ganga e o teor em fósforo.

A relação Mn/Fe é fundamental para a viabilização da liga pretendida. A relação na liga é sempre menor que a do minério. Assim, se esta condição não é atendida a priori, a produção daquela liga com aquele minério, é impossível. Neste caso o que se faz é misturar minérios, de modo a se chegar à relação desejada. Esta é a prática usual, uma vez que permite aproveitar minérios de pior qualidade, reduzindo o custo da carga.

Por outro lado, mesmo que aquela relação seja satisfatória, um excessivo teor de ganga (tipicamente, sílica e alumina) vai resultar em um consumo excessivo de energia elétrica, onerando o produto. Também neste caso, a opção é a mistura de minérios.

O quadro 3.10 mostra as análises típicas de minérios brasileiros. Em função do teor em manganês, eles são classificados de minérios de alto teor (AT) e baixo teor (BT)

Quadro 3.10 – Características químicas de minérios brasileiros

	Mn	Fe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	P
Minério BT 1	38,43	13,95	8,57	2,92	0,024
Minério BT 2	30,64	1,91	32,2	4,17	0,092
Minério BT 3	32,60	2,94	23,75	5,10	0,080
Minério AT 1	47,76	3,85	2,61	7,27	0,105
Minério AT 2	47,00	10,00	2,50	1,50	0,150

Estas cinco amostras representam bem o universo dos minérios brasileiros.

Os minérios BT1, BT2 e BT3, são exemplos da Bahia e de Minas Gerais. O minério AT1 representa o Pará e o AT2, o Mato Grosso do Sul.

No quadro, podem-se identificar possibilidades de mistura, objetivando diluir a ganga, melhorar a relação Mn/Fe e diluir o fósforo. Pode-se, ainda, identificar a adequação de um minério a uma liga.

Estes exercícios não serão desenvolvidos aqui, para não estender em demasia este documento, mas pode-se afirmar que misturas de minérios são prática corrente entre os produtores de ferro-ligas de manganês. Os fluxos de transporte, indicados na figura 3.15 procuram ilustrar isto.

Quartzo

Apesar de as fontes de silício serem diversificadas, os setores de ferro-ligas e silício metálico, no Brasil, empregam apenas o quartzo. Isto decorre de o país ter, tanto em quantidade, quanto em qualidade, as maiores reservas do planeta.

Não há registros consolidados das reservas de quartzo grau metalúrgico, mas quando da apresentação dos dados das diversas usinas, ficou bem caracterizado que não se vislumbram problemas de desabastecimento de quartzo.

Minério de cromo

A única produtora de ligas de cromo para vendas no país é a Ferbasa – a produção da antiga Acesita é exclusivamente para consumo interno.

A Ferbasa é uma empresa totalmente integrada, com minas próprias que lhe abastecem. A empresa detém em torno de 85% dos direitos minerários das reservas de cromita.

As reservas lavráveis de minério de cromo estão concentradas na Bahia (4637798 t Cr contido), havendo, ainda, depósitos menores em Minas Gerais (143287) e no Amapá (174511).

Carvão vegetal/coque

O setor consome como principais redutores o carvão vegetal e o coque. O primeiro é o mais consumido, hoje totalmente originário de florestas plantadas. As empresas plantam anualmente cerca de 10.000 ha, basicamente eucalipto. A substituição do carvão vegetal pelo coque tem se mostrado tecnicamente viável para algumas ferro-ligas e, em razão disso, seu consumo vem crescendo a taxas superiores aos aumentos de produção.

A Vale Manganês substituiu totalmente o carvão vegetal por coque, que é usado também na Ferbasa, para os fornos de cromo. O carvão mineral, em casos específicos, é utilizado em mistura com o carvão vegetal ou coque. (quadro 3.3)

A seguir o consumo desses redutores entre 2002 e 2007).

Quadro 3.11 – Consumo de redutor no setor ferro-ligas.

Ano	Carvão Vegetal(t)	Coque(t)	Carvão Mineral(t)
– 2002	880.000	107.150	15.400
– 2003	939.000	113.680	–
– 2004	968.000	120.600	12.300
– 2005	1.048.000	127.920	11.000
– 2006	980.000	126.350	12.500
– 2007	1.002.000	134.057	–

Fontes: AMS – Associação Mineira da Silvicultura

Outros redutores

Para a produção de algumas ligas especiais o processo mais utilizado é o que usa a energia liberada pela oxidação do pó de alumínio, no processo conhecido por aluminotermia, onde o minério é reduzido em cadinho especial de grafite. A seguir, é apresentado o consumo de pó de alumínio por tonelada de liga.

			kg/t
— Ferro Titânio	— Fe Ti	—	415
— Ferro Molibdênio	— Fe Mo	—	111
— Ferro Tungstênio	— Fe W	—	245
— Ferro Vanádio	— Fe V	—	607
— Ferro Nióbio	— Fe Nb	—	600

Fonte: ABRAFE

3.3.3. Energia Elétrica

A energia elétrica é o principal insumo utilizado para a produção de ferroligas. As empresas brasileiras têm hoje, em seus fornos, uma capacidade instalada de cerca de 650MW. A produção própria de energia corresponde a menos de 5% dessa capacidade. Ela participa em alguns casos até 40% dos custos de produção. Como média para o setor a energia é responsável por cerca de 35% desses custos. Sua média de consumo por toneladas para as várias ferroligas é mostrada a seguir (quadro 3.12).

Quadro 3.12 – Energia elétrica - Consumos específicos típicos

			kWh/t
— Ferro Manganês Alto Carbono	— Fe Mn AC	—	3.500
— Ferro Silício Manganês	— Fe Si Mn	—	4.300
— Ferro Manganês Médio e Baixo Carbono	— Fe Mn Mc/BC	—	2.800
— Ferro Silício 75%	— Fe Si 75	—	8.600
— Ferro Silício 45%	— Fe Si 45	—	4.200
— Ferro Cromo Alto Carbono	— Fe Cr Ac	—	5.300
— Ferro Silício Cromo	— Fe Si Cr	—	8.100
— Ferro Cromo Baixo Carbono	— Fe Cr Bc	—	3.600
— Ferro Níquel	— Fe Ni	—	13.400
— Ferro Silício Zircônio	— Fe Si Zr	—	12.000
— Inoculantes		—	13.000
— Silício metálico	- Si met	-	13000

Fonte: ABRAFE

Para se avaliar a parcela da capacidade de geração comprometida com o setor, a figura 3.18 mostra as capacidades de geração com a demanda de potência, por região.

O consumo da energia elétrica pelo setor entre 1998 e 2008 foi o seguinte:

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
MWh	5.708.793	5.463.844	6.393.614	5.277.536	5.621.976	6.631.764	7.096.689	7.218.438	7.460.714	7.620.989

Fonte: ABRAFE

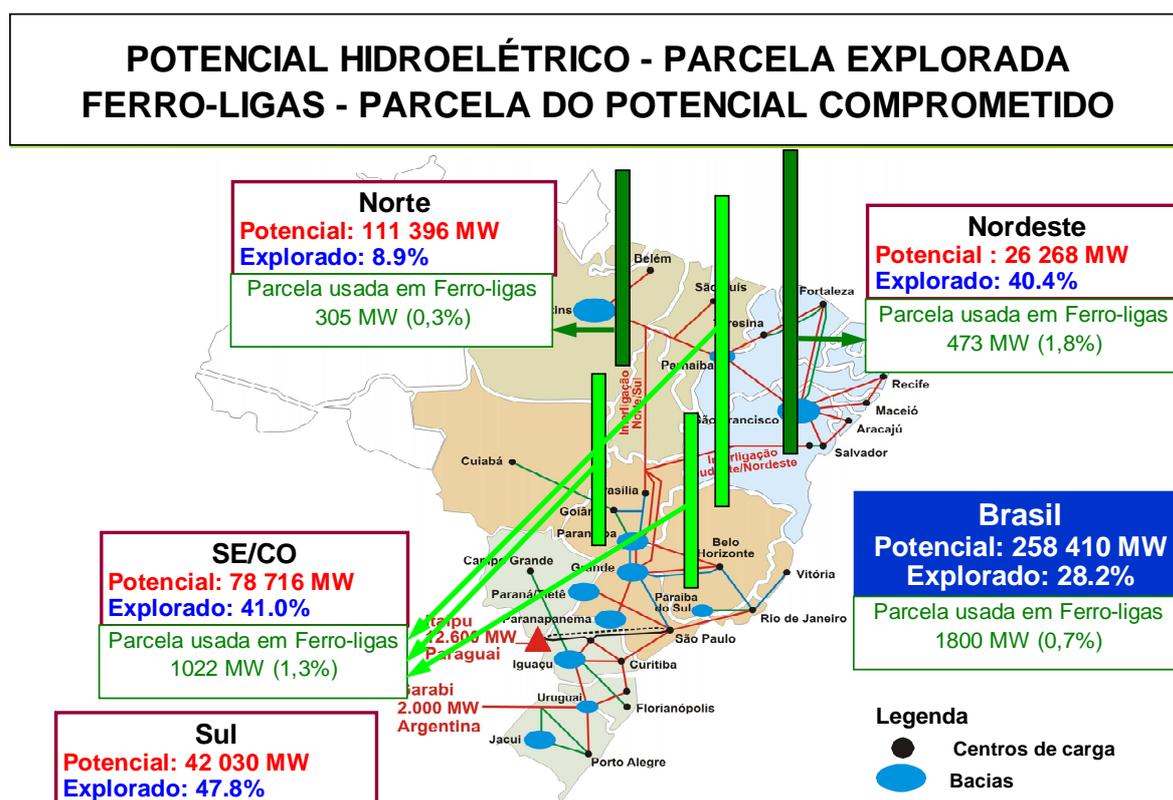


Figura 3.18 – Potencial/demanda comprometida com o setor de ferro ligas

3.4. Recursos Humanos

As empresas do setor, em 2007 tinham em seus quadros 18.320 empregos diretos. Desses, cerca de 10% eram de nível superior com predominância para engenheiros metalúrgicos, químicos e florestais. A produtividade nesse ano foi de 51 t/h ano. Uma das características desse setor é que suas fabricas estão localizadas em pequenas ou médias cidades localizadas em Minas Gerais, Goiás, Bahia e São Paulo, Mato Grosso do Sul e Ceará, onde geralmente essas empresas são a principal fonte empregadora e geradora de impostos.

Como existe uma certa variabilidade em termos de lotação e qualificação, foi estabelecido um valor médio, que fosse representativo para a maior parte das instalações.

Para tal, foram avaliadas lotações de algumas usinas e concebido um quadro de pessoal que espelhasse a condição real. Foram avaliadas as qualificações reais e as desejáveis e montada a lotação de referência. Esta se encontra no Anexo I. A distribuição por qualificação, está mostrada no quadro 3.13.

Os valores são expressos em percentagem do total.

Como a lotação nos setores administrativo e auxiliar são muito variáveis e as informações não disponíveis. O critério de estimativa da lotação, só foi aplicado ao pessoal técnico-operacional.

Quadro 3.13 – Distribuição da mão de obra em função da qualificação

Total Superior	2,50
Total técnico	7,70
Totalm qualificado	56,30
Total semi-qualificado	22,00
Total Não Qualificado	11,50

3.5. Aspectos Tecnológicos

O processo de obtenção daquelas ferroligas é a fusão redutora dos óxidos do elemento de liga em presença do ferro.

São três os redutores empregados na produção das ferroligas.

O principal é o carbono, tanto pela sua eficiência, quanto por seu custo e disponibilidade. O seu emprego só é descartado, quando o próprio carbono for prejudicial ao processo usuário. Neste caso ele é substituído pelo silício e, quando o seu poder redutor for insuficiente, pelo alumínio.

Assim, em função do redutor, são identificados três processos: carbotérmico, silicotérmico e aluminotérmico.

O processo carbotérmico se caracteriza pela absorção de calor e, portanto, exige que seja realizado com aporte de calor externo. Na grande maioria dos processos de produção de ferro-ligas, este aporte é feito com energia elétrica. O equipamento empregado é o forno elétrico de arco submerso, que será caracterizado mais adiante.

O processo silicotérmico desenvolve calor, mas na maior parte dos casos, este é insuficiente para a compleição do processo. Nestes casos, a complementação das necessidades energéticas também é feita por meio de energia elétrica. O equipamento empregado é o forno elétrico de arco aberto.

No processo aluminotérmico, o calor desenvolvido é, na maioria das vezes, suficiente para a finalização do processo. Neste caso, o uso de energia externa não é obrigatória, podendo, porém, ser usada em substituição de parte do alumínio, por razões econômicas.

O quadro 3.14 mostra, para as ligas selecionadas, os redutores e os equipamentos correspondentes.

Quadro 3.14– Redutores e equipamentos para as ligas selecionadas

LIGA	REDUTOR	EQUIPAMENTO	% da Produção
Si met	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	18,8
FeSi75	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	15,1
FeSi45	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	
FeMnAC	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	10,4
FeMnMC	Silício ou Refino oxidante	Forno Elétrico de Arco Aberto ou Vaso Tipo Convertedor	5,0
FeMnBC	Silício	Vaso Tipo Convertedor	
FeSiMn	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	24,4
FeCrAC	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	13,5

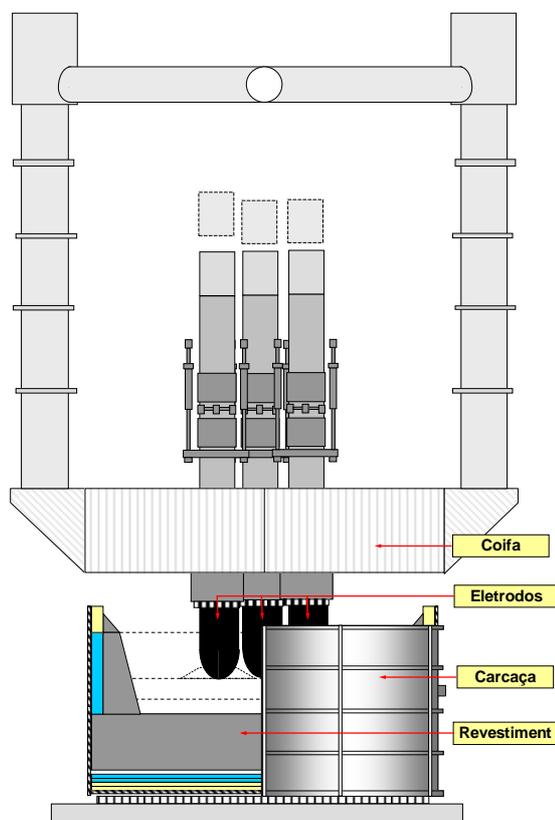
FeCrMC	Silício	Forno Elétrico de Arco Aberto	
FeCrBC	Refino Oxidante	Vaso Tipo Convertedor	1,6
FeCrEBC	Refino Oxidante	Vaso Tipo Convertedor (vácuo)	
FeSiCr	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	1,0
FeNb	Alumínio	Forno Elétrico de Arco submerso ou Reator de Aluminotermia	3,2
FeP	Carbono	Forno Elétrico de Arco submerso	0,0
FeV	Alumínio	Reator de Aluminotermia	

Como se observa, há uma ampla predominância dos processos usando o carbono como redutor e conduzindo o processo em Fornos Elétricos de Arco Submerso.

O equipamento básico é o forno, constituído de uma carcaça, revestida internamente com material refratário, onde é adicionada a carga. O aquecimento é feito por meio de três eletrodos (sistema trifásico), que são inseridos na carga. Os gases gerados no processo são exauridos via coifa, montada sobre o forno.

O processo é contínuo: a carga constituída de minério e redutor é introduzida na parte superior do forno, passa por etapas de aquecimento, fusão e redução, gerando liga e escória, que são vazadas pela parte inferior. À medida que a carga desce, mais material é carregado, dando continuidade ao processo. O aquecimento e a manutenção da zona de alta temperatura, necessária para que se dê a fusão e redução, é feita pela passagem da corrente elétrica, introduzida no forno por meio dos três eletrodos, conectados ao transformador do forno.

A configuração típica de um forno elétrico de redução é mostrada na figura 3.19



Figur 3.19- Forno elétrico de redução – esquema do conjunto

Os eletrodos são de carbono. No caso do silício metálico, este eletrodo é, na maioria dos casos, de carbono amorfo, previamente cozido. Em todos os demais casos, os eletrodos são formados a partir de uma mistura pastosa, constituída de coque de petróleo e piche. Esta mistura, quando aquecida, sofre uma destilação e, em temperaturas mais elevadas, completa o cozimento e se consolida. À medida que os eletrodos se consomem, mais pasta é adicionada no topo, assegurando a continuidade do processo.

A configuração mostrada tem mero propósito ilustrativo. Em relação ao esquema básico, existem variações que vão depender do tipo de liga, das condições de operação ou de concepção do projetista.

Dentre estas variantes se destaca o tipo de fechamento do forno. Sob este enfoque, os fornos podem ser abertos, fechados e semi-fechados. Este terceiro tipo não existe no Brasil.

O esquema de fechamento dos dois primeiros casos, é mostrado na figura 3.20.

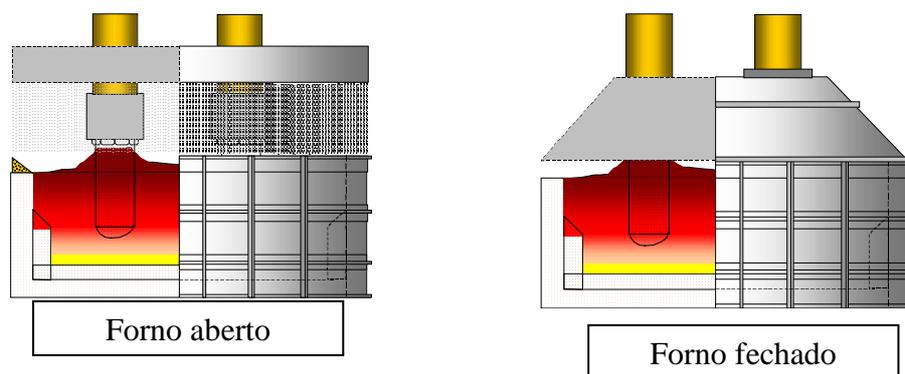


Figura 3.20 – Tipos de fechamento de fornos elétricos de redução

O forno aberto tem um menor custo de investimento e o controle operacional é mais flexível, enquanto o fechado tem um menor consumo de energia, melhor aproveitamento energético e menor volume de gases para tratar.

Na figura 3.21 é mostrado um fluxograma típico da operação de uma unidade produtora de ferroligas, a partir de um forno elétrico de redução.

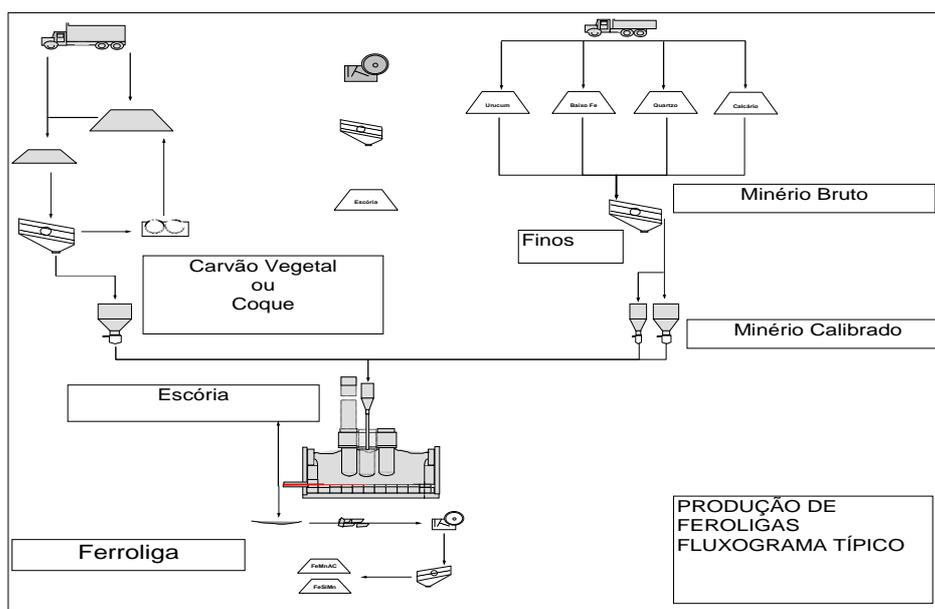


Figura 3.21 – Fluxograma típico da produção de ferroliga pelo processo carbotérmico

3.6. Aspectos Ambientais

As empresas desse setor já fizeram acordos com órgãos ambientais dos estados onde elas se localizam para instalar filtros nas chaminés para reter o material particulado desprendido nas chaminés. Atualmente os fornos que já tem instalados esses filtros superam 50% do total.

Os índices típicos de emissões, assim como o tipo e a eficiência dos sistemas de captura, são mostrados, para as principais ligas, nas figuras 3.22 E 3.23.

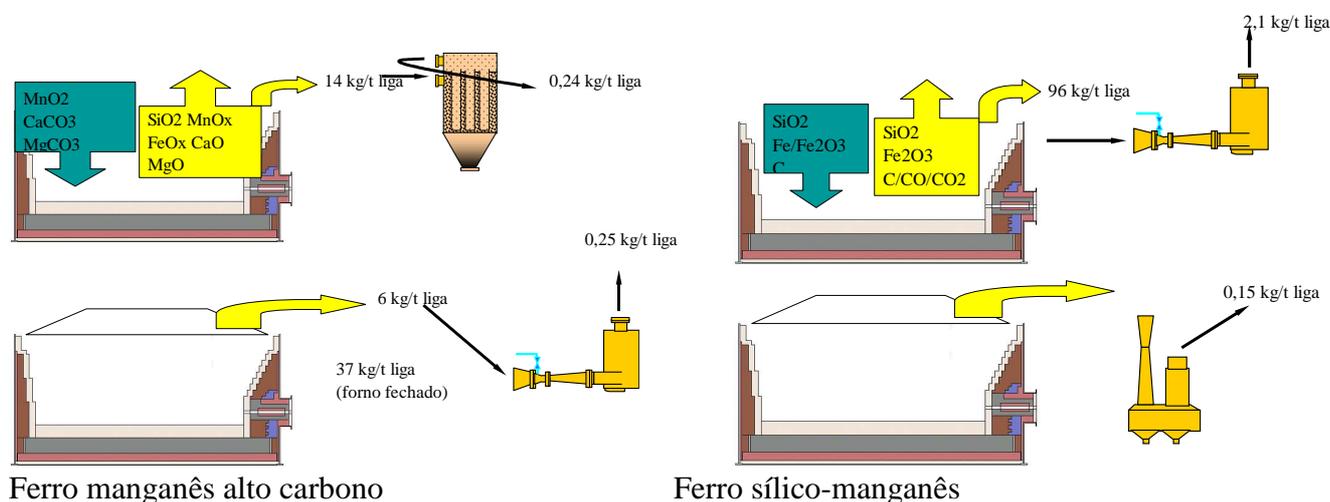


Figura 3.22 – Emissões de poluentes e eficiência dos sistemas de controle (fonte EPA)

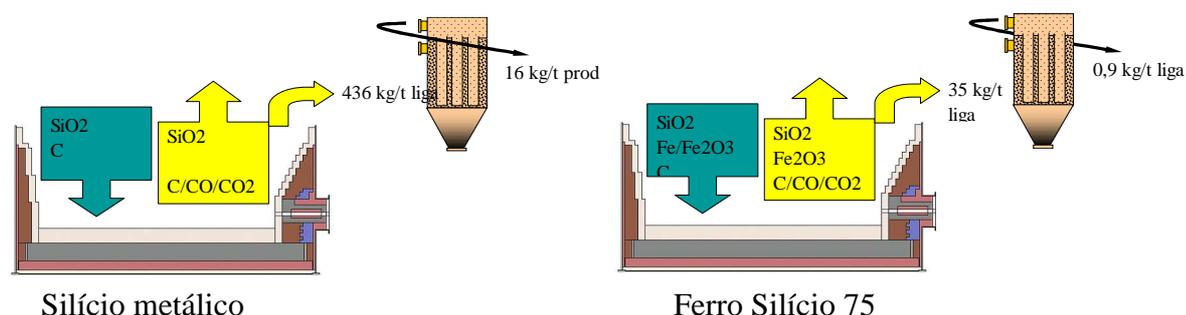


Figura 3.23 – Emissões de poluentes e eficiência dos sistemas de controle (fonte EPA)

Como ilustrado, de um modo geral a captura em fornos abertos é feita por filtros de manga e em fornos fechados, com lavadores.

Os valores mostrados são indicativos e podem variar de instalação para instalação.

Um exemplo típico são os valores mostrados para o silício metálico. Os volumes gerados dependem da prática operacional e as emissões podem ser menores, com mangas especiais.

As quantidades totais emitidas e captadas são mostradas mais adiante.

Uma contribuição interessante da indústria de ferro ligas para o meio ambiente, particularmente o segmento silício, é a captura e não a emissão de CO_2 para a atmosfera. A indústria necessita de uma extensa área de reflorestamento para atender a suas necessidades de carvão vegetal, que corresponde a cerca de 140 mil hectares de florestas plantadas. Esta vasta área de reflorestamento, aliada às melhorias na capacidade de plantio e aumento da produtividade do solo proporcionam um benefício de redução de CO_2 para a atmosfera que pode chegar até 52 milhões de toneladas de CO_2 em 20 anos. Estes aspectos são quantificados mais adiante.

Evolução da Produção de FERROLIGAS e faturamento da indústria

Em 2007 as empresas faturaram R\$ 3,857 bilhões entre vendas no mercado interno e exportação. Isto representa um faturamento de R\$ 210,5 mil/ano por empregado.

Há que se considerar que no ano de 2007 o mercado estava superaquecido, com demanda crescente. Assim, o uso deste valor como referência deve ser feito com reservas.

A produção nacional de ferroligas, no período 1970 a 2007 evoluiu a uma taxa de 6,1% ao ano. Passou de 99.219t para 1020.008t. No mesmo período as exportações evoluíram 17.718t para 340.949t e as importações passaram de 6.055t em 1972 para 89.886t em 2007.

A figura 3.24, a seguir, mostra a evolução anual da produção no período mencionado.

Produção

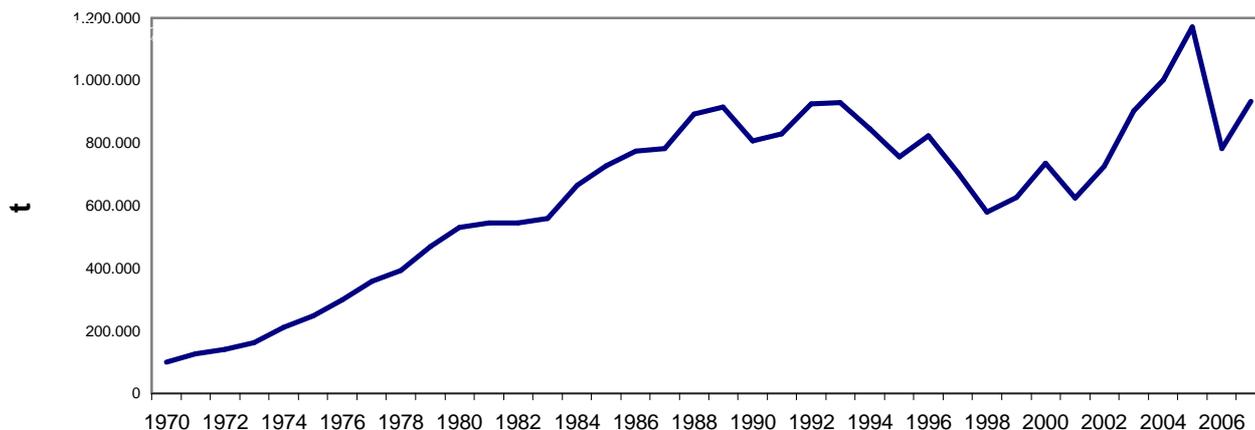


Figura 3.24 – Evolução histórica da produção brasileira de ferro-ligas.

Fonte: ABRAFE

A figura 3.25 mostra a evolução das vendas externas no período 1970 – 2007

A queda verificada a partir da década de 90 sugere a perda de algumas vantagens competitivas decorrentes de incentivos e o aumento do preço da energia elétrica. Naturalmente, há que se considerar que a demanda interna também cresceu.

EXPORTAÇÃO

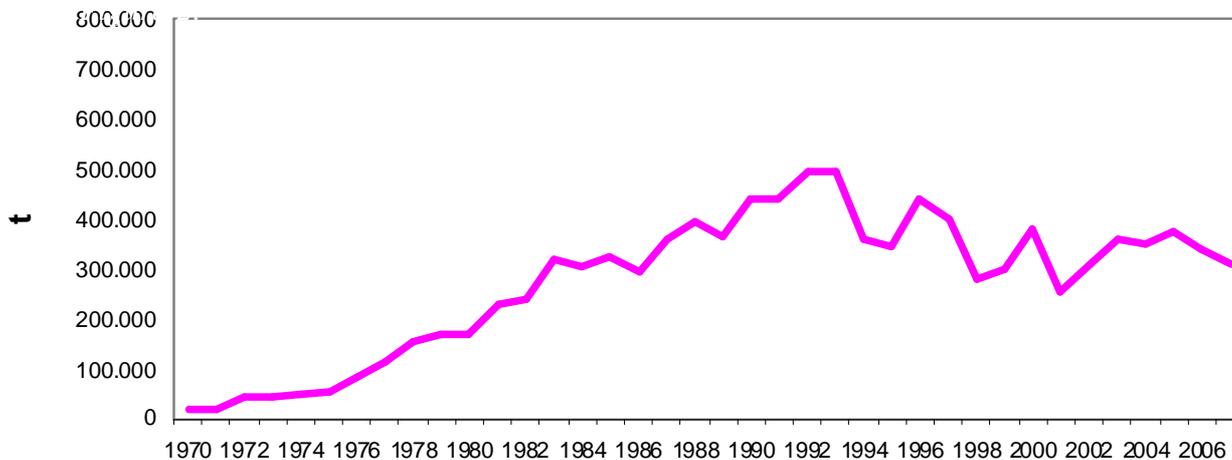


Figura 3.25– Evolução histórica da exportação brasileira de ferro-ligas

Fonte: ABRAFE/SECEX/DTIC

O comportamento da importação pode ser dividido em 2 períodos: de 1970 a 1989 quando era bem baixa a tonelagem importada e de 1990 a 2007 quando esse valor atingiu 89.886t (figura 3.26).

Este é um reflexo da globalização da economia.

A média aos 38 anos foi de 2,5% a.a.

IMPORTAÇÃO

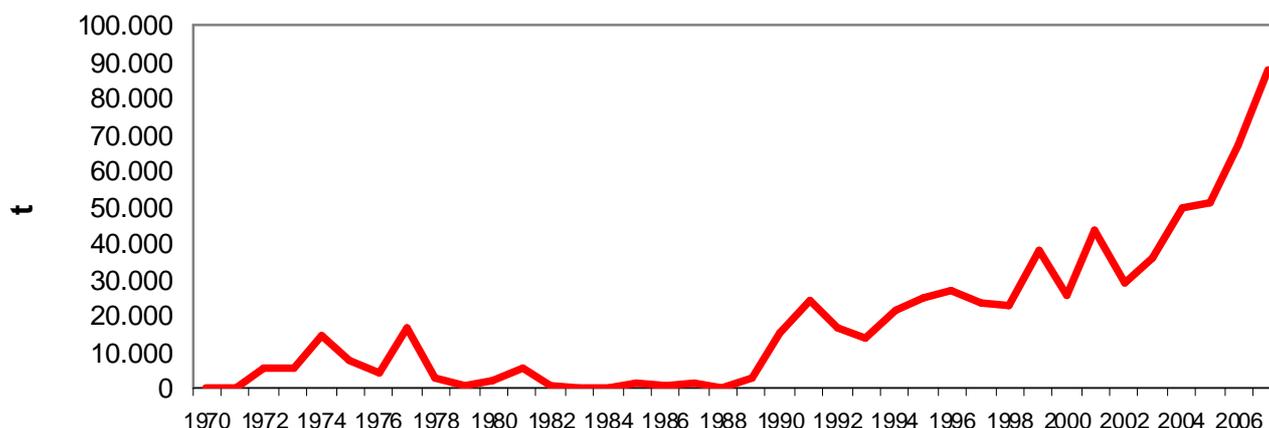


Figura 3.26 – Evolução histórica da importação de ferro-ligas pelo Brasil.

Fonte: SECEX/DTIC

O consumo aparente resultante, também variou de 81.501t para 518.638t, significando uma evolução de 5,0% ao ano entre 1970 e 2007. (figura 3.27)

CONSUMO APARENTE

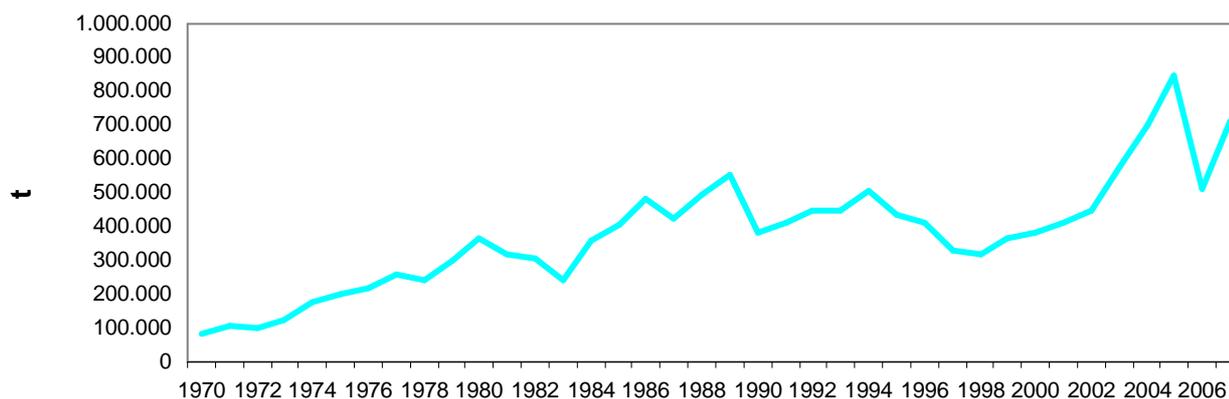


Figura 3.27 – Evolução histórica do consumo aparente de ferro-ligas pelo Brasil

Fonte: ABRAFE

Os únicos setores consumem de ferro-ligas são os setores siderúrgicos e o de fundição de ferro e de aço. Portanto é muito estreita a relação de consumo das ferro-ligas, com a produção de aço que consome 85% do total e o setor de fundição de ferro e aço os 15% restantes.

Naturalmente, como já mencionado, o silício metálico não se inclui nesta relação. A sua dependência, ou seja, o seu mercado, como já visto, é a indústria de alumínio e de silicões.

Evolução e tendência do preço de mercado

Os preços das ferro-ligas no mercado interno guardam estreita relação com os do mercado internacional. É de alguma forma, adotado o princípio da indiferença de mercado, onde as alíquotas tanto de importação quanto de exportação estão zeradas.

Essa situação permite ao consumidor escolher seus fornecedores, sejam no mercado interno ou externo.

Isto, obviamente, não pode ser encarado como uma perda de mercado por parte da indústria nacional, mas apenas um ajuste às leis de mercado. Adicionalmente, esta competição fez com que o setor evoluísse e se tornasse mais competitivo no mercado externo.

Como referencia, a media de preços das diversas ferroligas exportadas pelo Brasil entre 1998 e 2007 foram os mostrados no quadro 3.15

Quadro 3.15 Variação dos preços de ferro-ligas no decêndio

LIGA	US\$/FOB Variação		
	Valor médio	Valor mínimo	Valor máximo
— Ferro Manganês Alto Carbono	567	389	943
— Ferro Silício Manganês	587	387	1.083
— Ferro Manganês Baixo Carbono	896	666	1.544
— Ferro Silício 75%	773	572	1.125
— Ferro Cromo Alto Carbono	888	482	1.383
— Ferro Silício Cromo	816	450	1.500
— Ferro Cromo Baixo Carbono	2.249	1.647	2.739
— Ferro Níquel Baixo Carbono	3.952	1.468	11.200
— Ferro Nióbio	9.259	8.200	14.812
— Ferro Cálcio Silício e Outros	854	597	1.136

Fonte: SECEX/DTIC
ABRAFE

Apesar de acompanharem as tendências do setor siderúrgico em termos quantitativos, as oscilações dos seus preços são de amplitude maior do que o do aço. Acrescentando-se a isto o impacto da crise, torna-se precário o estabelecimento de preços de referência, com base no período recente.

A figura 3.28 mostra a variação de três importantes ligas, ao longo dos últimos doze meses.

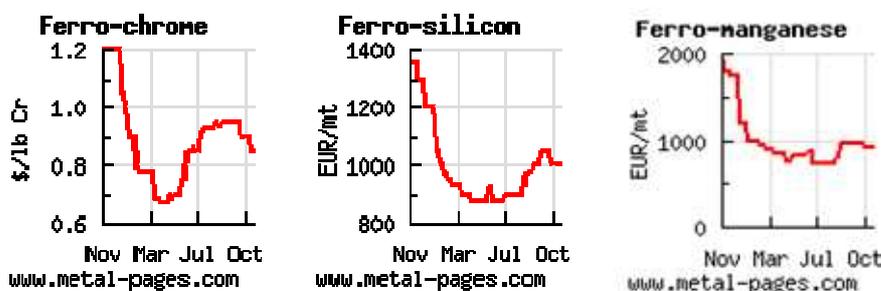


Figura 3.28– Oscilação dos preços - ligas selecionados

Investimentos na indústria de ferroligas

O valor do investimento foi baseado no de uma planta de médio porte, completa, com subestação.

Normalmente o investimento em instalações deste tipo são referidos à potência instalada.

O valor de referência é de US\$ 1.090.000,00/MVA, para uma usina nova (greenfield) e de US\$760.000,00/MVA, para ampliações (brownfield)

Como se vê, há uma certa independência entre o tipo de liga e o valor do investimento . Naturalmente, como as produtividades são variáveis, o custo de capital, por tonelada de produto, é diferente para cada um.

A título indicativo, no quadro 3.15 são mostrados os valores de investimento para as principais ligas e silício metálico.

Quadro 3.15 – Valores estimados do investimento referido a ligas selecionadas

Liga de referência	Implantação (greenfield)	Ampliação (brownfield)
	US\$/t-ano	US\$/t-ano
Ferro manganês	663,00	463,00
Ferro sílico-manganês	815,00	570,00
Ferro silício 75	1630,00	1135,00
Ferro cromo alto carbono	1005,00	700,00
Silício metálico	2465,00	1720,00

Nesta avaliação, considerou-se que expansão seria tanto na forma de instalações novas, quanto de ampliação das existentes. No cálculo destes valores unitários foram considerados os índices da tabela 3.11 (consumos específicos).

Considerando os valores indicados e as projeções para a indústria siderúrgica, incluindo o setor de fundição de ferro e aço estima-se que para atender a demanda interna e externa, o investimento total será da ordem de 970 milhões de dólares.

Na figura 3.29 é mostrada a curva acumulada do investimento.

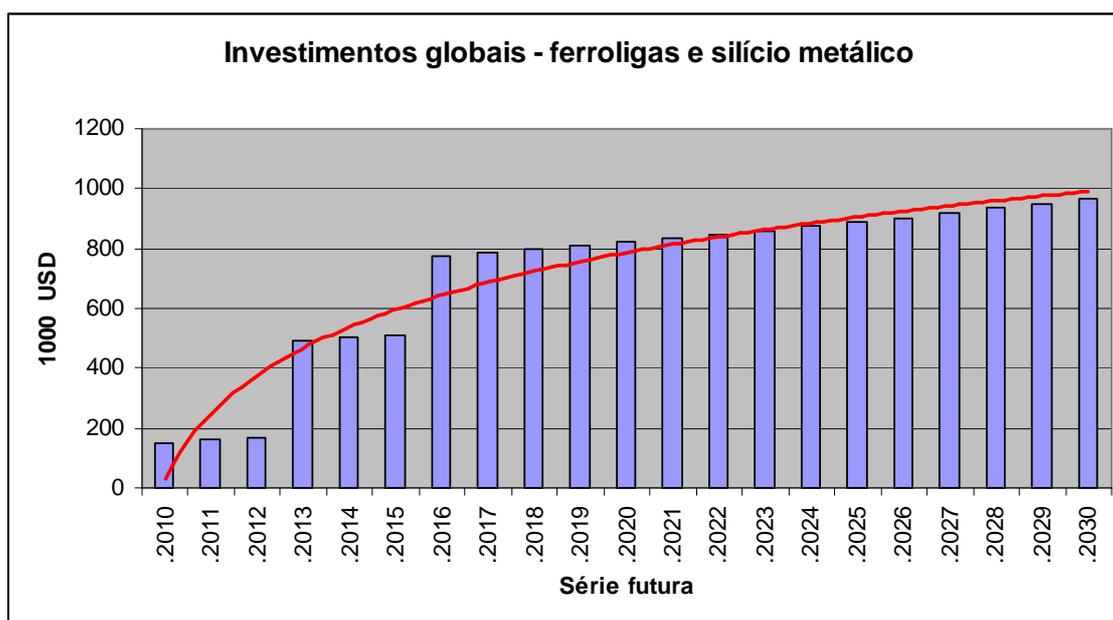


Figura 3.29 – Investimentos – Curva cumulativa - Período

4. USOS DAS FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO.

Qualitativamente, os usos das ferroligas já foi mostrado anteriormente (Capítulo 3.1.2 , Quadro 3.1)

Os valores representam os consumos específicos, de cada liga, calculados a partir dos dados de consumo das diversas usinas.

Quadro 4.1 – Ferroligas – Consumos específicos

	Kg/t -	
	Siderúrgico	Fundição
– Ferro Manganês Alto Carbono	– 3,5	– 8,6
– Ferro Silício Manganês	– 4,5	– 2,3
– Ferro Manganês Médio e Baixo Carbono	– 0,6	– 0,4
– Ferro Silício 75%	– 2,4	– 9,4
– Ferro Silício 45%	– 0,01	– 3,1
– Ferro Cálcio Silício	– 0,08	– 0,5
– Ferro Cromo Alto Carbono	– 2,9	– 5
– Ferro Silício Cromo	– 0,02	– 0,04
– Ferro Cromo Baixo Carbono	– 0,5	– 1,1
– Ferro Níquel	– 1,7	– 0,2
– Ferro Silício Zircônio	– 0	– 0,06
– Ferro Fósforo	– 0,03	– 0,05
– Ferro Nióbio	– 0,05	– 0,08
– Ferro Titânio	– 0,01	– 0,05
– Ferro Silício Magnésio	– 0,03	– 5,7

Como já mencionado, o consumo só ocorre nas siderurgia e no setor de fundição.

No caso do silício metálico, os usos predominantes são para a fabricação de ligas não ferrosas, com ênfase para as ligas de alumínio, e na indústria química, para a fabricação de silicones. Uma proporção indicativa seria de 60% para ligas e 40% para silicones.

5. CONSUMO ATUAL E PROJETADO DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO

Estes indicadores têm pouca significância, uma vez que, como já mencionado, trata-se de produtos intermediários, com mercado específico.

No quadro 3.16 é mostrada a evolução da produção no período recente.

Quadro 5.1 – Produção mundial de ferroligas e silício metálico

	2002	2003	2004 ^e	2005 ^e	2006 ^e
Forno elétrico	t/ano	t/ano	t/ano	t/ano	t/ano
FeCrAC	5.050.000	6.070.000	6.600.000	6.910.000	7.390.000
FeSiCr	127.000	123.000	131.000	128.000	129.000
FeMnAC	2.750.000	3.090.000	3.770.000	3.720.000	4.110.000
FeNi	984.000	975.000	1.040.000	1.090.000	1.080.000
FeSi75	4.210.000	4.940.000	5.640.000	5.710.000	5.940.000
FeSiMn	4.360.000	4.690.000	6.090.000	6.430.000	7.550.000
Si met	688.000	708.000	726.000	711.000	560.000
Outros	904.000	1.080.000	1.440.000	2.410.000	4.660.000
TOTAL	19.100.000	21.700.000	25.400.000	27.100.000	31.400.000

6. PROJEÇÃO DA PRODUÇÃO DE FERROLIGAS E SILÍCIO METÁLICO

Na análise, a seguir, foi considerada a Série Histórica, abrangendo o período compreendido entre 1995 e 2007 e a Série Futura, compreendendo o período 2010 – 2030.

O ano de 2008 e os resultados parciais de 2009, não foram computados, por compreenderem duas situações atípicas, uma de superaquecimento e a seguinte, de recessão profunda. O uso destes dados poderia gerar falsas referências.

Ao contrário de outros segmentos, a diversidade de produtos gera igual diversificação de tendências e impactos. Assim, para se chegar a valores que tenham alguma representatividade, principalmente em se tratando de um horizonte de vinte anos, foram analisadas à parte, os dois principais grupos de ligas : as de manganês e as de silício.

Ligas de Manganês

Compreendem as ligas

Ferro Manganês Manganês Alto carbono – FeMnAC

Ferro Sílico-Manganês – FeSiMn

Ferro Manganês Médio Carbono – FeMnMC

A liga de médio carbono pode ser produzida a partir da liga de alto carbono, via refino oxidante, ou a partir do sílico-manganês, por silicotermia. Ambos os processos são usados no Brasil – o primeiro na Vale-Bahia e o segundo na Vale-Barbacena. Como há a tendência de concentrar a produção na Bahia, este será o processo adotado como referência.

Produção

Série histórica (quadro 6.1)

As fontes de dados foram o Anuário da ABRAFE (Associação Brasileira dos Produtores de Ferro Ligas) de 2004 e o Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico do MME, edição de 2008.

Como se pode observar, o setor passa por oscilações, que estão estreitamente relacionadas com as do setor siderúrgico. Observa-se, também a predominância das ligas FeSiMn, como já comentado anteriormente.

Apesar de pequena, a participação da liga de médio carbono tem crescido, o que indica uma tendência de sofisticação dos produtos siderúrgicos brasileiros.

Como referência para a capacidade instalada atual, usou-se o valor máximo verificado na série histórica. Este número é o ponto de partida da série futura.

Tabela 6.1 – Produção de ligas de manganês – série histórica

	FeMnAC	FeSiMn	FeMnMC
.1995	108053	167162	22154
.1996	181860	232218	33400
.1997	124132	175919	28398
.1998	112966	124458	24583
.1999	62126	148384	23134
.2000	88845	171304	32432
.2001	66111	180235	29905
.2002	126680	182731	29755
.2003	124418	261658	52317
.2004	122409	285629	57562
.2005	209500	341600	47600
.2006	229000	292400	52100
.2007	136000	225400	58100

As ligas de manganês estão diretamente relacionadas com o setor de ferro e aço, ou seja, os segmentos siderúrgico e de fundição, que é o seu único mercado. Assim, a sua evolução, ou retrocesso é sempre relacionado às tendências daqueles setores, com ampla predominância da siderurgia.

As projeções de produção foram baseadas nas tendências e participações identificadas no passado recente. Os principais parâmetros influentes considerados, são os relacionados a seguir:

- Consumo específico – os consumos específicos médios, observados nas ligas de manganês, são os apresentados no quadro 6.1

Quadro 6.1 – Consumos específicos típicos das ligas de manganês

	Siderurgia	Fundição	Consumo interno
		kg/t produto	% da produção total
FeMnAC	3,5	8,6	75,6
FeSiMn	4,5	2,3	69,4
FeMnMC/BC	0,6	0,4	55,9

A grande disparidade entre os consumos da liga alto carbono na siderurgia e fundição, se deve à grande proporção de peças fundidas de alto manganês. A maior participação da liga sílico-manganês na siderurgia, decorre do seu uso intensivo como desoxidante.

- Proporções siderurgia-fundição – A série recente mostra uma ligeira tendência de alta da participação do setor de fundidos no contexto global da produção de ferro e aço. Este valor tende a se estabilizar no patamar de 8%, que será o número adotado para este indicador.

- Parcela do consumo doméstico - A última coluna do quadro 6.1 mostra o percentual das ligas produzidas, consumido no mercado interno. Para efeito de avaliação futura, considerou-se que esta proporção permaneceria no horizonte considerado.

Usando estes valores a adotando as projeções de produção indicadas no relatório do setor siderúrgico (RT58), a produção de cada liga, no período 2010 – 2030 é estabelecido, e mostrado na tabela 6.2

Os valores projetados estão relacionados com o Cenário 2 (cenário vigoroso).

Como já mencionado, considera-se como efetiva capacidade do parque atual, o pico da produção no período recente, que foi a do ano de 2006. Este pico considera a capacidade conjunta das três famílias de ligas de manganês. Não podem ser usados valores individuais, porque os fornos são intercambiáveis e, assim, o aumento de produção de uma liga se dá em detrimento da outra.

Como se pode observar, os incrementos se dão por saltos, que é uma consequência de a série futura é de caráter discreto.

Mas, a exemplo do que se vê na série histórica as capacidades são mais ou menos utilizadas, em função do mercado.

Tabela 6.2 – Produção de ligas de manganês – série futura

	FeMnAC	FeSiMn	FeMnMC
.2010	228687	277694	47687
.2011	228687	277694	47687
.2012	228687	277694	47687
.2013	347714	422229	72508
.2014	347714	422229	72508
.2015	347714	422229	72508
.2016	444148	539329	92617
.2017	444148	539329	92617
.2018	444148	539329	92617
.2019	444148	539329	92617
.2020	444148	539329	92617
.2021	444148	539329	92617
.2022	444148	539329	92617
.2023	444148	539329	92617
.2024	444148	539329	92617
.2025	444148	539329	92617
.2026	444148	539329	92617
.2027	444148	539329	92617
.2028	444148	539329	92617
.2029	444148	539329	92617
.2030	444148	539329	92617

Ligas de silício e silício metálico

Apesar de haver outras ligas, o ferro-silício com 75% de silício (FeSi75) é absoluto no mercado e será tomado como referência.

O silício metálico considerado será o grau metalúrgico.

Como há diferenças importantes em algumas conotações, na maior parte dos gráficos os produtos são apresentados em separado.

As fontes de dados foram o Anuário da ABRAFE (Associação Brasileira dos Produtores de Ferro Ligas) de 2004 e o Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico do MME, edição de 2008.

Como se pode observar, enquanto o ferro silício passa por oscilações, que estão estreitamente relacionadas com as do setor siderúrgico, o silício metálico está sob a influência do setor Alumínio e indústria química. (tabela 6.3)

Assim, as projeção da série futura do silício metálico se baseou na evolução prevista para a indústria do alumínio e a de silicões. A evolução da parcela referente a ligas de alumínio, se baseou nas informações do RT-62. As taxas de crescimento relativas ao setor químico, particularmente o de silicões.

As do ferro silício foram feitas dentro da mesma linha adotada para as ligas de manganês.

Igualmente, em ambos os casos, a parcela destinada ao mercado externo, foi considerada invariável, ao longo do período.

Para o ferro silício, referido à liga com 75% de silício, os consumos específicos médios na siderurgia e na fundição são os que se seguem

Ferro Silício (FeSi75) Fundição – 9,40 kg/t peça
Siderurgia – 2,40 kg/t aço

Tabela 6.3 – Produção de silício e ligas de silício– série histórica

	Si met	FeSi75
.1995	115.756	240.066
.1996	150.054	234.007
.1997	136.884	210.438
.1998	126.744	156.660
.1999	136.572	196646
.2000	166.344	188.735
.2001	112.123	159.345
.2002	133.390	145.910
.2003	180.937	156.824
.2004	219.813	177.245
.2005	229294	199.856
.2006	226380	196.814
.2007	225120	196403

Tabela 6.3 – Produção de silício e ligas de silício– série futura

	Si met	FeSi75
.2010	231603,5	249000
.2011	239663,3	249000
.2012	248003,5	249000
.2013	256634,1	378600
.2014	265564,9	378600
.2015	274806,6	378600
.2016	284369,9	483600
.2017	294265,9	483600
.2018	304506,4	483600
.2019	315103,2	483600
.2020	326068,8	483600
.2021	337416	483600
.2022	349158,1	483600
.2023	361308,8	483600
.2024	373882,3	483600
.2025	386893,4	483600
.2026	400357,3	483600
.2027	414289,7	483600
.2028	428707	483600
.2029	443626	483600
.2030	459064,2	483600

O principal uso em fundição é como energético, enquanto na siderurgia o maior consumo está na desoxidação do aço.

Ao contrário das ligas de manganês, a intercambiabilidade de fornos, em princípio possível, tem implicações mais complexas, não é prática comum, só sendo feita quando de mudanças definitivas de produto.

Ligas de cromo

A liga mais empregada é a de alto carbono. A liga sílico-cromo dificilmente é comercializada – a sua produção se destina a fabricar ligas de baixo carbono.

As ligas de médio e baixo carbono foram extensamente usadas no passado, quando sua participação era de 30%. Atualmente, com o advento dos processos a vácuo, a liga alto carbono, mais barata, pode substituir as de médio/baixo carbono, cuja participação caiu para 5%.

Como mais de 70% do uso do cromo é na fabricação de aços inoxidáveis, a variação da produção deste vai influir diretamente na produção da liga.

A tabela 6.4 mostra a evolução da produção da liga.

Tabela 6.3 – Produção de cromo série histórica

FeCrAC	2003	2004	2005	2006	2007
Produção	179408	188836	170303	166547	167540
Exportação	27	148	116	185	4779

Como se pode observar, existe um queda de produção, mesmo no período de demanda aquecida. Além disto, pode-se constatar a baixa participação no mercado externo. Isto sugere que os setores usuários são específicos e, ainda, que o produto está direcionado quase que exclusivamente para o mercado doméstico.

A evolução da produção brasileira também apresenta um sólido crescimento, porém, o volume não é significativo quando comparado com a produção mundial. Há, porém, um grande potencial, considerando que o consumo per capita no país está muito aquém do que seria compatível com seu desenvolvimento econômico.

Considerando as taxas de crescimento do inox ao cromo, obtém-se os números registrados no quadro 6.4

Tabela 6.3 – Produção de cromo série futura

.2010	.2011	.2012	.2013	.2014	.2015	.2016	Anos
152	164	178	192	207	224	242	FeCrAC
.2017	.2018	.2019	.2020	.2021	.2022	.2023	Anos
261	282	304	329	355	383	414	FeCrAC
.2024	.2025	.2026	.2027	.2028	.2029	.2030	Anos
447	483	522	563	609	657	710	FeCrAC

7. PROJEÇÃO DAS NECESSIDADES DE RECURSOS HUMANOS

Para se ter um valor representativo da mão de obra, foram considerados apenas o pessoal técnico e operacional (incluindo manutenção). Considerou-se, ainda, a produção combinada de ligas alto carbono e sílico-manganês. Finalmente, adotou-se no turno o regime de quatro letras.

Nas tabelas 7.1 e 7.2 é mostrado o número de empregos diretos, referidos à produção.

Naturalmente, como mostrado na série histórica, mesmo em se tratando de mão de obra operacional, as oscilações do quadro não têm a amplitude sugerida pelo gráfico da série histórica. Como, no entanto, ela é uma referência, a conotação é válida., já que nestas condições admite-se que os números indicados se referem a uma lotação ideal, isto é, sem ociosidade ou sobrecarga.

Com base nestas considerações, tomou-se como referência a média da mão de obra, calculada segundo aquele critério, dos últimos cinco anos da série histórica. Com isto, pretende-se eliminar o efeito de oscilações bruscas.

O valor assim calculado dá uma lotação de 1400 homens.

Conforme mostrado na série futura, prevê-se um aumento do quadro de 110%, a partir de 2016.

Tabela 7.1 – Lotação de pessoal série histórica

	FeMnAC	FeSiMn	FeMnMC
.1995	251	500	71
.1996	423	695	107
.1997	289	526	91
.1998	263	372	79
.1999	144	444	74
.2000	206	512	104
.2001	154	539	96
.2002	294	547	95
.2003	289	783	167
.2004	285	854	184
.2005	487	1022	152
.2006	532	875	167
.2007	316	674	186

Tabela 7.2 – Lotação de pessoal série futura

	FeMnAC	FeSiMn	FeMnMC
.2010	532	831	152
.2011	532	831	152
.2012	532	831	152
.2013	808	1263	232
.2014	808	1263	232
.2015	808	1263	232
.2016	1032	1613	296
.2017	1032	1613	296
.2018	1032	1613	296
.2019	1032	1613	296
.2020	1032	1613	296
.2021	1032	1613	296
.2022	1032	1613	296
.2023	1032	1613	296
.2024	1032	1613	296
.2025	1032	1613	296
.2026	1032	1613	296
.2027	1032	1613	296
.2028	1032	1613	296
.2029	1032	1613	296
.2030	1032	1613	296

Para o silício e ligas, valem as mesmas considerações, feitas anteriormente, sobre as “oscilações” da lotação. Como já se disse, estes valores poderiam ser interpretados como o grau de ocupação da força de trabalho.

Tabelas 7.3 e 7.4 foram calculadas segundo o mesmo critério

Tabela 7.3 – Lotação de pessoal série histórica

	Si met	FeSi75
.1995	756	1118
.1996	980	1090
.1997	894	980
.1998	828	730
.1999	892	916
.2000	1086	879
.2001	732	742
.2002	871	680
.2003	1181	730
.2004	1435	826
.2005	1497	931
.2006	1478	917
.2007	1470	915

Tabela 7.4 – Lotação de pessoal série futura

	Si met	FeSi75
.2010	1512	1160
.2011	1565	1160
.2012	1619	1160
.2013	1676	1763
.2014	1734	1763
.2015	1794	1763
.2016	1857	2252
.2017	1921	2252
.2018	1988	2252
.2019	2058	2252
.2020	2129	2252
.2021	2203	2252
.2022	2280	2252
.2023	2359	2252
.2024	2441	2252
.2025	2526	2252
.2026	2614	2252
.2027	2705	2252
.2028	2799	2252
.2029	2897	2252
.2030	2998	2252

Considerando o conjunto de produtos, ter-se-á uma força de trabalho de cerca de 8200 pessoas. Considerando o período de 20 anos haverá, além das admissões, as substituições de praticamente toda a força de trabalho atual. Para se avaliar as necessidades de treinamento/formação, aquele total foi distribuído por categoria, com a escolaridade correspondente.

Quadro 7.1 – Qualificação da mão de obra

Categoria	Escolaridade	Quantidade
Superior	Terceiro Grau Completo	205
Técnico	Segundo Grau Completo	630
Qualificado	Segundo Grau Completo	4620
Semi-qualificado	Segundo Grau Incompleto	1804
Não Qualificado	Primeiro Grau Completo	943

8. ARCABOUÇO LEGAL, TRIBUTÁRIO E DE INCENTIVOS FINANCEIROS E FISCAIS

Apesar da isenção de impostos sobre a quantidade vendida para o mercado externo, o setor recolhe sobre a comercialização ao mercado interno diversos imposto e contribuições sobre o faturamento (ICMS, IPI, PIS, COFINS), além de contribuições sobre a folha de pagamento e os impostos sobre o resultado (IRPJ e CSLL).

A carga tributária sobre o valor adicionado do setor corresponde a 28,5%, sendo a maior participação do Imposto sobre a Circulação de Mercadoria (ICMS) com 10,4% , a Contribuição ao Financiamento da Seguridade Social (CONFINS) com 5,9%, o Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) com 3,9% , e o Programa de Integração

Social (PIS) com 1,3% que são incidentes sobre a venda, totalizam 21,5%. Os

impostos sobre a renda contribuíram com 9,3% de Impostos de Renda (IRPJ) e 3,3% da Contribuição Social sobre o Lucro líquido (CSLL) totalizando 12,6%, outros impostos

9. ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA

Os diversos fatores de produção da cadeia produtiva estão desenvolvidos nos Anexos.

10. CENARIO PARA 2030

A partir de meados de 2008 a economia mundial entrou em forte recessão, derrubando todas as previsões de consumo, principalmente de produtos básicos como o aço e fundidos de ferro e aço. Isso gerou uma necessidade de revisão de todas as estimativas de mercado futuro das materiais primas básicas.

Como as ferroligas são consumidas exclusivamente pelos setores siderúrgicos e de fundição de ferro e aço, seu abastecimento e consumo ao mercado interno estão estreitamente atrelados às produções daqueles setores.

A média histórica de exportação de ferroligas pelo Brasil é da ordem de 30% de sua produção. É estratégico para esse setor manter esse percentual de produção para venda nos mercados internacionais conquistados nos últimos 40 anos, o que foi previsto nas projeções.

Para manter esse quadro de pleno abastecimento interno e exportação de 30% de sua produção, que é o objetivo do setor, será necessário expandir a capacidade instalada atual para cerca de 1,8 milhões de toneladas de ligas, além de 0,6 milhões de toneladas de silício metálico e mais 0,24 milhões de toneladas no final dos anos 20, como foi mostrado nas projeções do capítulo anterior.

Nesse nível de capacidade, o consumo de energia elétrica deverá se situar em 13 milhões de MWh/ ano, com uma potência instalada de 2320 MVA. A área plantada de florestas homogêneas deverá atingir 240 mil hectares e deverão ser gerados mais 6.000 empregados diretos.

Para aumentar sua capacidade instalada em deverão ser investidos somente, nas usinas, cerca de US\$ 970 milhões nos próximos 20 anos.

Existem atualmente 3 projetos para produção de ferro níquel. A Anglo American, Vale e o Grupo Votorantim estão implantando esses projetos que juntos deverão acrescentar cerca de 80 mil toneladas de níquel contido em ferro níquel. Porém com a recessão eles tiveram uma redução na velocidade de implantação, mas por volta de 2013 todos deverão ter iniciado sua produção.

No que se refere a emissões, das 268000 t geradas, 260000 t são captadas, desde que os sistemas de captação empregados sejam os adequados. As emissões de gases de efeito estufa atingirão 4,1 milhões de toneladas por ano.

Com respeito ao minério, além do manganês, os demais estão satisfatoriamente equacionados.

Com efeito,

O único produtor de cromo para venda, já detém mais de 90% das reservas conhecidas, no Brasil.

Os dois produtores de nióbio também operam com jazidas próprias, sendo que um delas tem 80% das reservas mundiais do metal.

A qualidade, qualidade e distribuição do quartzo favorecem a localização e/ou expansão das usinas sem o perigo de desabastecimento.

O manganês, já abordado, ocorre em quatro estados, mas com qualidade e volume bastante diferentes. Sendo assim, as usinas fazem misturas de minérios para assegurar a qualidade do produto e um custo de energia compatível. Mas, à medida que a capacidade aumenta, os momentos de transporte também. O ideal seria a disponibilidade de uma jazida de características adequadas, próxima à usina, mas isto nem sempre é possível.

Finalmente, esse planejamento do setor para expandir sua capacidade instalada nesta extensão dependerá do equacionamento de uma política de energia elétrica.

Como vimos, a energia elétrica é de longe, o principal insumo do setor produtor de ferroligas, participando em até 40% dos custos de produção de algumas delas. Sem a garantia de uma política consistente de abastecimento desse insumo a preços competitivos internacionalmente essas metas não só não serão atingidas como irão também comprometer a atual capacidade instalada. O que se constata é que as tarifas de energia no Brasil nos últimos 20 anos subiram muito acima das praticadas nos principais países concorrentes do Brasil no mercado internacional de ferroligas.

11. RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

Os produtores de ferroligas, desde os anos 60, investiram em implantações e expansões visando não só poder atender totalmente o mercado interno, bem como participar significativamente nos mercados internacionais.

Os únicos setores consumidores dessas ligas são os siderúrgicos e os de fundição de ferro e de aço. Pelas estimativas de produção desses setores para a segunda metade dos anos 20 a produção de ferroligas para continuar a atender totalmente esses mercados e continuar participando nos mercados internacionais na mesma intensidade que vem fazendo nos últimos 30/40 anos terá que expandir sua produção para os patamares indicados.

Para se chegar nesse nível de produção será essencial equacionar o problema da energia elétrica, tanto em disponibilidade como em preços competitivos internacionalmente. Sem isso o setor corre o sério risco de não conseguir atender à demanda interna nem como produzir aos níveis da produção de 2007. A tarifa de energia elétrica industrial no Brasil para as ferro ligas é hoje, mais elevada do que a da maioria de seus concorrentes no mercado internacional. Se de um lado, a redução do custo da energia é desejável, o desenvolvimento de tecnologias e procedimentos que levem à redução do seu consumo, também o é.

No caso do abastecimento de matérias primas, duas localizações se apresentam.

A primeira é no Pará, próximo às grandes reservas de minério de alto teor (Azul e Buritirama). Estes jazimentos são os únicos a terem condições de fornecer minério de alto teor e baixo ferro, adequados para a produção das ligas alto carbono.

Minas Gerais tem imensas reservas mas, via de regra, de baixo teor e/ou alto ferro. Ali, uma expansão seria direcionada para a fabricação da liga sílico manganês.

Seria desejável, ainda, o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa no sentido de identificar soluções tecnológica para um melhor aproveitamento destes minérios.

Os particulados captados, especialmente os dos fornos de manganês e cromo devem ser aglomerados e reciclados aos fornos.

Além disto, o setor deve direcionar seus esforço no sentido de enobrecer o produto, como, por exemplo, aumentando a parcela de silício metalúrgico para grau solar, ligas de ferro silício de alta pureza, assim como ligas de manganês de baixo fósforo.;

Finalmente, para fazer frente a estes desafios, há que se estimular as universidades a oferecerem cursos e desenvolverem pesquisas contemplando estes e outros aspectos correlacionados.

Concluindo, o setor de ferro ligas no Brasil é sólido, diversificado, mas, ao mesmo tempo, especializado em alguns produtos.

Do lado das ligas especiais, ele é hegemônico, no que se refere ao nióbio e é forte candidato a ocupar a mesma condição, com o vanádio.

12. BIBLIOGRAFIA

- Anuários da ABRAFE, anos 1981, 1987, 1992, 2000, 2007.
- Anuário estatístico – Setor Metalúrgico – 2008 – Ministério de Minas e Energia
- Relatório Técnico 62 - Perfil do alumínio - Projeto Estal - Luiz Felipe Quaresma
- Relatório Técnico 58 - Perfil do aço - Projeto Estal - Luiz Felipe Quaresma
- Panorama da Siderurgia Brasileira - Instituto Brasileiro de Siderurgia – IBS, agosto 2009.
- Mercado de Fundição – Anuário 2009.
- Oitenta Anos de Ferroligas no Brasil – ABRAFE, 1986.
- O Setor de Ferro Ligas – Relatório Final – TECNOMETAL – Estudos e Projetos Industriais S.A – 1986.
- Metalurgia dos Ferro-Ligas, Universidade Federal de Minas Gerais, 1978.
- Electrometallurgy of Steel and Ferroalloys – F. P. Edneral – Mir Publishers – Vol 2
- Anuário Mineral Brasileiro - MME 2008
- EPA Emission factors
- CO₂ Emission Factors for Non-energy use in the Non-ferrous Metal, Ferroalloys and Inorganics Industry - Milo Sjardin, BSc University of Utrecht
- Vantagens comparativas e competitivas do uso do biocombustível sólido na indústria siderúrgica nacional - Ronaldo Santos Sampaio
- Relatório Técnico 62 - Perfil do alumínio - Projeto Estal - Luiz Felipe Quaresma
- Relatório Técnico 58 - Perfil do aço - Projeto Estal - Luiz Felipe Quaresma
- Nióbio – Produção – IBRAM 2009
- Nióbio Rui Fernandes P. Júnior- DNPM/GO 2007
- Manganês André Luiz Santana – DNPM/Pará 2007
- Análise das estratégias para competitividade de uma indústria: Estudo do setor de ferroligas do Estado de Minas Gerais – Dissertação de Mestrado – Luciano Guimarães Garcia – FEAD – Minas Gerais
- Planejamento do Setor Elétrico Brasileiro - Iran de Oliveira Pinto
- Departamento de Planejamento Energético – SPE/MME
- Notas pessoais – Relatórios Reservados – Paulo von Krüger

13. ANEXOS

ANEXO – COMPLEMENTAÇÃO E DETALHAMENTO

RETROSPECTIVA E TENDÊNCIAS

Na análise, a seguir, foi considerada a Série Histórica, abrangendo o período compreendido entre 1995 e 2007 e a Série Futura, compreendendo o período 2010 – 2030.

O ano de 2008 e os resultados parciais de 2009, não foram computados, por compreenderem duas situações atípicas, uma de superaquecimento e a seguinte, de recessão profunda. O uso destes dados poderia gerar falsas referências.

Ao contrário de outros segmentos, a diversidade de produtos gera igual diversificação de tendências e impactos. Assim, para se chegar a valores que tenham alguma representatividade, principalmente em se tratando de um horizonte de vinte anos, foram analisadas à parte, os dois principais grupos de ligas : as de manganês e as de silício.

Serão apresentados, e comentados, aspectos referentes a:

Produção

Demanda e consumo de energia elétrica

Redutores : Coque metalúrgico, coque de petróleo, carvão vegetal

Minérios, Escórias ricas, sucata

Mão de Obra

Investimentos

Emissões de CO₂ , resíduos sólidos captados e particulados emitidos.

A1. LIGAS DE MANGANÊS

Compreendem as ligas

Ferro Manganês Manganês Alto carbono – FeMnAC

Ferro Sílico-Manganês – FeSiMn

Ferro Manganês Médio Carbono – FeMnMC

A liga de médio carbono pode ser produzida a partir da liga de alto carbono, via refino oxidante, ou a partir do sílico-manganês, por silicotermia. Ambos os processos são usados no Brasil – o primeiro na Vale-Bahia e o segundo na Vale-Barbacena. Como há a tendência de concentrar a produção na Bahia, este será o processo adotado como referência.

Produção

Série histórica (figura A1.1)

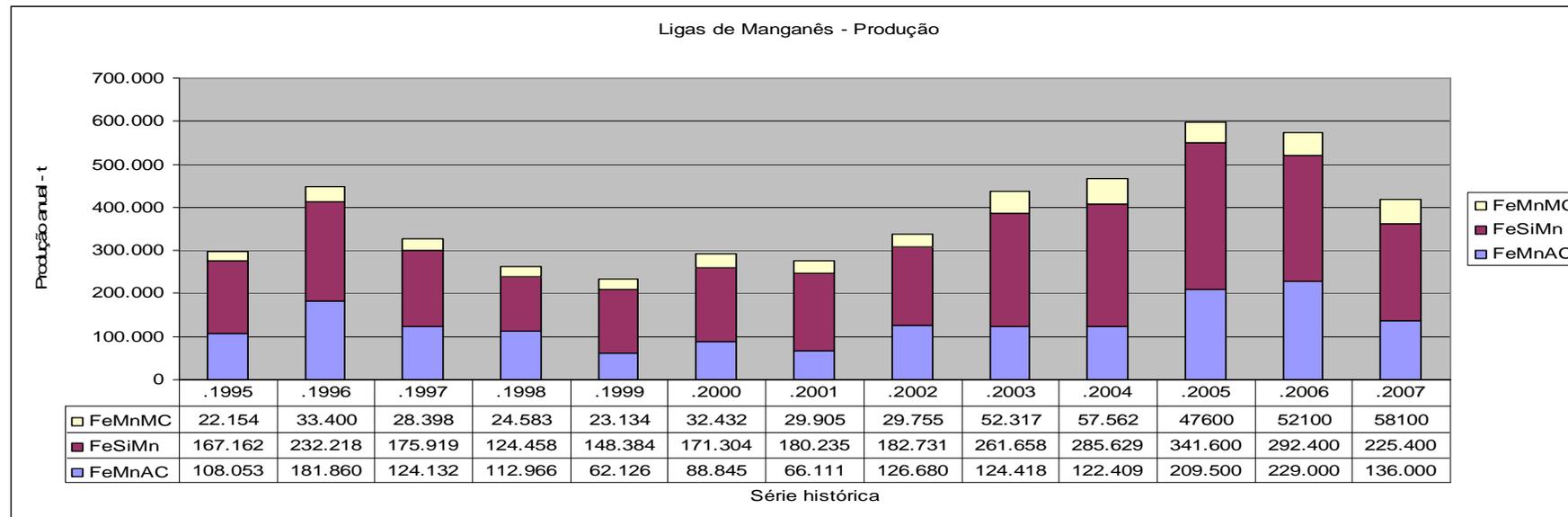


Figura A1.1 – Produção de ligas de manganês – série histórica

As fontes de dados foram o Anuário da ABRAFE (Associação Brasileira dos Produtores de Ferro Ligas) de 2004 e o Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico do MME, edição de 2008.

Como se pode observar, o setor passa por oscilações, que estão estreitamente relacionadas com as do setor siderúrgico. Observa-se, também a predominância das ligas FeSiMn, como já comentado anteriormente.

Apesar de pequena, a participação da liga de médio carbono tem crescido, o que indica uma tendência de sofisticação dos produtos siderúrgicos brasileiros.

Como referência para a capacidade instalada atual, usou-se o valor máximo verificado na série histórica. Este número é o ponto de partida da série futura.

As ligas de manganês estão diretamente relacionadas com o setor de ferro e aço, ou seja, os segmentos siderúrgico e de fundição, que é o seu único mercado. Assim, a sua evolução, ou retrocesso é sempre relacionado às tendências daqueles setores, com ampla predominância da siderurgia.

As projeções de produção foram baseadas nas tendências e participações identificadas no passado recente. Os principais parâmetros influentes considerados, são os relacionados a seguir:

- Consumo específico – os consumos específicos médios, observados nas ligas de manganês, são os apresentados no quadro A1.1

Quadro A1.1 – Consumos específicos típicos das ligas de manganês

	Siderurgia	Fundição	Consumo interno
	kg/t aço	kg/t produto	% da produção total
FeMnAC	3,5	8,6	75,6
FeSiMn	4,5	2,3	69,4
FeMnMC/BC	0,6	0,4	55,9

A grande disparidade entre os consumos da liga alto carbono na siderurgia e fundição, se deve à grande proporção de peças fundidas de alto manganês. A maior participação da liga sílico-manganês na siderurgia, decorre do seu uso intensivo como desoxidante.

- Proporções siderurgia-fundição – A série recente mostra uma ligeira tendência de alta da participação do setor de fundidos no contexto global da produção de ferro e aço. Este valor tende a se estabilizar no patamar de 8%, que será o número adotado para este indicador.

- Parcela do consumo doméstico - A última coluna do quadro 2.1 mostra o percentual das ligas produzidas, consumido no mercado interno. Para efeito de avaliação futura, considerou-se que esta proporção permaneceria no horizonte considerado.

Usando estes valores a adotando as projeções de produção indicadas no relatório do setor siderúrgico (RT58), a produção de cada liga , no período 2010 – 2030 é estabelecido, e mostrado na figura 2.2

Os valores projetados estão relacionados com o Cenário 2 (cenário vigoroso).

Como já mencionado, considera-se como efetiva capacidade do parque atual, o pico da produção no período recente, que foi a do ano de 2006. Este pico considera a capacidade conjunta das três famílias de ligas de manganês. Não podem ser usados valores individuais, porque os fornos são intercambiáveis e, assim, o aumento de produção de uma liga se dá em detrimento da outra.

Como se pode observar, os incrementos se dão por saltos, que é uma consequência de a série futura é de caráter discreto.

Mas, a exemplo do que se vê na série histórica as capacidades são mais ou menos utilizadas, em função do mercado.

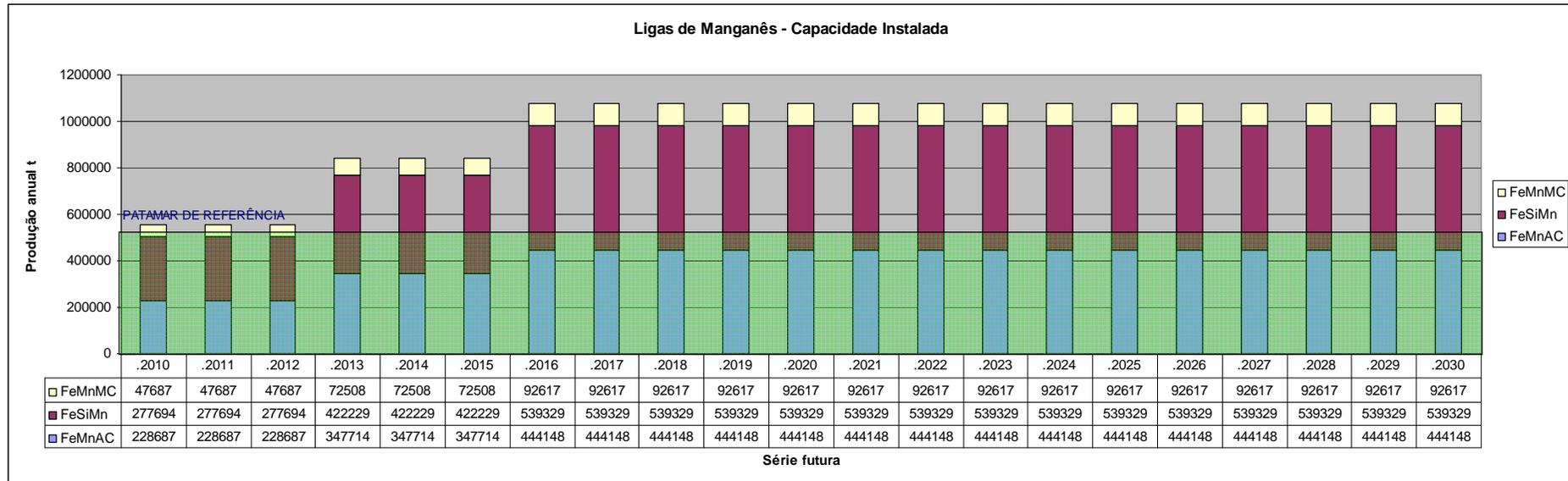


Figura A1.2 – Produção de ligas de manganês – série futura

Consumo de energia elétrica

Série histórica (figura A1.3)

Os valores da energia elétrica consumida, foram baseados em consumos específicos típicos, registrados nas usinas brasileiras. Com o aumento das tarifas de energia elétrica, tem-se envidado esforços no sentido de reduzir o consumo.

Os valores adotados são

Ferro Manganês Alto Carbono	2400 kWh/t liga
Ferro Sílico-Manganês	3800 kWh/t liga
Ferro Manganês Médio carbono	2400 kWh/t liga

O valor atribuído às ligas de médio carbono, corresponde à da liga de alto carbono que lhe deu origem.

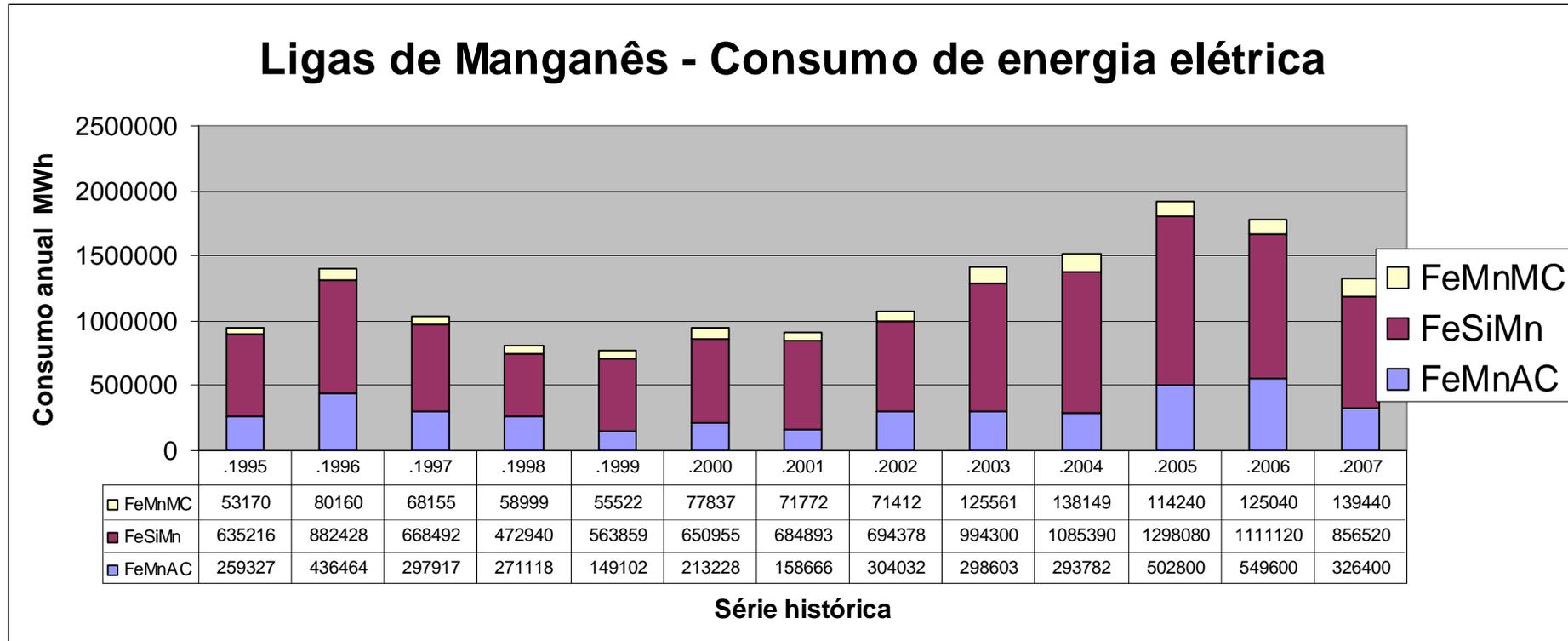


Figura A1.3 – Consumo de energia elétrica – série histórica

Também aqui, o pico do consumo foi tomado como correspondente à capacidade máxima, referido a um “mix” de produção representativo.

Série futura (figura A1.4)

Os valores foram calculados sobre as produções já determinadas e considerando os consumos específicos já mostrados.

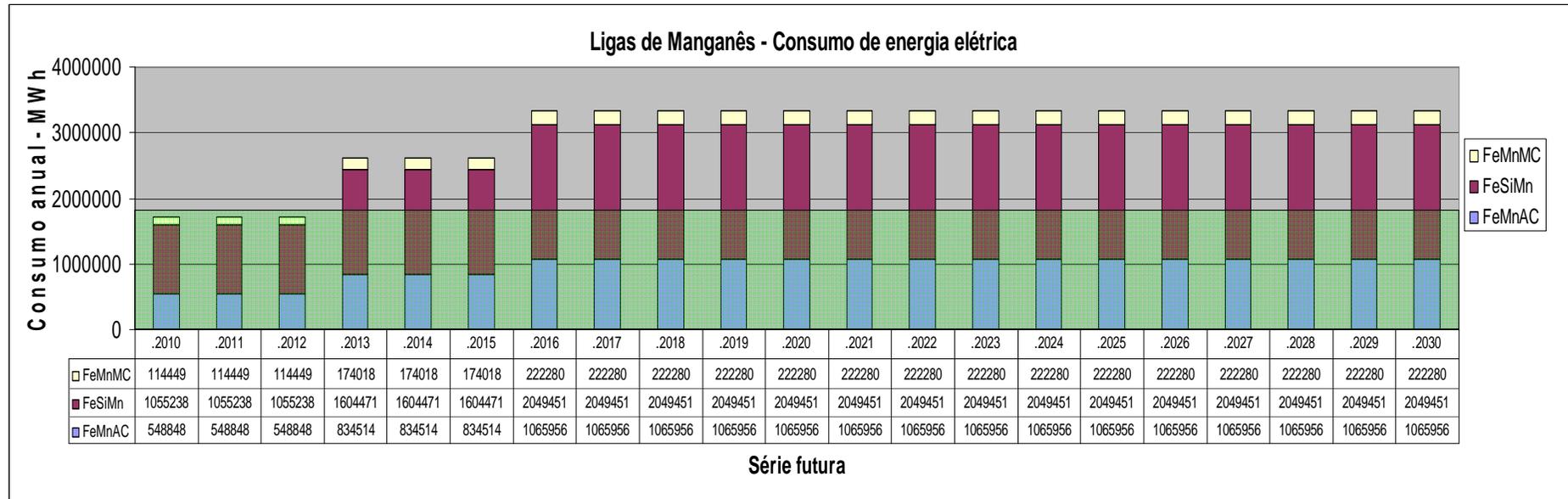


Figura A1.4 – Consumo de energia elétrica – série futura

Como se pode observar, até 2013, o consumo de energia elétrica estará nos mesmos patamares da série recente. Isto sugere que o sistema de distribuição atual, atende, neste período. A partir daquele ano, vai haver aumento de carga nos sistemas de distribuição.

Naturalmente, para um nível de consumo, corresponde uma demanda, que está diretamente relacionada com a potência instalada, tanto nos usuários, quanto nas unidades geradoras. Estas devem estar em condições de atender às demandas requeridas. Esta é uma condição sine qua non, para a implantação de novas potências.

As demandas passadas (figura 2.5) foram calculadas a partir dos consumos específicos, das horas de operação dos fornos e da produção, já calculada. Adotou-se um tempo de utilização de 7560 h/ano e um fator de potência no circuito do forno, de 0,75.

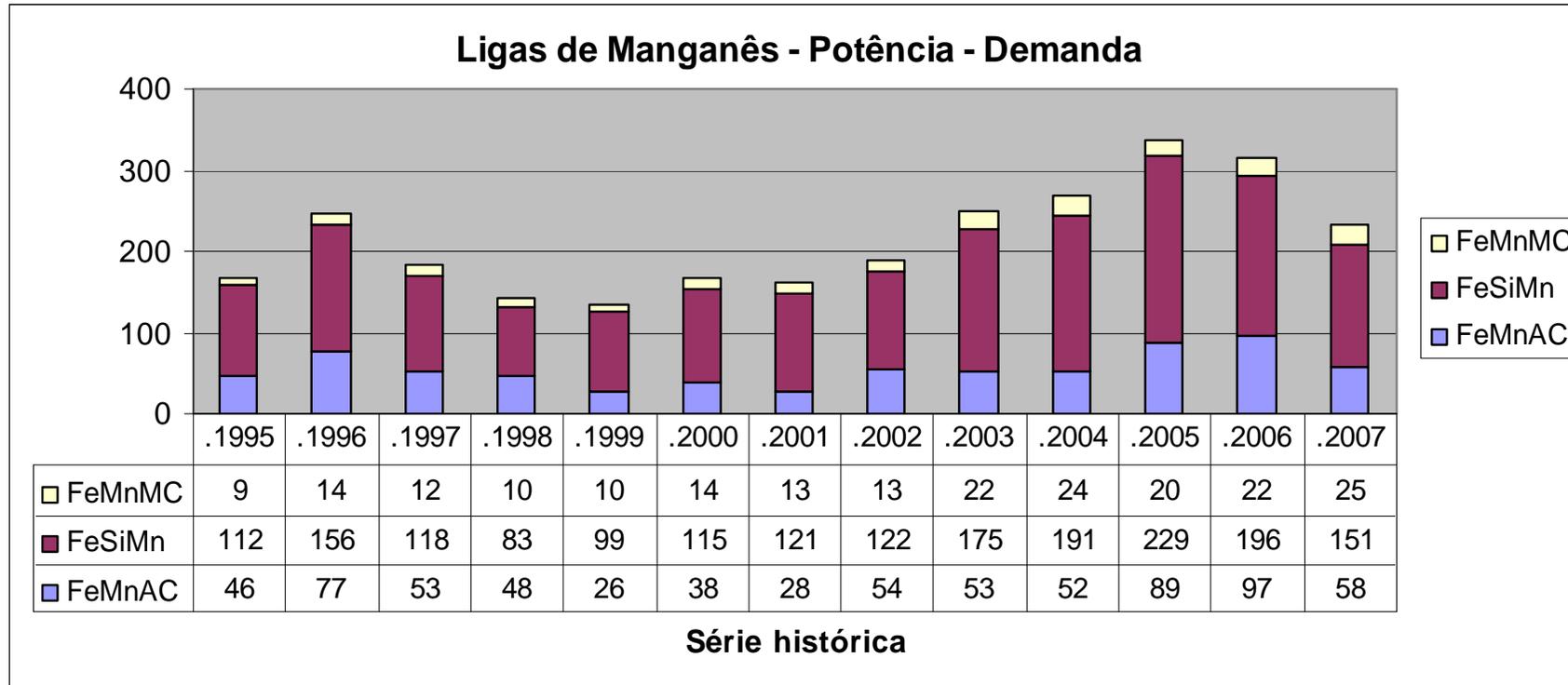


Figura A1.5 – Potência disponibilizada – Demanda – Série histórico

Como se pode observar, o valor da potência varia numa amplitude e sentido igual ao da produção, o que se traduz no nível de utilização dos transformadores.. A exemplo do que foi feito anteriormente, o valor de pico foi considerado como o da máxima demanda do sistema atual e a base de referência para a série futura.

Série futura A1.6

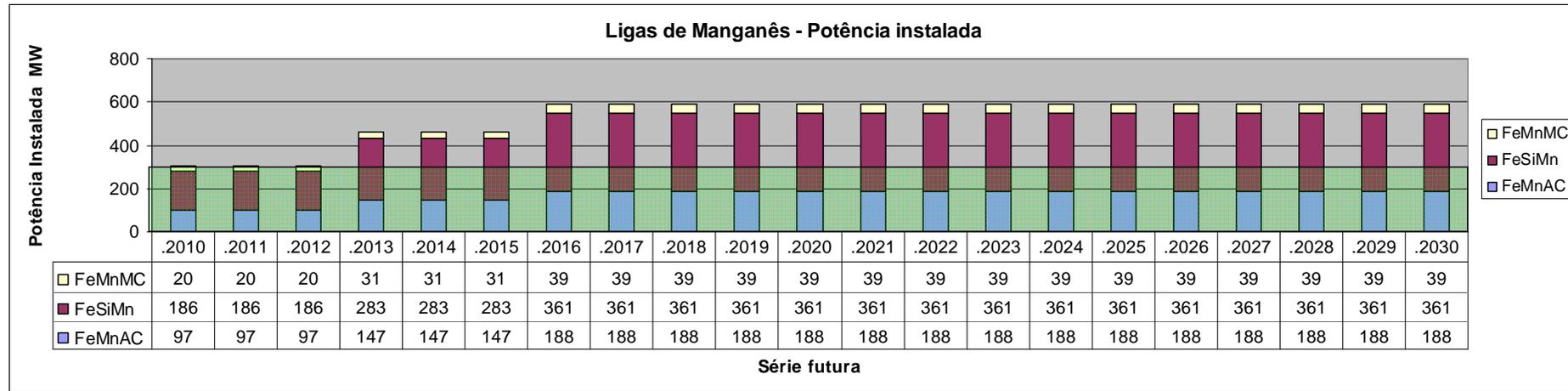


Figura A1.6 – Potência disponibilizada – Demanda – Série futura

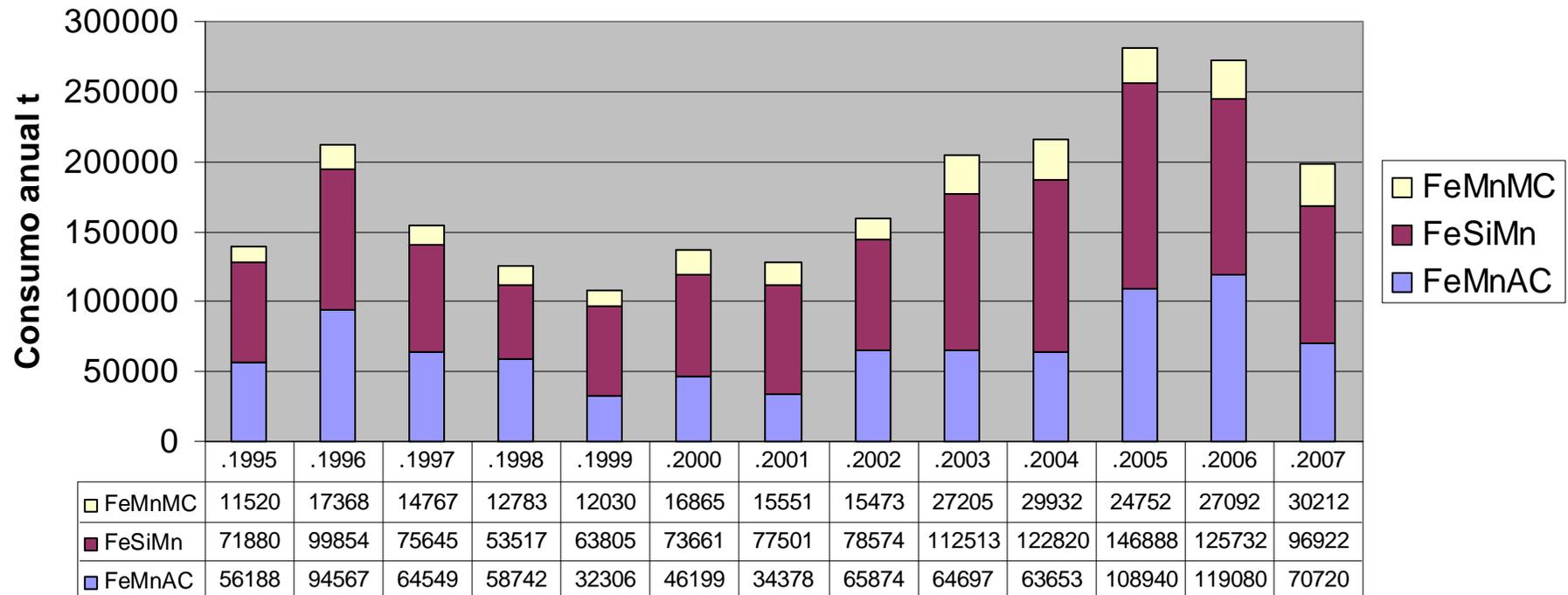
A exemplo do caso anterior, haveria necessidade de implantações , ou repotenciamentos, a partir de 2013.

Coque Metalúrgico

De uma participação relativamente modesta há pouco tempo, o coque metalúrgico tem, atualmente, uma posição de destaque no parque produtor de brasileiro de ligas de manganês. Isto se deve ao fato de a VALE, quase absoluta no setor, decidiu abandonar totalmente o carvão vegetal, substituindo-o por coque metalúrgico. A principal fonte de fornecimento é a Colômbia. O coque é empregado em qualquer tipo de liga: .FeMnAC e FESIMn

A figura A1.6 mostra a evolução progressiva do consumo de coque, nas usinas produtoras de ligas de manganês. Atualmente, com a exceção da Maringá e das micro-usinas.

Ligas de Manganês - Consumo de coque

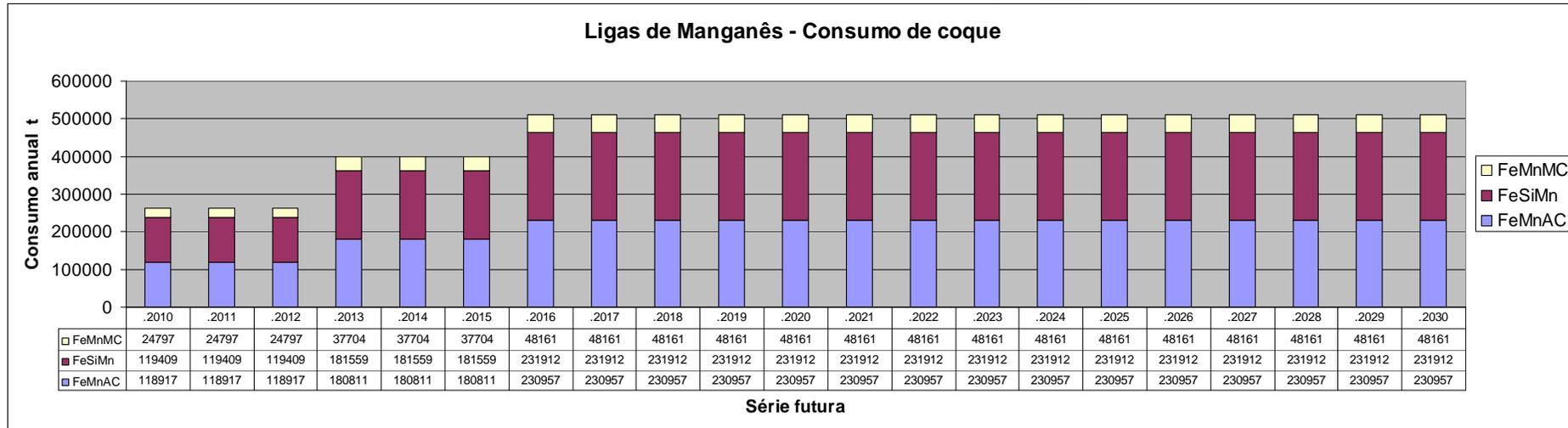


Série histórica

Figura A1.6 – Consumo de coque metalúrgico – Série histórica

O consumo por liga foi calculado por meio de simulações, que foram realizadas em um programa, que considerou, cargas típicas, basicidades usuais, minérios e fundentes. Das formulações selecionadas, foram escolhidas, uma por tipo de liga, para a simulação, que calculou todos os parâmetros a serem avaliados.

A figura A1.7 mostra a série futura do consumo de coque metalúrgico no horizonte considerado.



.Figura A1.7 – Consumo de coque – série futura

Neste caso, não há um consumo de referência da série histórica, uma vez que a sua utilização em caráter permanente é dos últimos três anos. Há que se considerar, ainda, que dependendo das combinações de ligas, este valor varia.

Coque de petróleo

É empregado em conjunto com o coque metalúrgico em proporções compatíveis com as suas características – o seu uso é limitado em 10%. No Brasil ele é empregado apenas na produção de ferro sílico-manganês, como é mostrado na figura 2.8

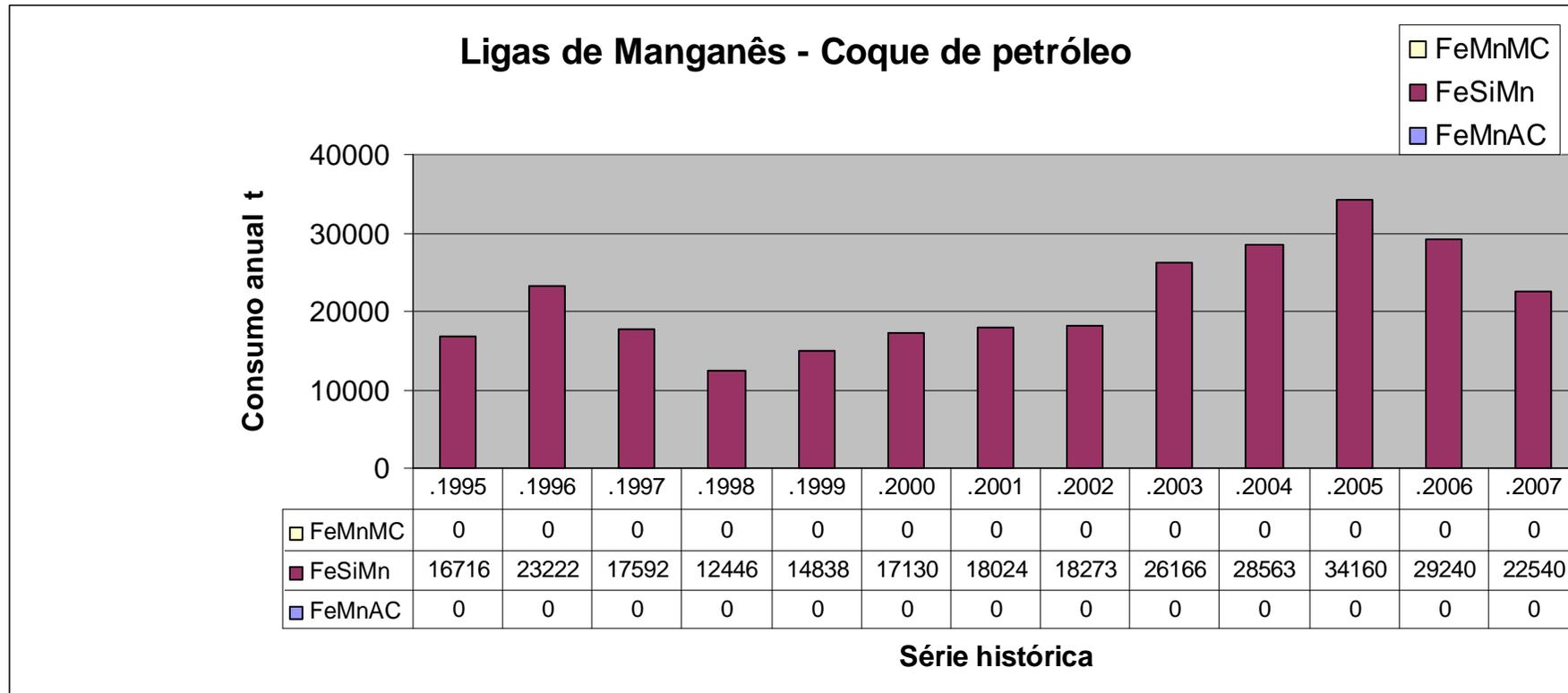


Figura A1.8– Consumo de coque de petróleo – série história

O cálculo da série futura (fig A1-9) foi desenvolvido segundo o mesmo critério. Aliás, considerando que o programa deve contemplar todos os parâmetros operacionais, pode-se depreender que ele gera todos os dados resposta, utilizados no próprio modelo.

A série futura considerou os mesmos critérios dos casos anteriores

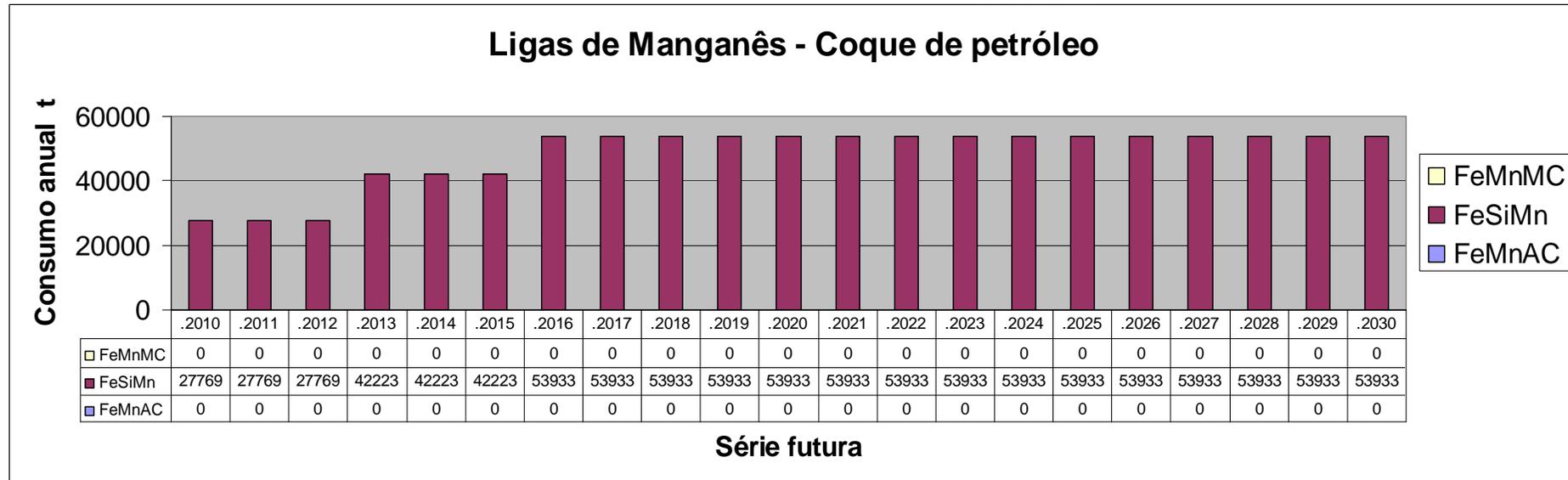


Figura A1.8– Consumo de coque de petróleo – série futura.

Minérios de manganês

Como já visto anteriormente, os minérios de manganês são divididos, segundo seu mérito, em classes distintas.

Para efeito de avaliação, neste trabalho serão consideradas duas categorias : alto teor (AT) e baixo teor (BT)

Como já mencionado, na avaliação de sua adequação para produzir uma determinada liga, outros fatores são levados em consideração, mas para efeito desta análise, considera-se que isto já foi feito.

Assim, dentro desta ótica e conforme já abordado em capítulo anterior, são consideradas, para cada liga, misturas de minérios AT e BT em proporções tais, que permitam a obtenção da liga dentro da especificação objetivada, atendendo as condicionantes econômica e ambiental.

As formulações de cada liga foram processadas no programa anteriormente mencionado para se aferir a validade das misturas.

Minérios de alto teor – Sendo minérios mais caros e, no Brasil, de localização mais remota, considerou-se que eles só são empregados nas ligas Alto Carbono e Médio Carbono e, mesmo assim, misturados com outros menos nobres. Calculou-se um emprego de 930 kg por tonelada de liga.

A figura A1.9 mostra a série histórica e a A1.10 a série futura, baseada nos mesmos critérios adotados anteriormente. O emprego de minério da série histórica, foi considerado o mesmo calculado pelo programa. Isto se deve a duas razões principais. A primeira é a absoluta impossibilidade de se levantar as características das cargas de cada forno naquele período de dez anos. O segundo é o fato que, se adotada a mesma base de referência, as comparações ficam mais representativas.

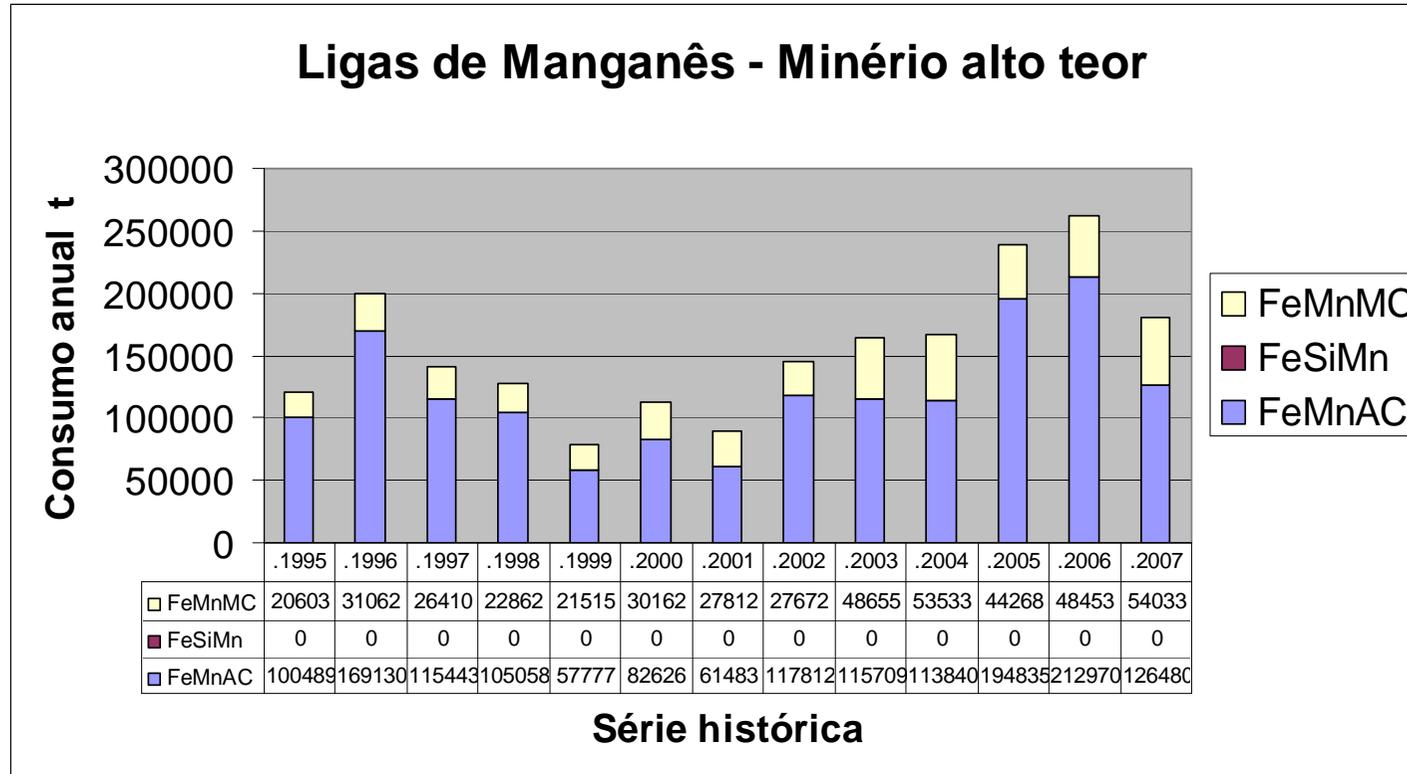


Figura A1.9 - - Consumo de minério de alto teor – série histórica.

Compo já adotado anteriormente, o pico de 2006 será a referência correspondente à capacidade atual.

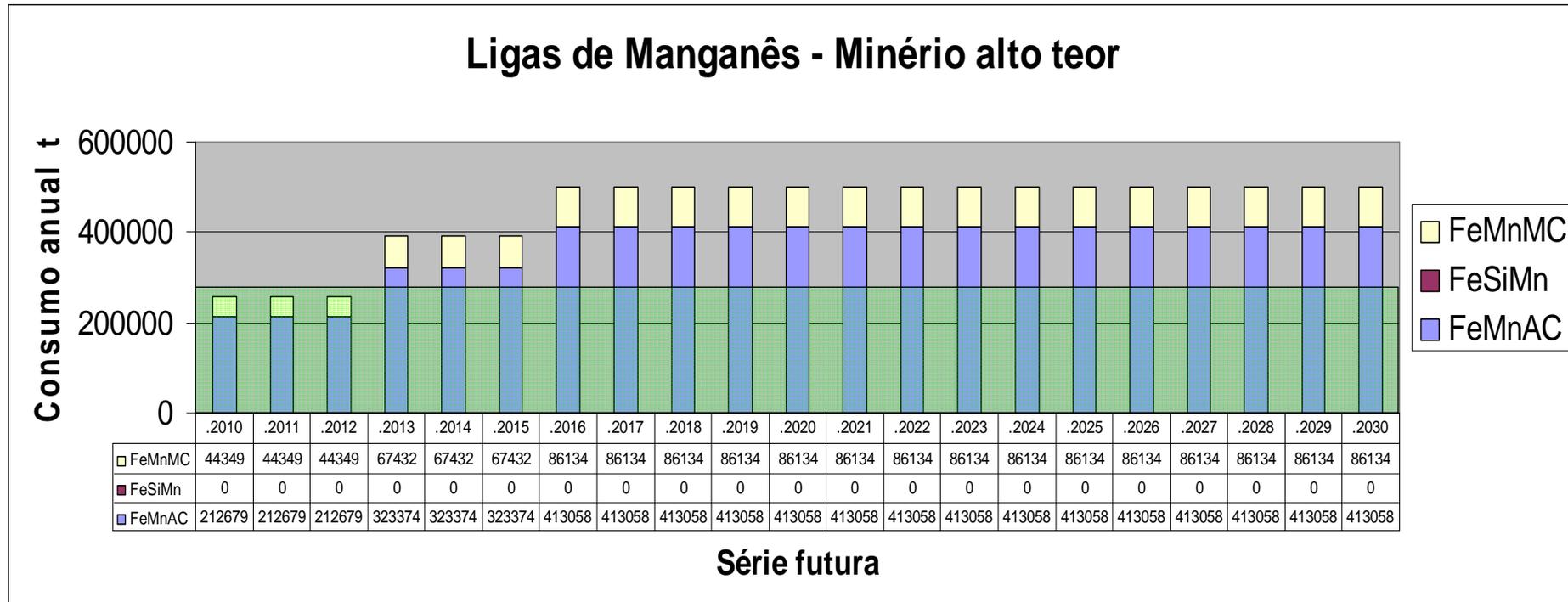


Figura A1.10 -- Consumo de minério de alto teor – série futura.

Como se observa haverá um consumo anual de 500.000t de minério de alto teor, a partir de 2016.

Minério de baixo teor – Estes minérios são empregados em misturas, tanto nas cargas das ligas Alto carbono, quanto nas das ligas sílico-manganês. O programa calculou um emprego de 1160 kg/ por tonelada de liga alto carbono e 1664 kg por tonelada de liga sílico-manganês. Seguindo os mesmos critérios adotados anteriormente, as figuras 2.11 e 2.12 mostram os dados de consumo na séries histórica e futura, respectivamente.

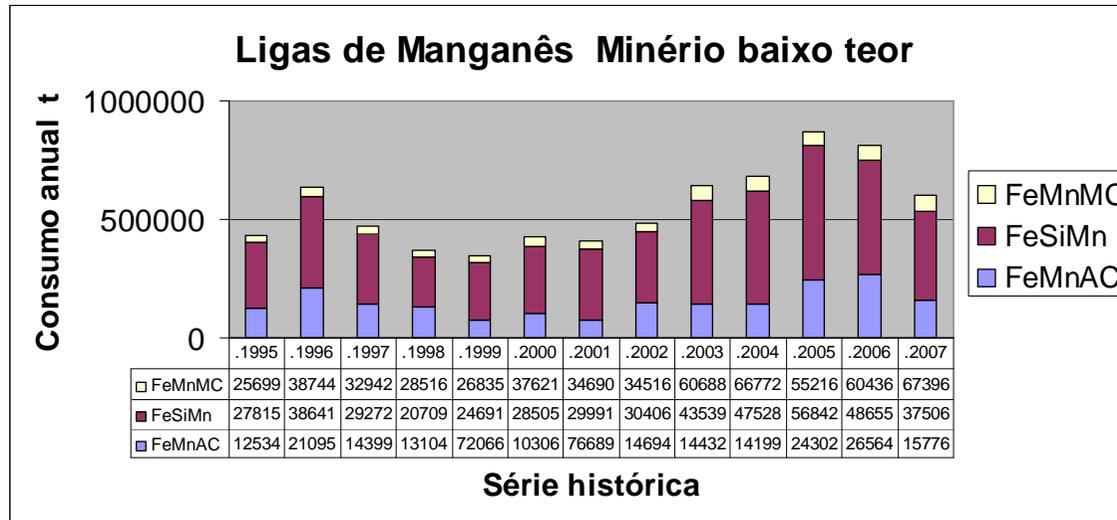


Figura A1.11 – Consumo de minério de baixo teor – série histórica.

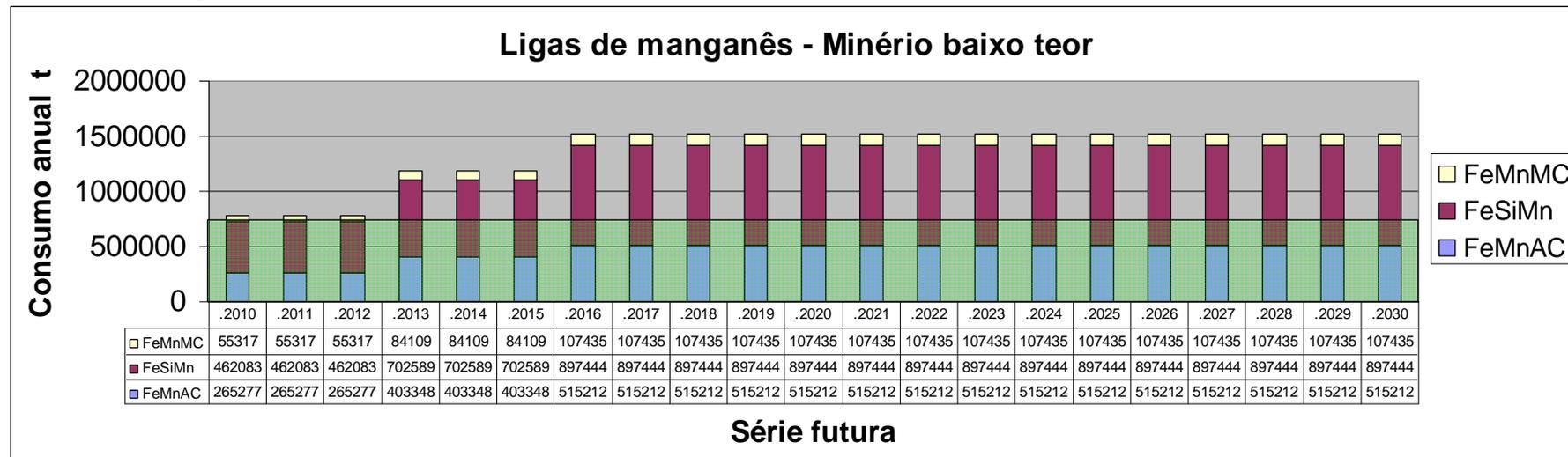


Figura A1.12 – Consumo de minério de baixo teor – série futura.

De acordo com os dados apresentados, o consumo de minério de baixo teor será de 1.600.000 t/ ano, a partir de 2016.

Escória Rica

Dentro de uma filosofia de minimizar o consumo de energia elétrica e otimizar a recuperação do manganês do minério, a prática mais empregada é a chamada “escória rica”, que consiste em operar com um mínimo ou nenhum fundente. Nestas condições o teor de manganês na escória é elevado (30-40%), o que lhe dá condições de ser recuperado quando da produção de sílico-manganês. Com isto, com a produção combinada das duas ligas, a recuperação de manganês é máxima.

Como a produção é feita de modo balanceado, para que toda a escória rica gerada seja aproveitada, a sua produção e consumo são iguais, ambos são representados em um único gráfico (figura A1.13)

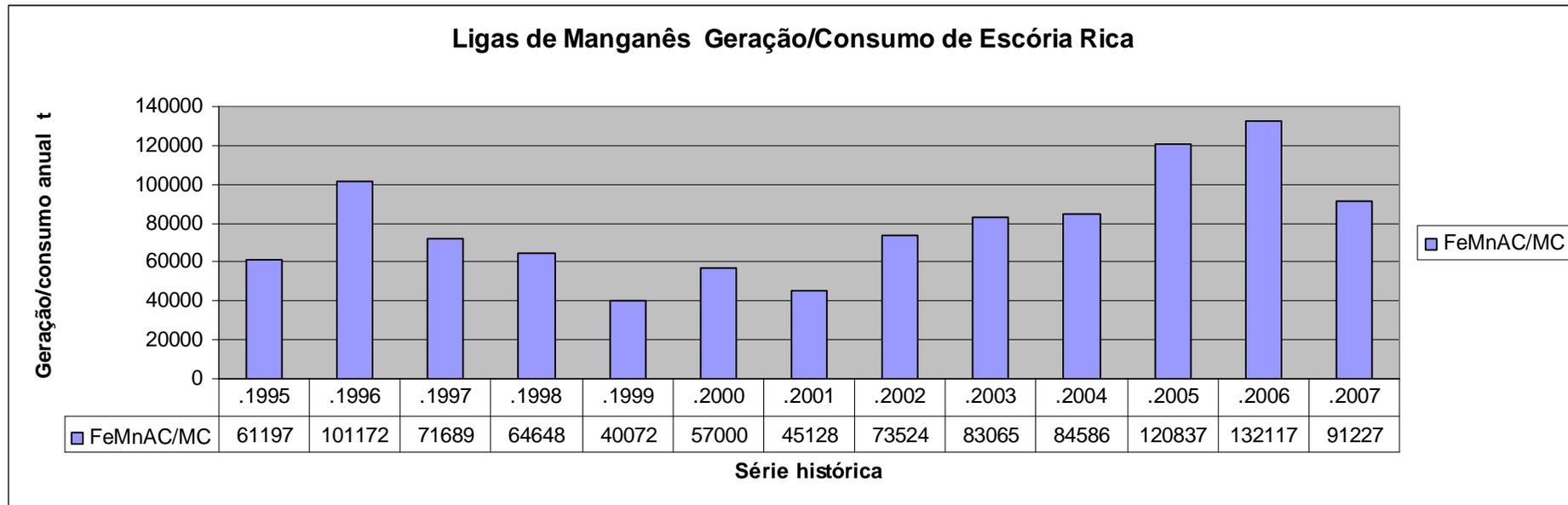


Figura A1.13 – Geração/Consumo de Escória Rica – Série histórica

Tanto o gráfico da série histórica, quanto o da série futura (figura 2.14) foram referidos às mesmas cargas e procedimentos. Isto é desejável para uma análise comparativa.

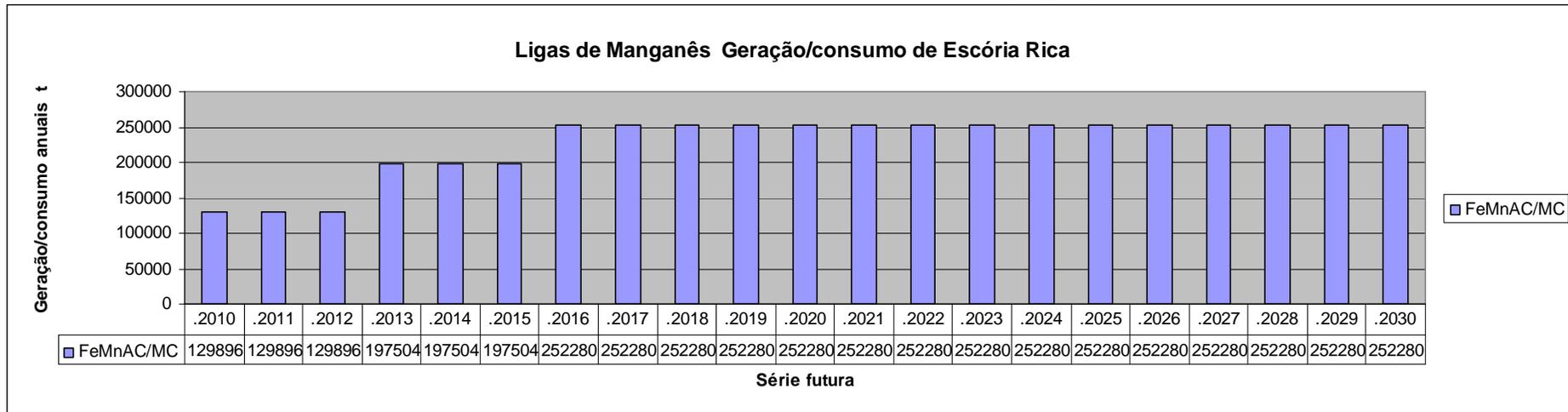


Figura A1.14 – Geração/Consumo de Escória Rica – Série futura

Mão de Obra

Para se ter um valor representativo da mão de obra, foram considerados apenas o pessoal técnico e operacional (incluindo manutenção). Considerou-se, ainda, a produção combinada de ligas alto carbono e sílico-manganês. Finalmente, adotou-se no turno o regime de quatro letras.

Nas figuras A1.15 e A1.16 é mostrado o número de empregos diretos, referidos à produção.

Naturalmente, como mostrado na série histórica, mesmo em se tratando de mão de obra operacional, as oscilações do quadro não têm a amplitude sugerida pelo gráfico da série histórica. Como, no entanto, ela é uma referência, a conotação é válida., já que nestas condições admite-se que os números indicados se referem a uma lotação ideal, isto é, sem ociosidade ou sobrecarga.

Com base nestas considerações, tomou-se como referência a média da mão de obra, calculada segundo aquele critério, dos últimos cinco anos da série histórica. Com isto, pretende-se eliminar o efeito de oscilações bruscas.

O valor assim calculado dá uma lotação de 1400 homens.

Conforme mostrado na série futura, prevê-se um aumento do quadro de 110%, a partir de 2016.

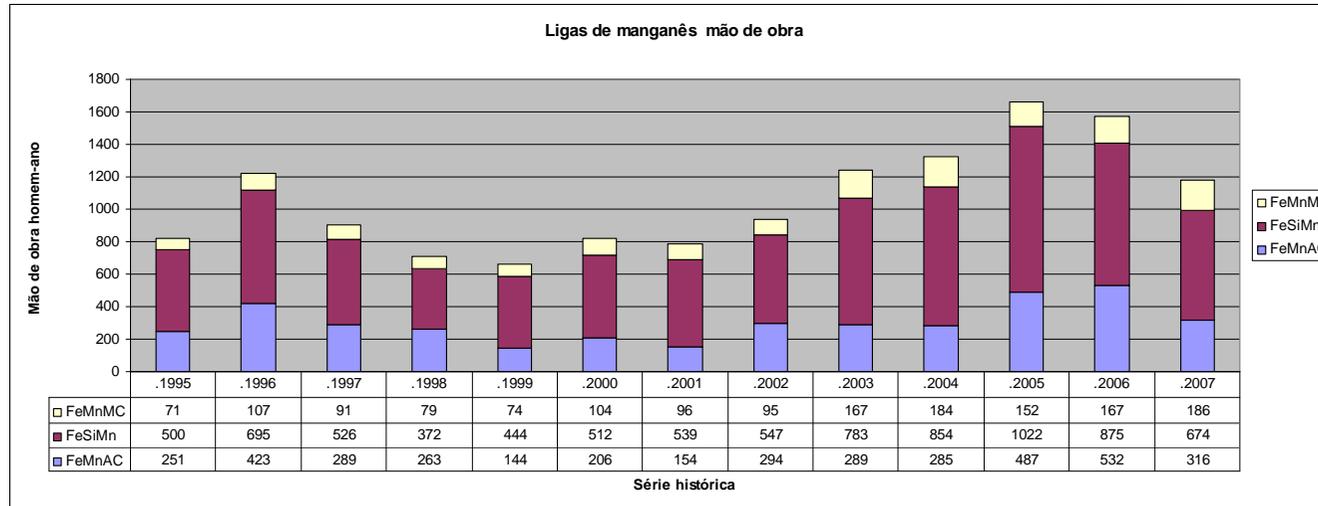


Figura A1.15 – Mão de obra técnica e operacional – Série histórica

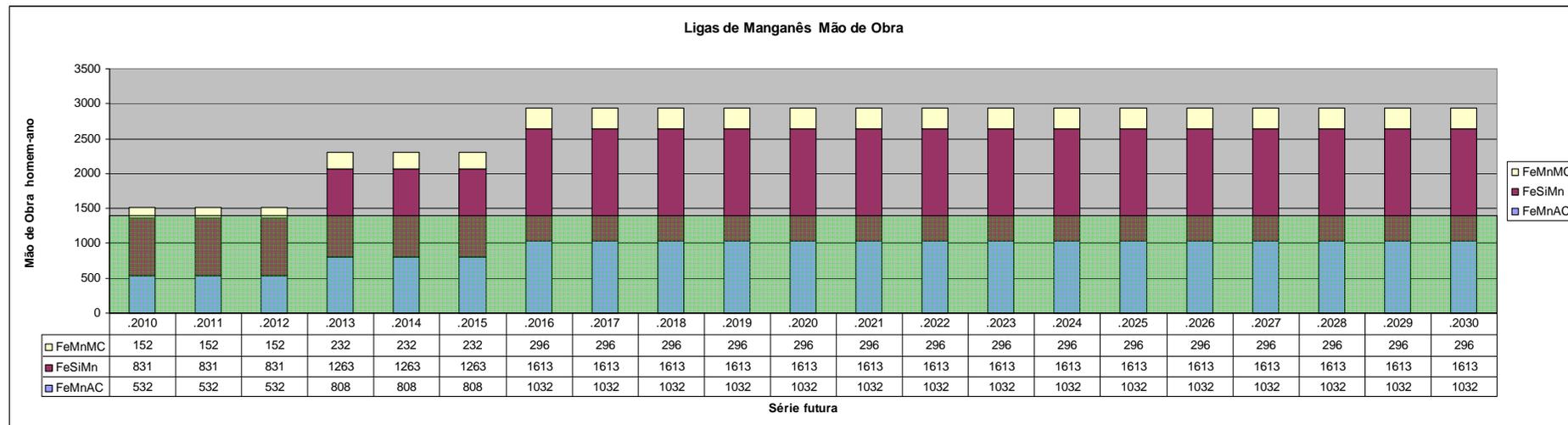


Figura A1.16 - Mão de obra técnica e operacional – Série futura

Emissões

Gases de efeito estufa – CO₂

A simulação, já referida, calculou as quantidades de CO e CO₂ emitidos por cada processo, com base nas condições do processo. Determinou-se, então, que na produção de ligas alto carbono gera-se 1,27 toneladas de CO₂ por tonelada de liga e, no caso das ligas sílico-manganês, este valor sobe para 1,49 toneladas por tonelada de liga.

Os valores anuais das emissões são mostrados nas figuras A1.17(série histórica) e A1.18 (série futura).

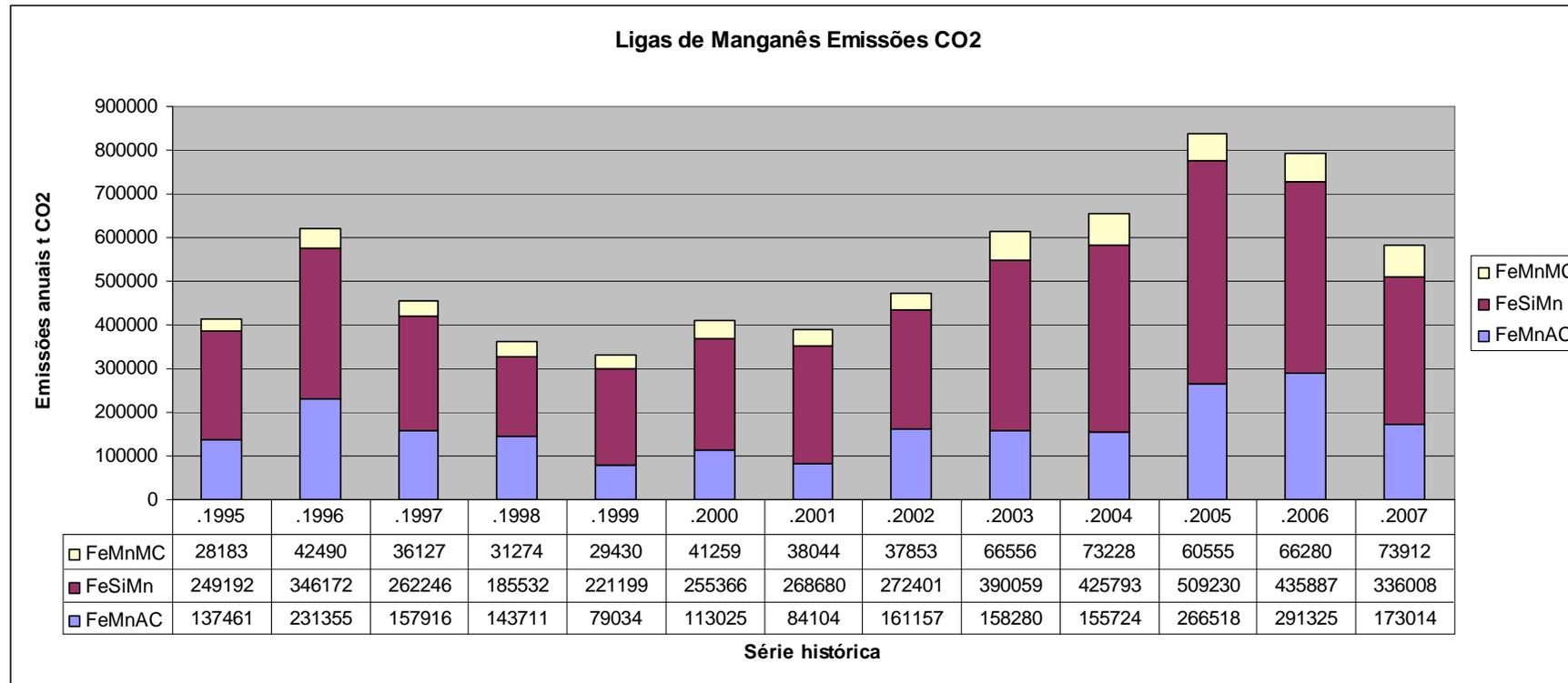


Figura A1.17 – Emissões de CO₂ – Série histórica

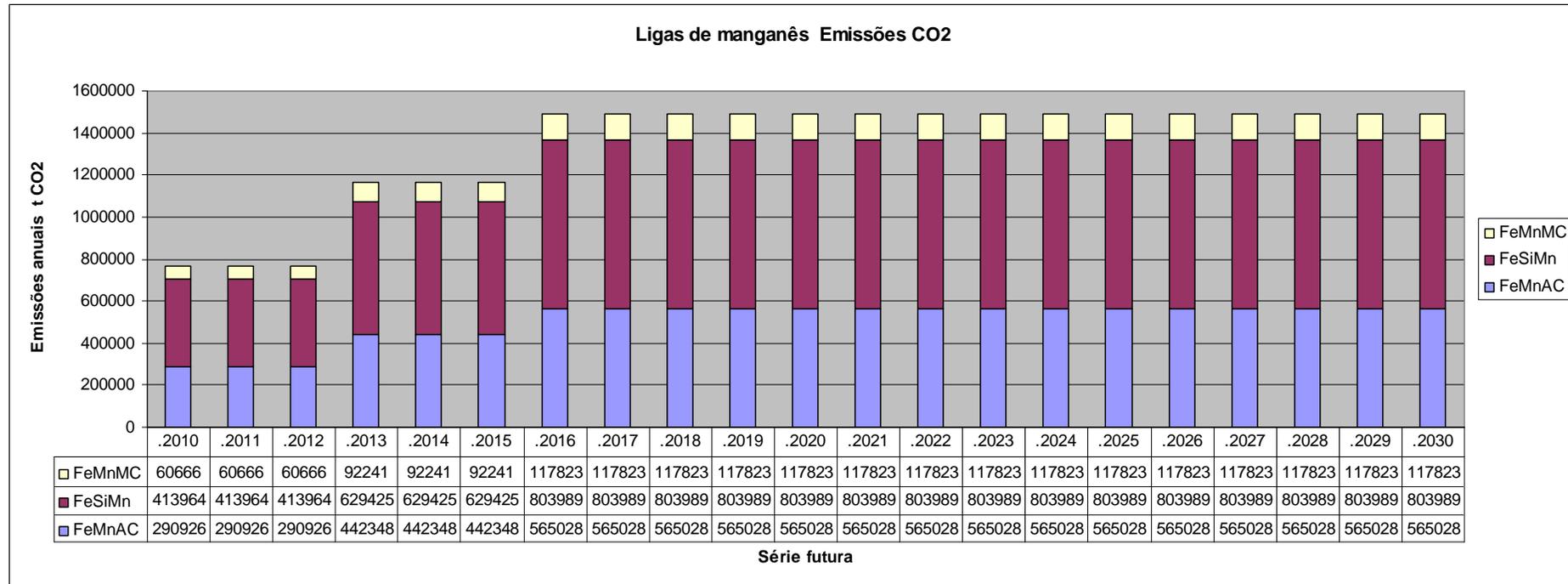


Figura A1.18 – Emissões de CO₂ – Série futura

Como se observa, as emissões de gases de efeito estufa serão da ordem de 1,5 milhões de toneladas anuais.

Resíduos sólidos

Os resíduos gerados, além da escória são os particulados carreados pelos gases.

Como já se viu, parte é coletada nos sistemas de captação e parte é lançada na atmosfera, sendo que as proporções dependem da eficiência do sistema empregado.

Os particulados gerados foram calculados a partir dos fatores de emissão propostos pela EPA., assim como a parcela captada e lançada na atmosfera.

As figuras A1.19 e A1.20 mostram as quantidades de resíduos captados e as quantidades lançadas na atmosfera.

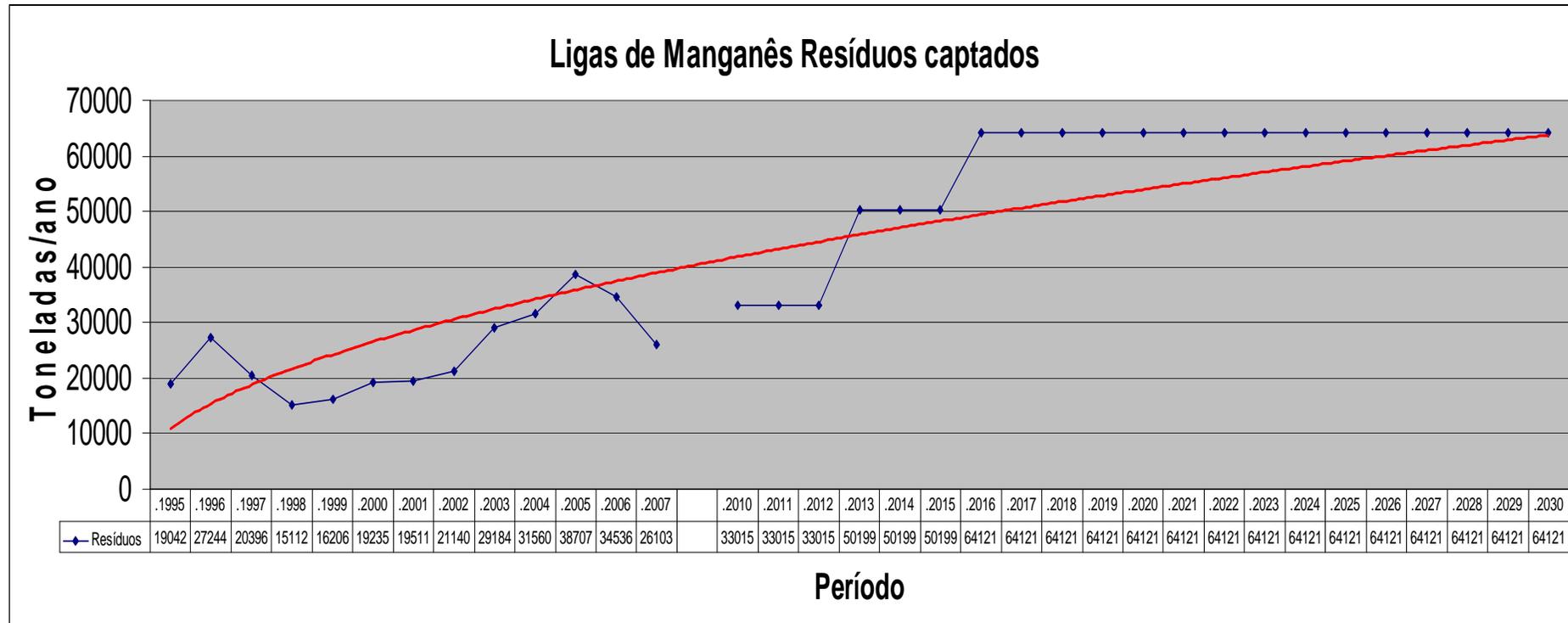


Figura A1.19 – Particulados captados

Como se observa, é grande a quantidade de particulados gerados. A condição ideal seria a reciclagem, após aglomeração. As emissões para a atmosfera depende da eficiência dos sistemas de captação. Os equipamentos aqui considerados são os existentes nas usinas ou que estão em processo de implantação.

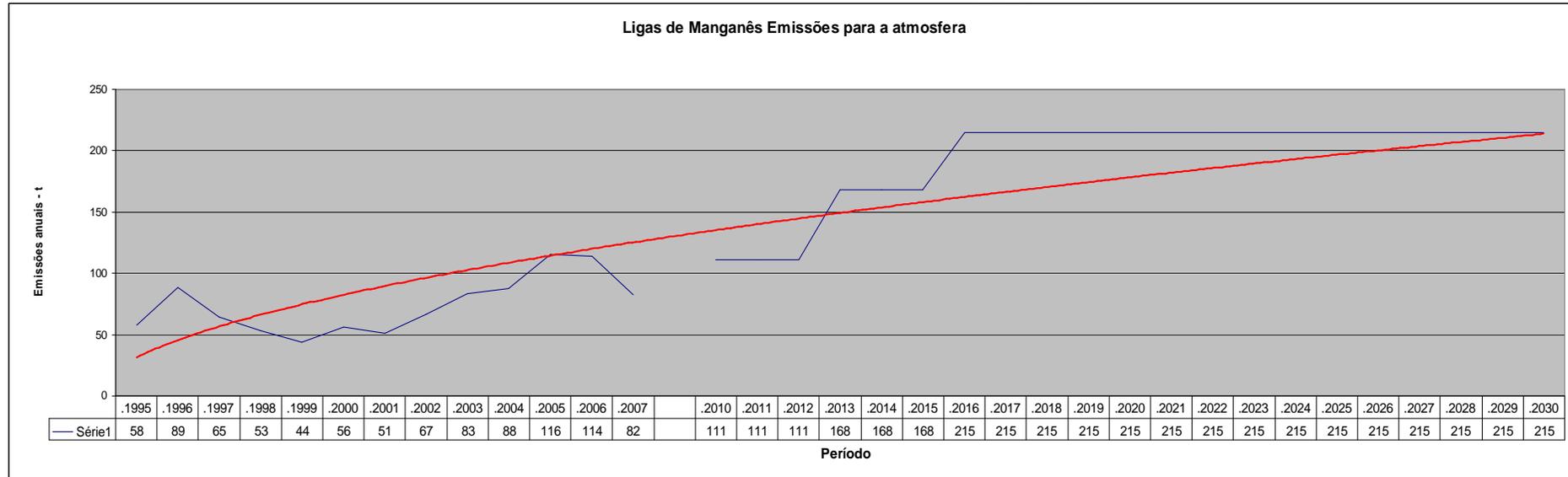


Figura A1.20 – Emissões

Investimentos

O valor do investimento foi baseado no de uma planta de médio porte, completa, com subestação.

Normalmente o investimento em instalações deste tipo são referida à potência instalada.

O valor de referência é de US\$ 1.090.000,00/MVA

Como se vê, há uma certa independência entre o tipo de liga e o valor do investimento . Naturalmente, como as produtividades são variáveis, o custo de capital, por tonelada de produto, é diferente para cada um.

A figura A1.21 mostra o montante do investimento na série futura.

Como se pode ver, ele chega, neste cenário, a cerca de 400 milhões de dólares.

Nesta avaliação, considerou-se que expansão seria tanto na forma de instalações novas, quanto de ampliação das existentes.

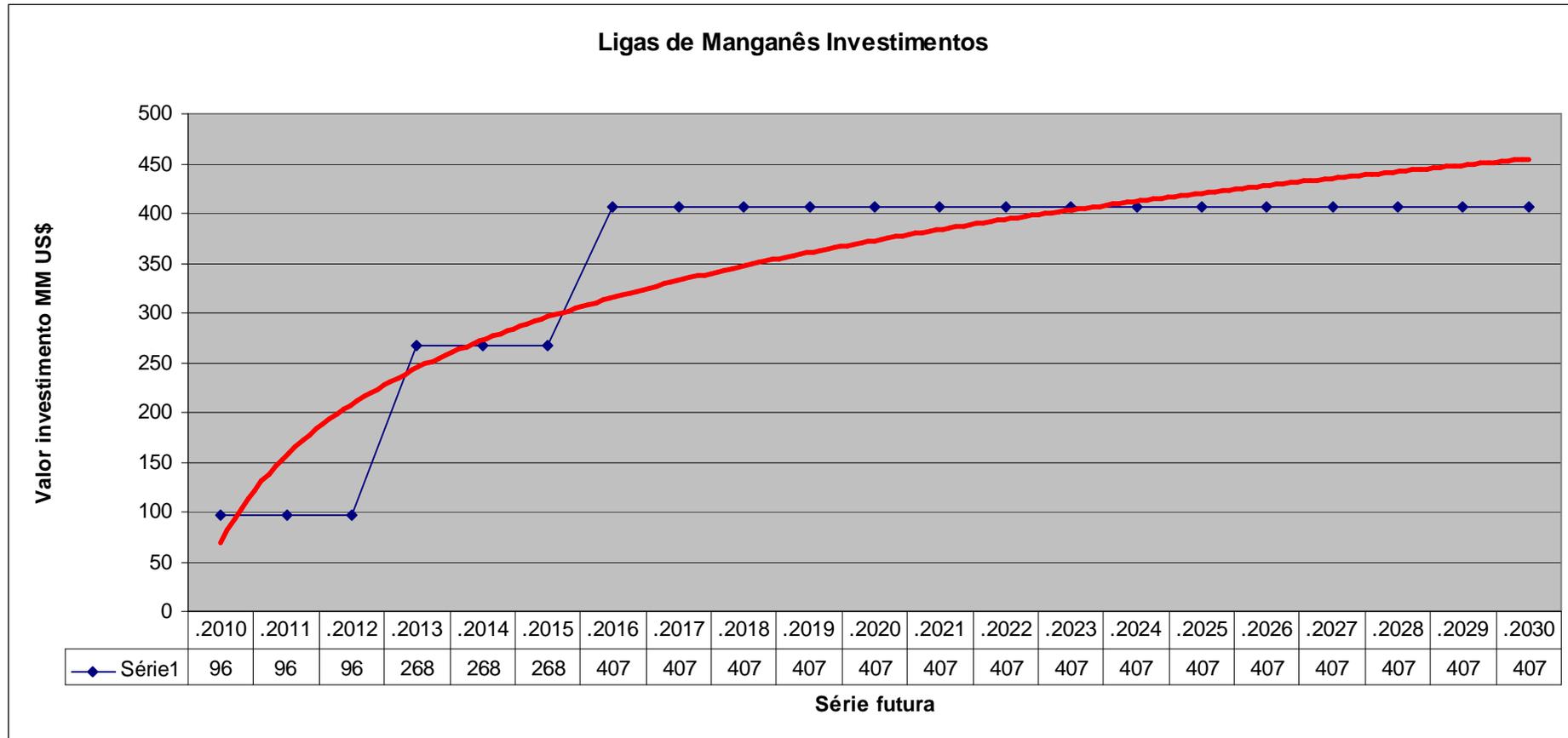


Figura A1.21 – Investimentos

A2. LIGAS DE SILÍCIO E SILÍCIO METÁLICO

Apesar de haver outras ligas, o ferro-silício com 75% de silício (FeSi75) é absoluto no mercado e será tomado como referência. O silício metálico considerado será o grau metalúrgico, incluindo a variante solar. Como há diferenças importantes em algumas conotações, na maior parte dos gráficos os produtos são apresentados em separado.

Produção

Série histórica (figura A2.1 e A2.2)

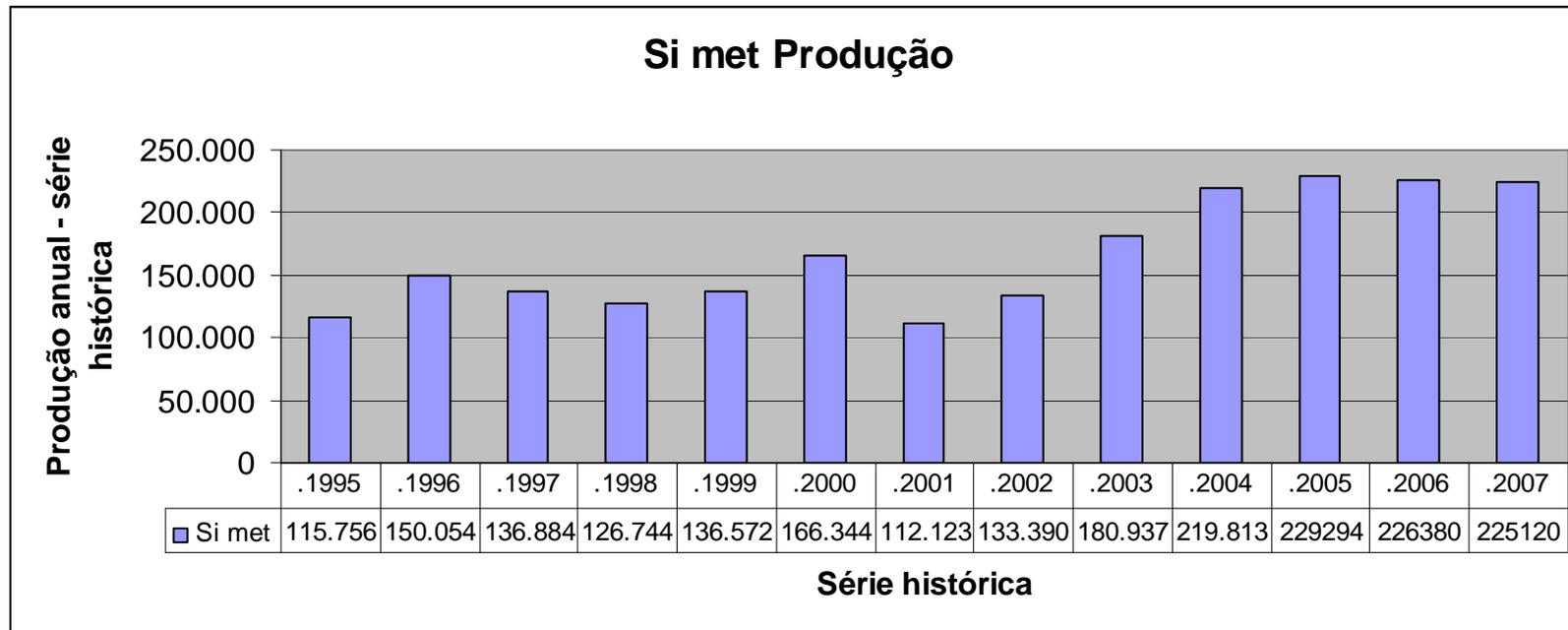


Figura A2.1 - Produção de Silício metálico – Série histórica

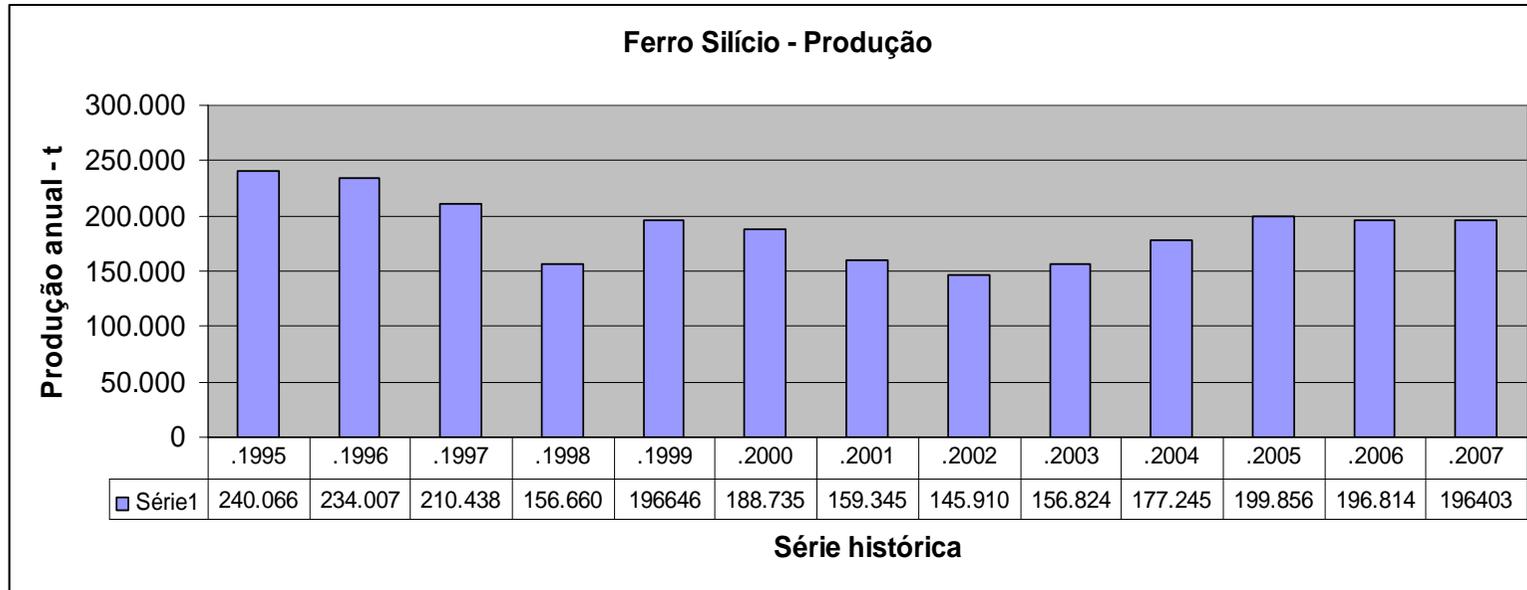


Figura A2.2 - Produção de Ferro Silício (ref FeSi75) – Série histórica

As fontes de dados foram o Anuário da ABRAFE (Associação Brasileira dos Produtores de Ferro Ligas) de 2004 e o Anuário Estatístico do Setor Metalúrgico do MME, edição de 2008.

Como se pode observar, enquanto o ferro silício passa por oscilações, que estão estreitamente relacionadas com as do setor siderúrgico, o silício metálico está sob a influência do setor Alumínio e indústria química.

Assim, as projeções da série futura do silício metálico se baseou na evolução prevista para a indústria do alumínio e a de silicones. A evolução da parcela referente a ligas de alumínio, se baseou nas informações do RT-62. As taxas de crescimento relativas ao setor químico, particularmente o de silicones.

As do ferro silício foram feitas dentro da mesma linha adotada para as ligas de manganês.

Igualmente, em ambos os casos, a parcela destinada ao mercado externo, foi considerada invariável, ao longo do período.

Para o ferro silício, referido à liga com 75% de silício, os consumos específicos médios na siderurgia e na fundição são os que se seguem

Ferro Silício (FeSi75) Fundição – 9,40 kg/t peça

Siderurgia – 2,40 kg/t aço

O principal uso em fundição é como energético, enquanto na siderurgia o maior consumo está na desoxidação do aço.

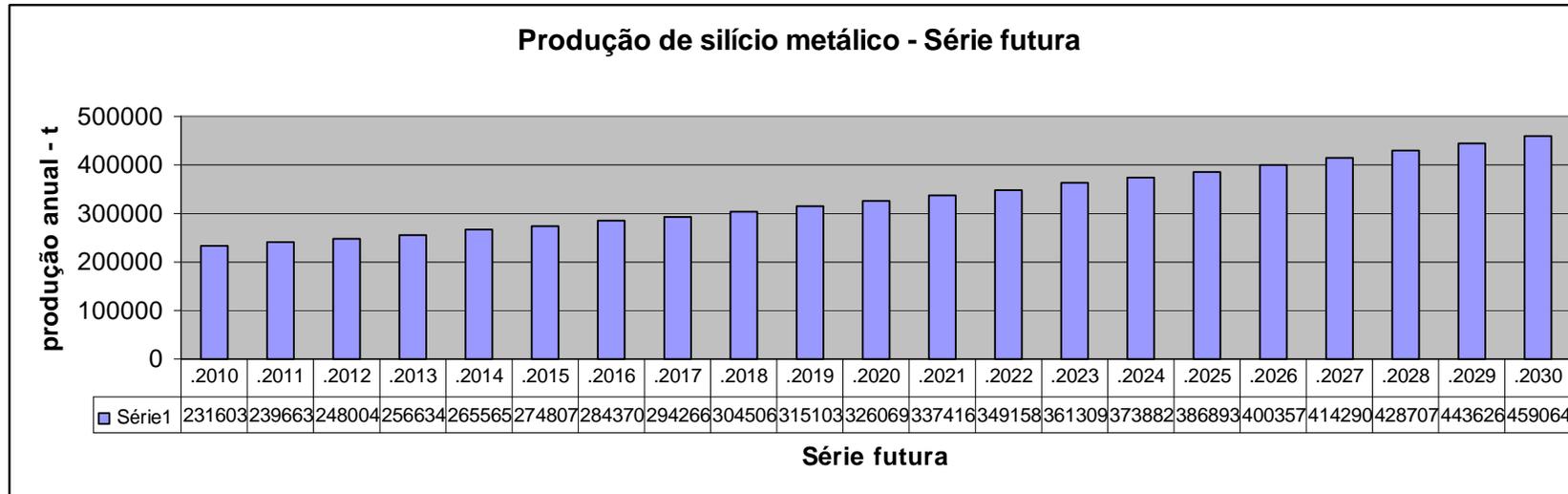


Figura A2.3 a - Produção de Ferro silício – Série futura

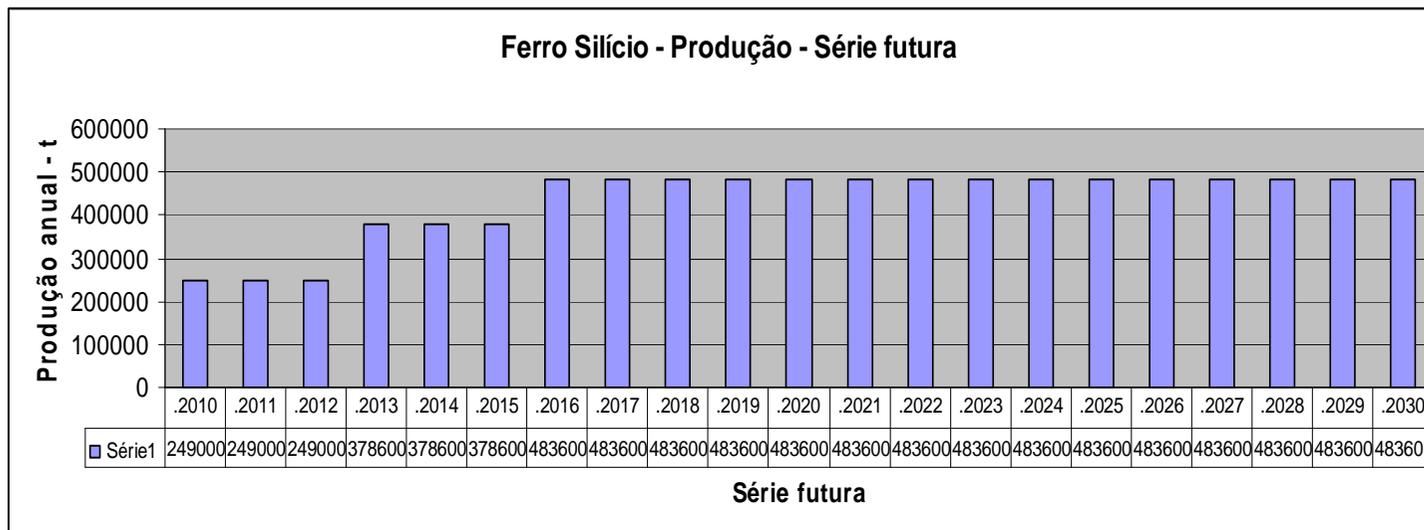


Figura A2.4 - Produção de Ferro Silício – Série futura

Ao contrário das ligas de manganês, a intercambiabilidade, em princípio possível, tem implicações mais complexas, não é prática comum, só sendo feita quando de mudanças definitivas de produto.

Consumo de energia elétrica

Série histórica (figura 2^a2.5) e série futura (figura A2.6)

Os valores da energia elétrica consumida, tanto na série histórica, quanto na futura foram baseados em consumos específicos típicos, registrados nas usinas brasileiras. O aumento das tarifas de energia elétrica, é particularmente crítico para o setor de produtos à base de silício, pelo alto consumo específico para a sua obtenção, como se pode ver a seguir

Ferro Silício (75% Si) 8600 kWh/t liga

Silício Metálico 11300 kWh/t liga

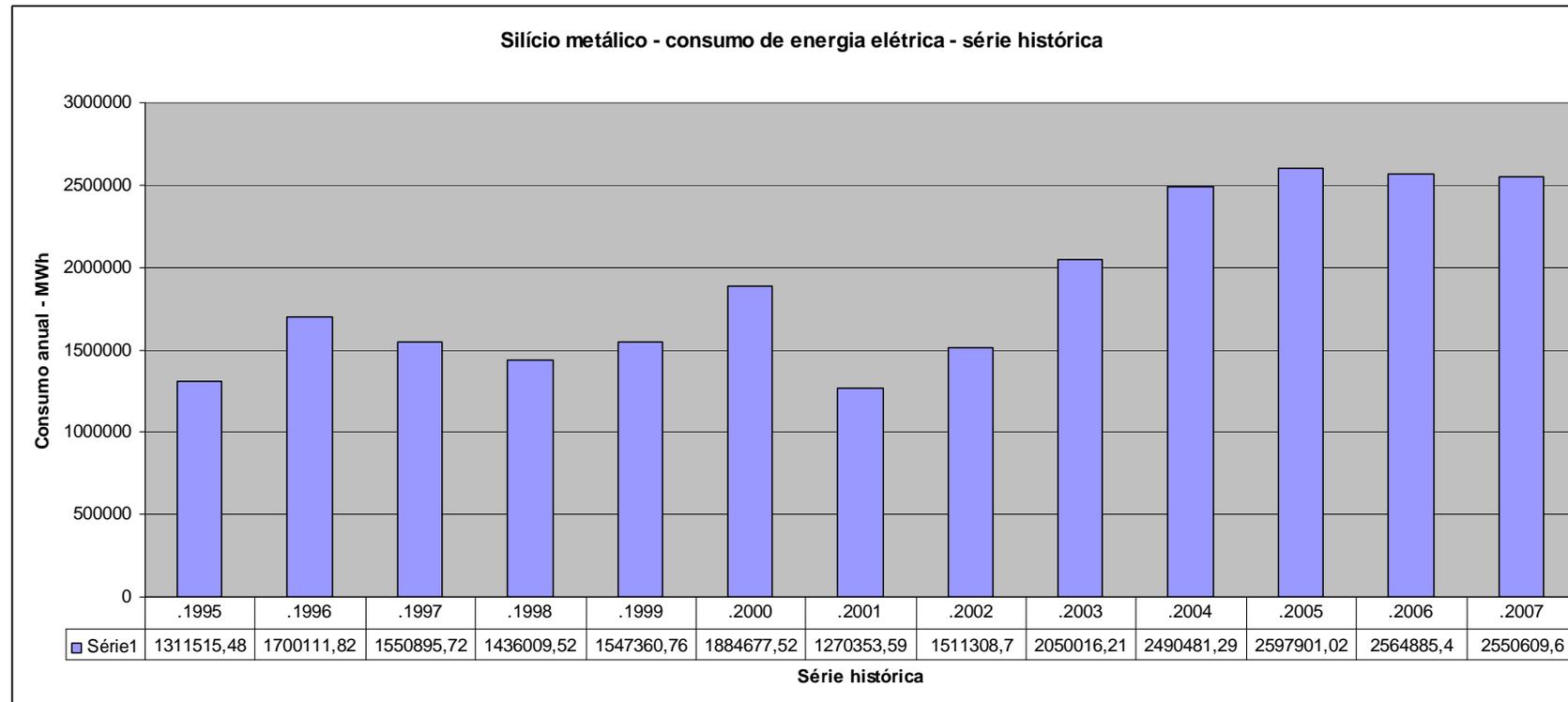


Figura A2.5 - Consumo de energia - Silício metálico – Série histórica

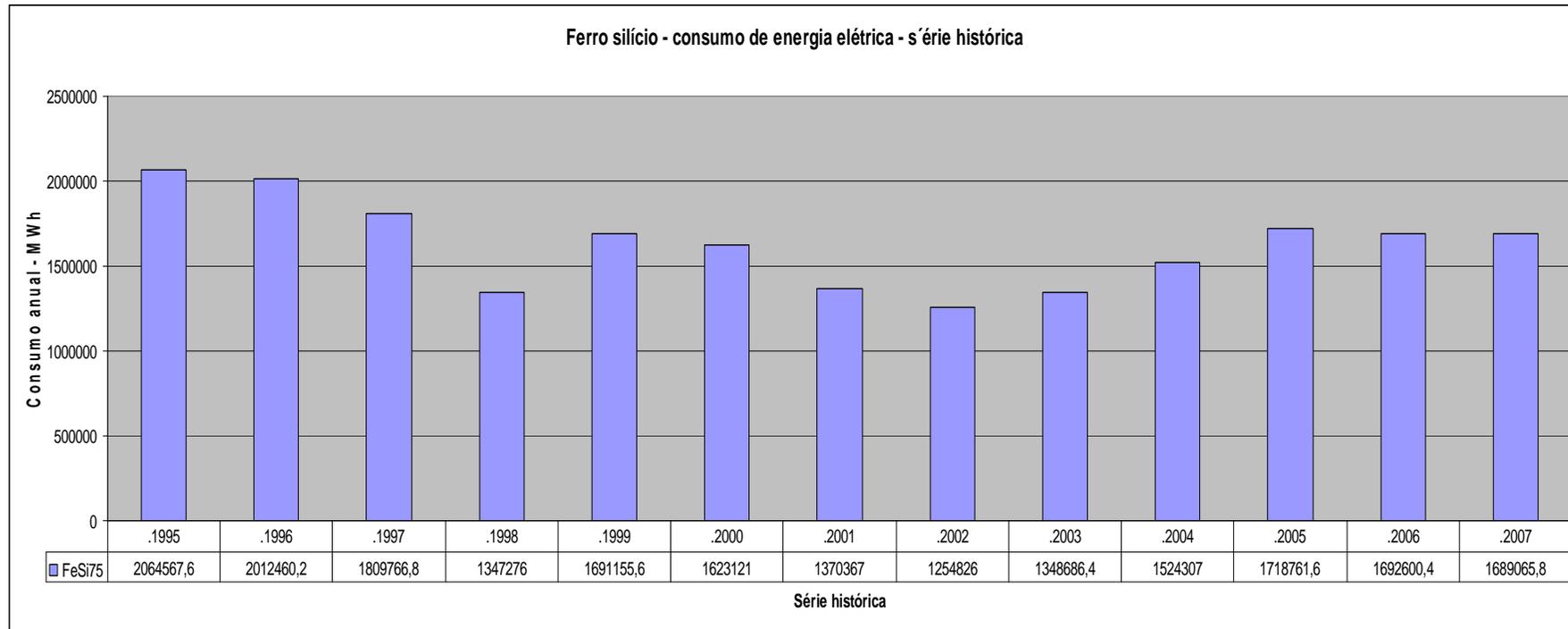


Figura A2.6 - Consumo de energia - Ferro Silício (75%Si) – Série histórica

Para ambos os produtos, dentro do mesmo critério anterior, admite-se que o consumo referido à capacidade máxima é o do pico da série histórica.

As séries futuras, referidas ao cenário vigoroso, construídas de acordo com os critérios já expostos, são apresentadas nas figuras 2.25 a e b.

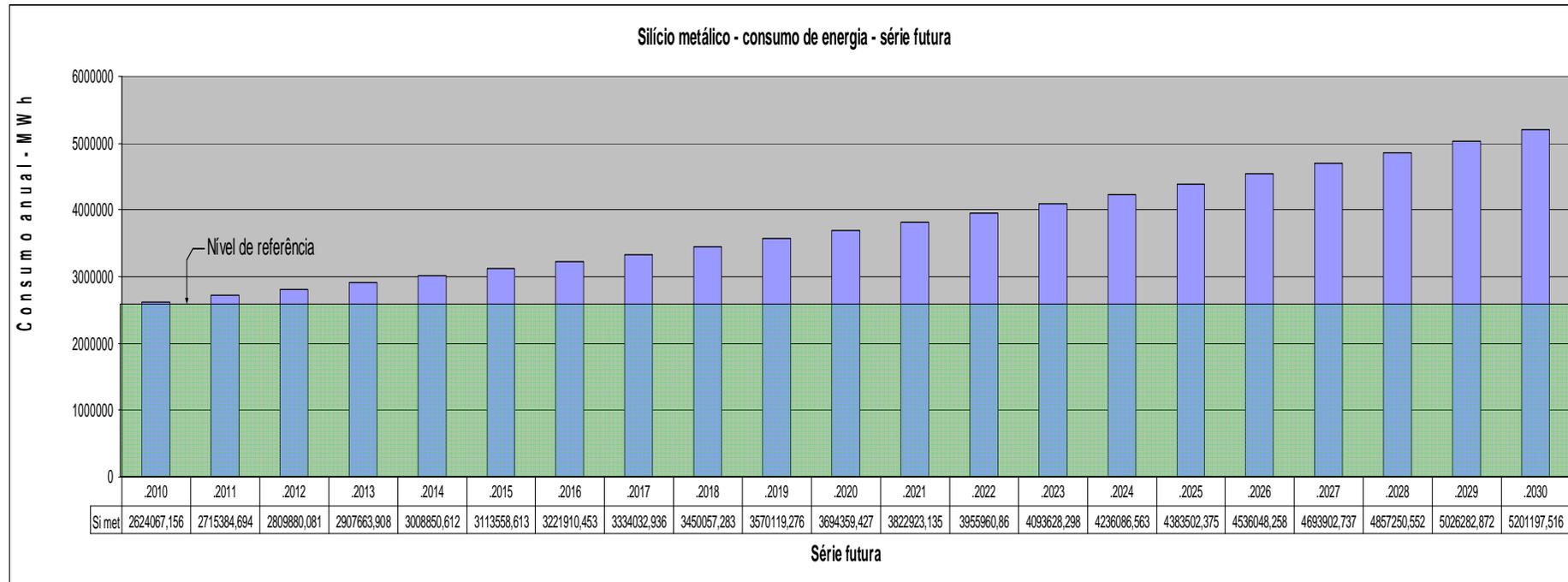


Figura A2.7 - Consumo de energia - Silício metálico – Série futura

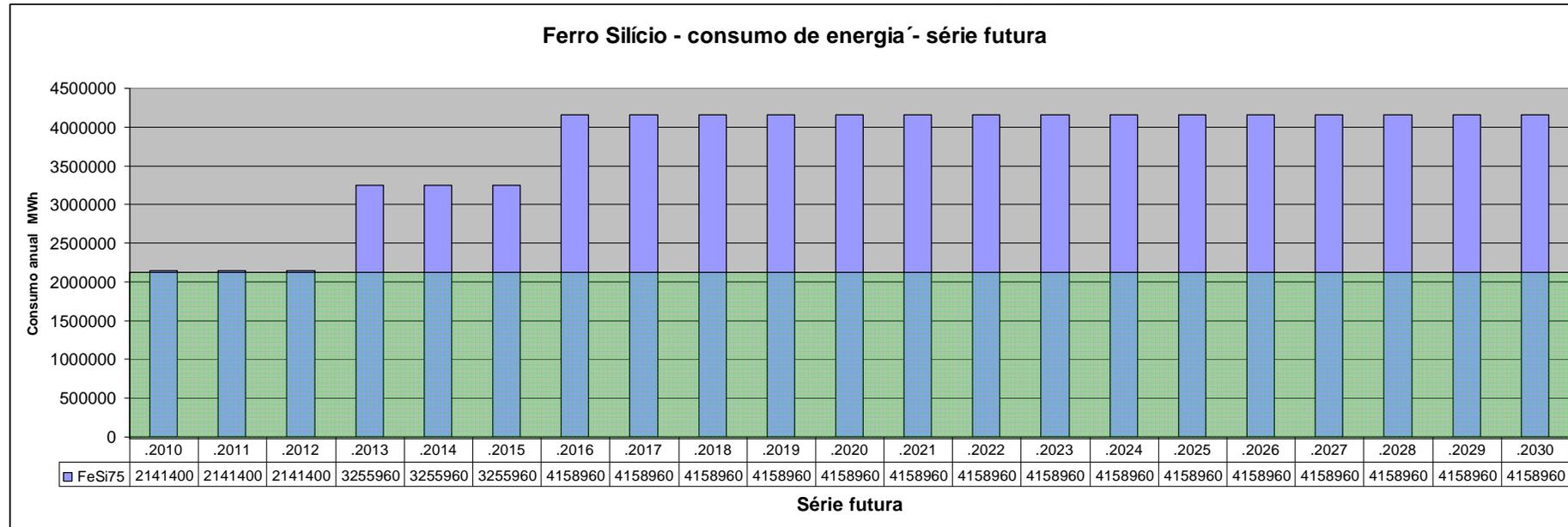


Figura A2.8 - Consumo de energia - Ferro-silício – Série futura

Como se pode observar, há um pequeno aumento do consumo no silício metálico até 2013, que deve ser absorvido pelo sistema. A partir daí vai haver aumento de carga nos sistemas de distribuição.

Com base nas mesmas considerações feita para o manganês, as conclusões são semelhantes, mas neste caso as solicitações são maiores.

As demandas de potência passadas (figura A2.10/11) foram calculadas a partir dos consumos específicos, das horas de operação dos fornos e da produção, já calculada. Adotou-se um tempo de utilização de 7560 h/ano e um fator de potência no circuito do forno, de 0,70.

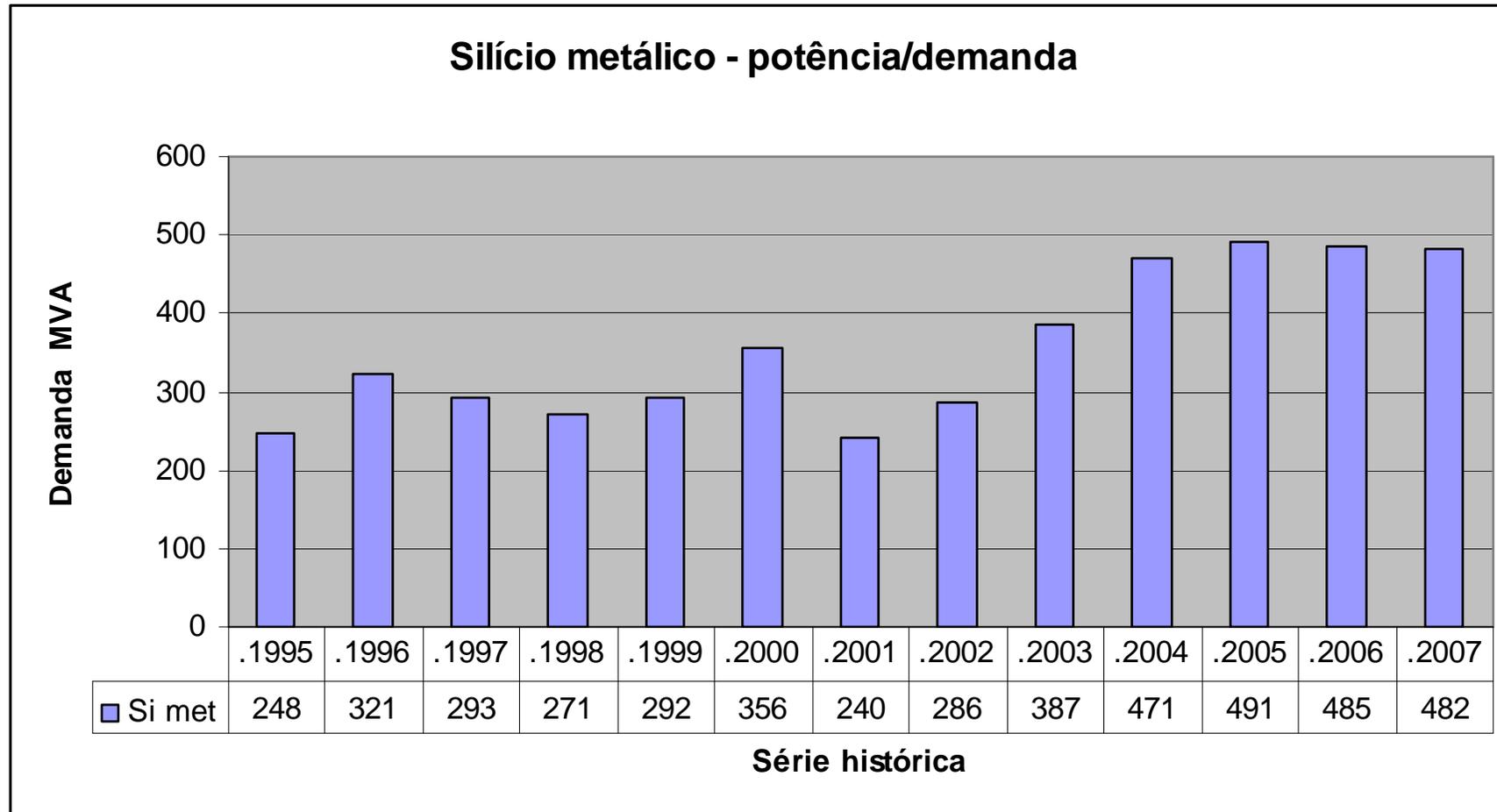


Figura A2.10- Potência disponibilizada - Silício metálico – Série histórica

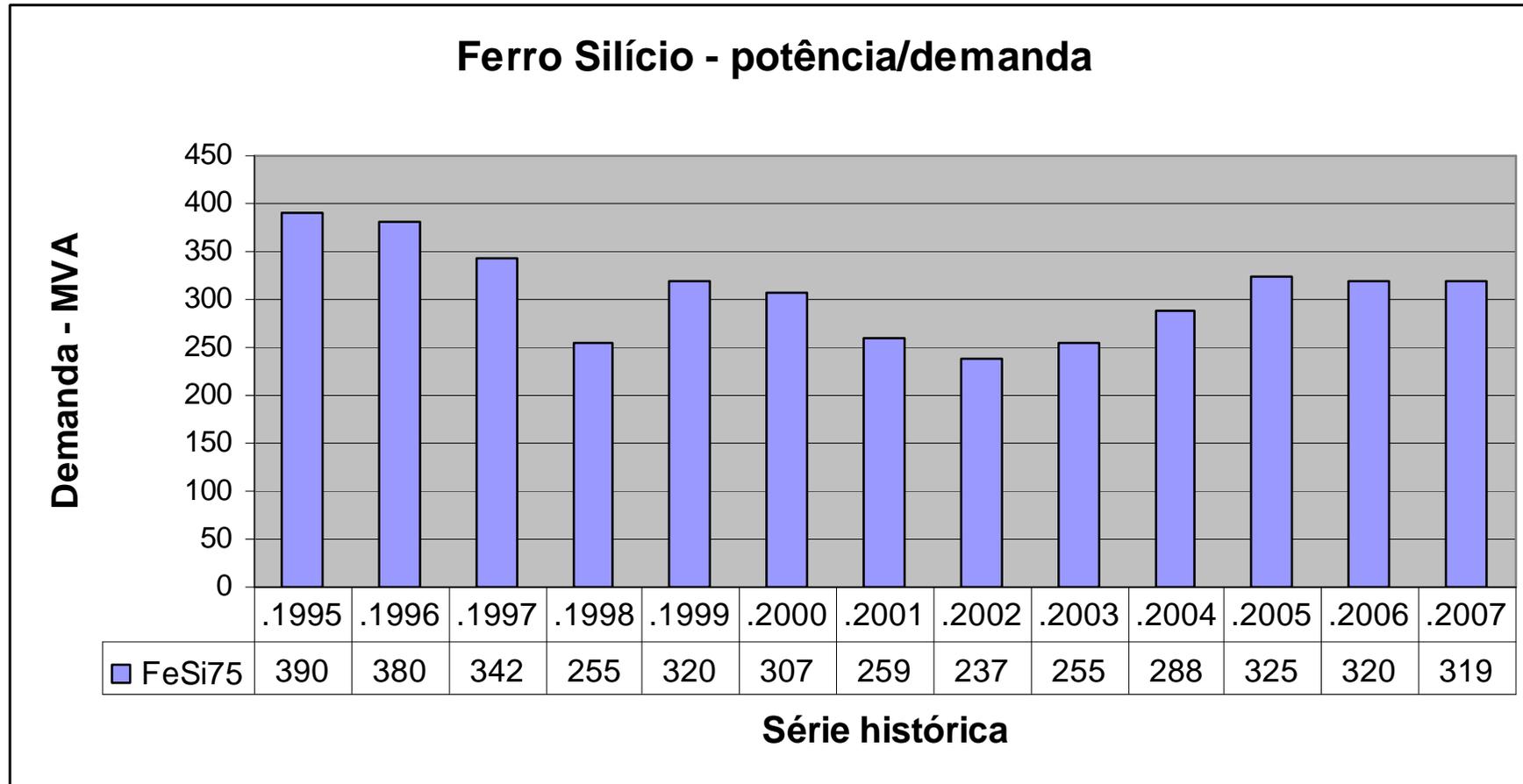


Figura A2.11- Potência disponibilizada - Ferro silício – Série histórica

Dentro do mesmo critério adotado anteriormente, admite-se que o pico da demanda na série histórica corresponde à potência já disponibilizada atualmente pelo sistema, para produção de ferro silício e silício metálico.

As demandas requeridas no horizonte contemplado são mostradas nas figuras A2.12/13.

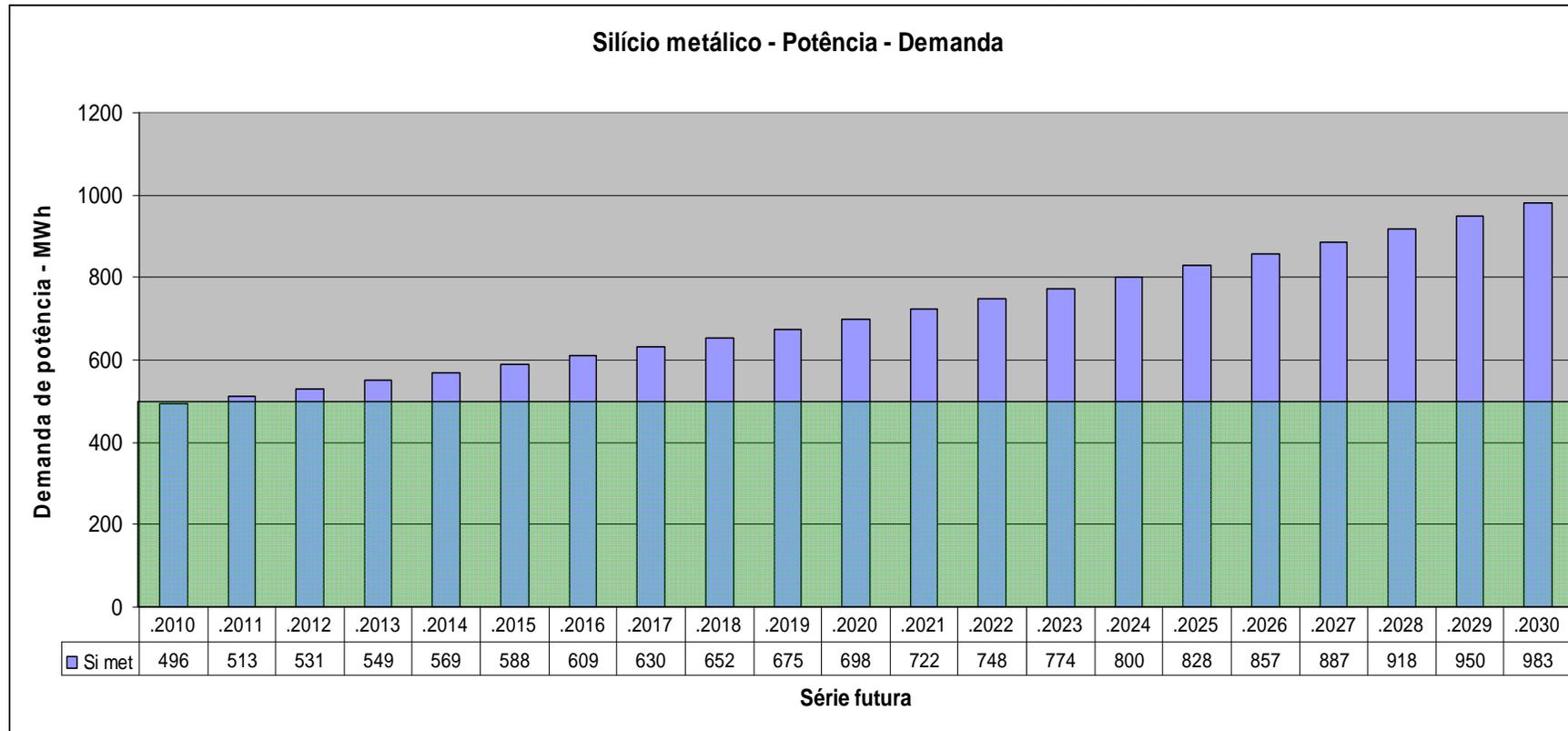


Figura A2.12 - Potência /demanda requerida - Silício metálico – Série futura

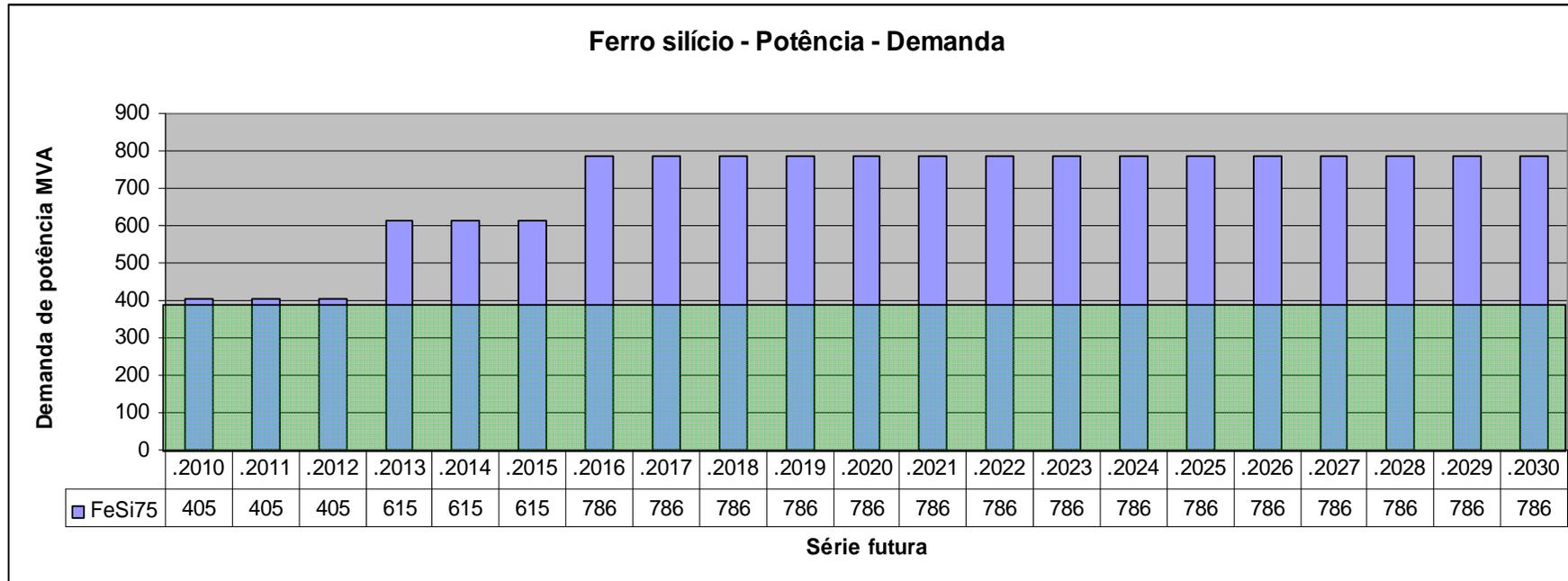


Figura A2.13 - Potência /demanda requerida - Ferro silício – Série futura

Como se observa, a demanda de potência para o segmento silício, passa de menos de 800 MVA, para 1770 MVA, ou seja mais do que o dobro da disponibilizada atualmente.

Carvão vegetal

O carvão vegetal é o redutor ideal para a produção de ligas com alto título de silício e silício metálico . No Brasil, ele é usado na totalidade da sua produção.

Os valores calculados consideram carvão de pinus, com densidade de 250 kg/m³.

Os consumos foram calculados através do mesmo modelo/programa, referido anteriormente).

Considerou-se, ainda, o uso de cavacos de madeira, conforme prática corrente.

As figuras A2.14/15 mostram o consumo nos últimos dez anos. Os valores são expressos em metros cúbicos e reflete uma condição padrão, de operação regular.

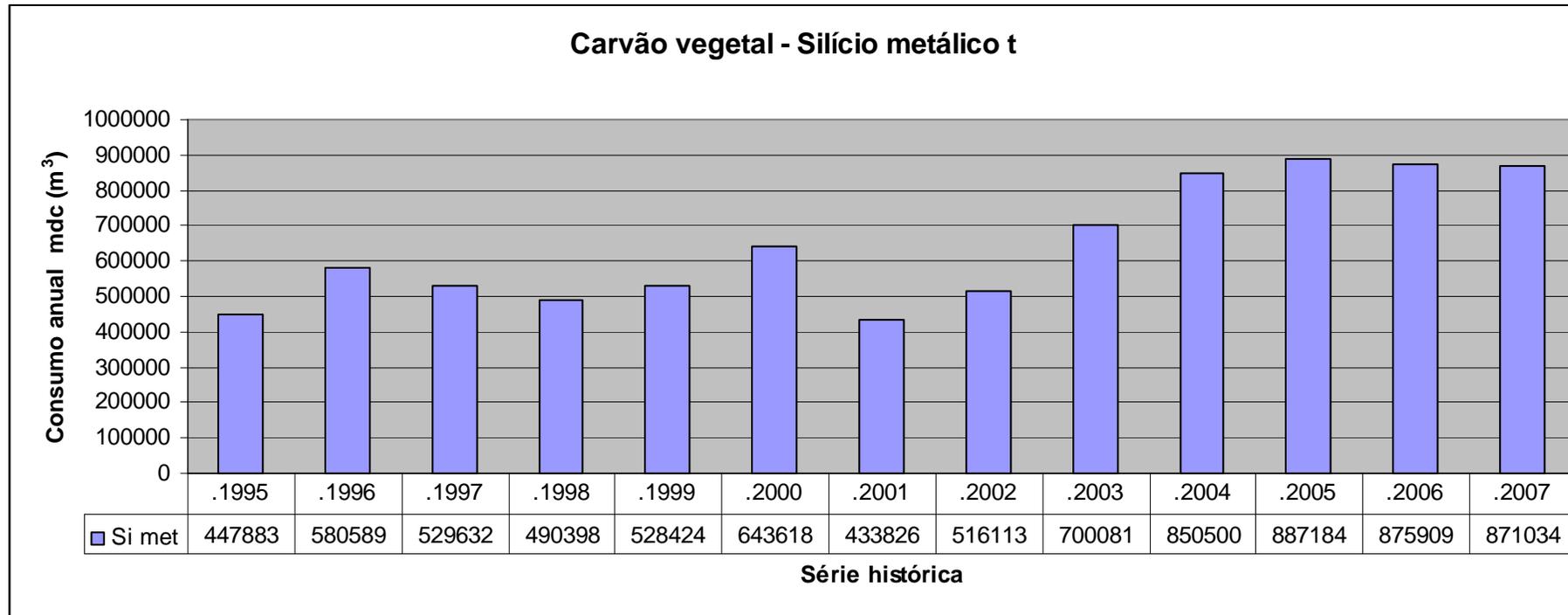


Figura A2.14 – Carvão Vegetal - Silício metálico – Série histórica

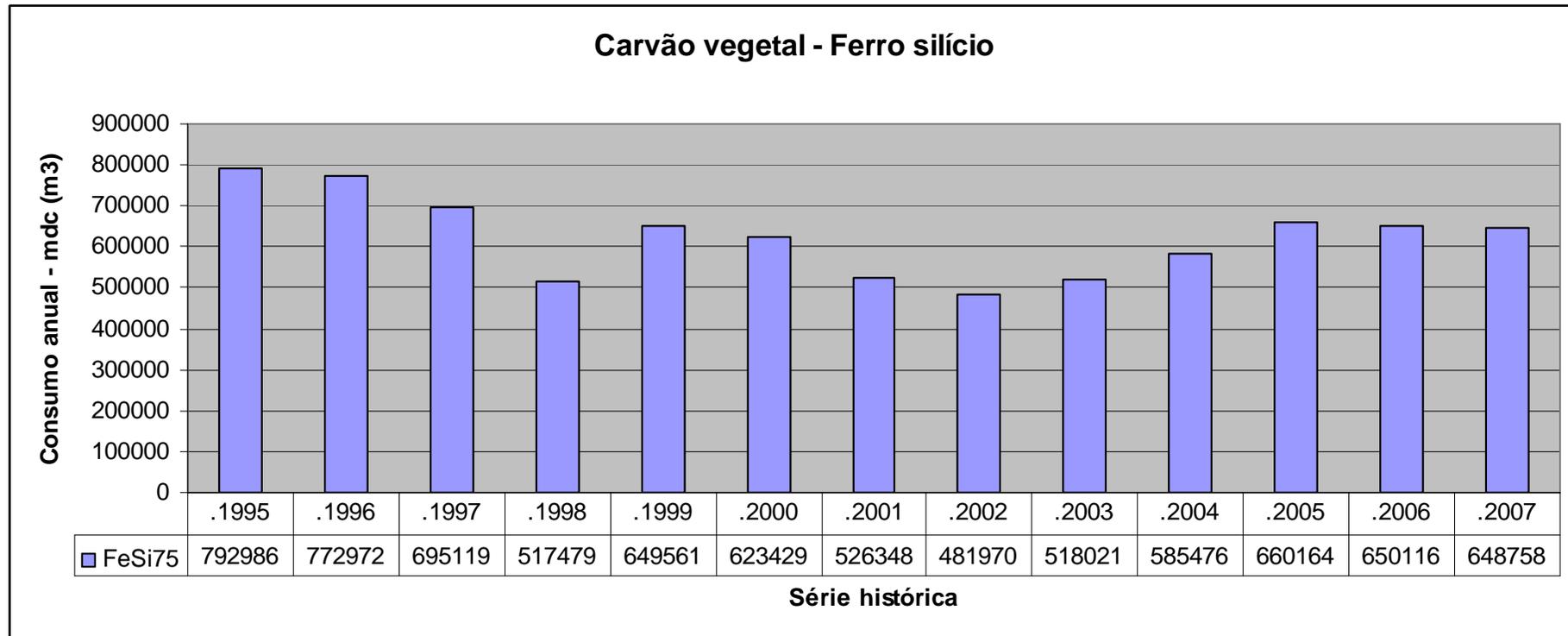


Figura A2.15 – Carvão Vegetal - Ferro silício – Série histórica

Apesar de ainda não haver auto-suficiência em carvão, do setor, considera-se que ela seja um objetivo a ser alcançado no médio prazo. Sendo assim, considera-se que, no futuro, o carvão virá de plantações cativas das usinas.

As figuras A2.16/17 mostram os consumos de carvão vegetal no horizonte contemolado.

De acordo com a premissa que todo o carvão virá de florestas plantadas, os volumes necessários demandarão áreas de plantio, que foram calculadas considerando espécies de boa produtividade. Para efeito de avaliação considerou-se que um hectare produz em 7 anos 200 metros cúbicos de madeira, que por sua vez produz 100 metros cúbicos de carvão. As necessidades totais de área, assim calculadas são mostradas na figura A2.18.

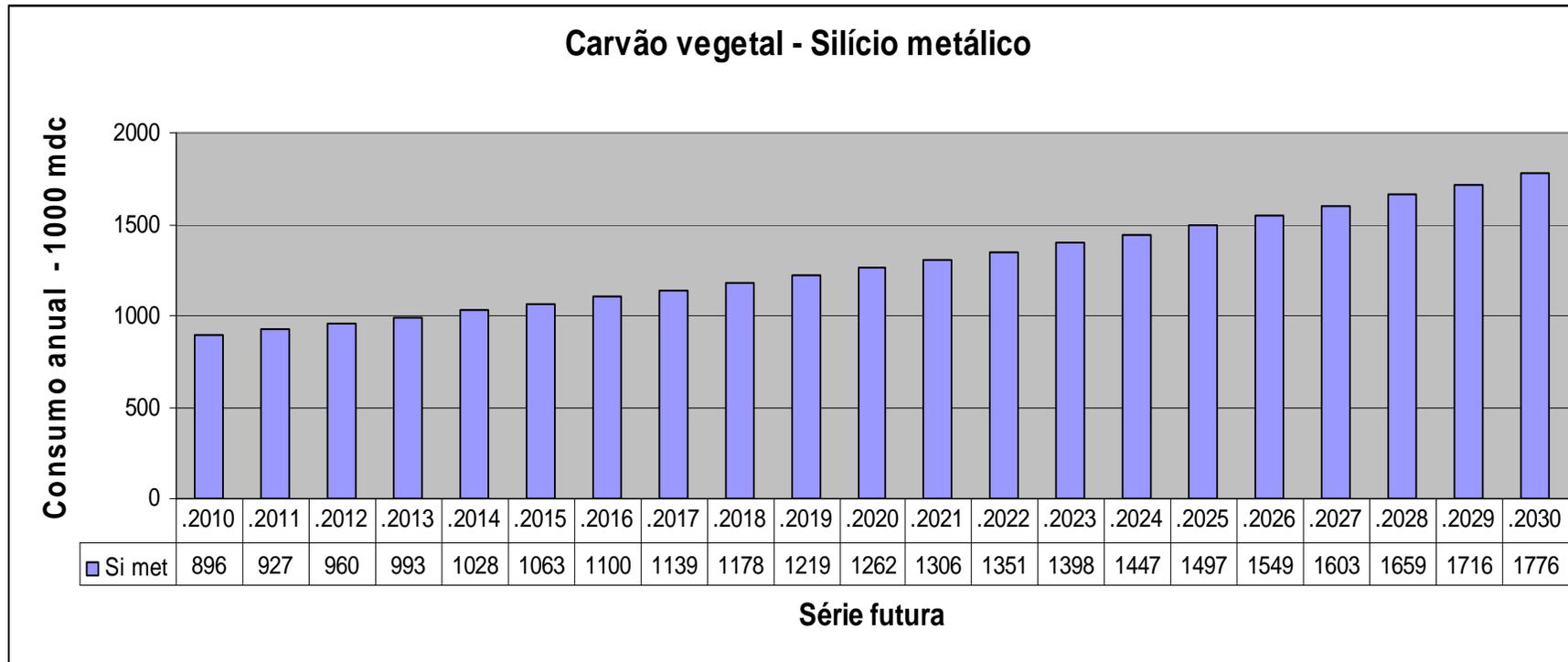


Figura A2.16 – Carvão Vegetal - Silício metálico – Série futura

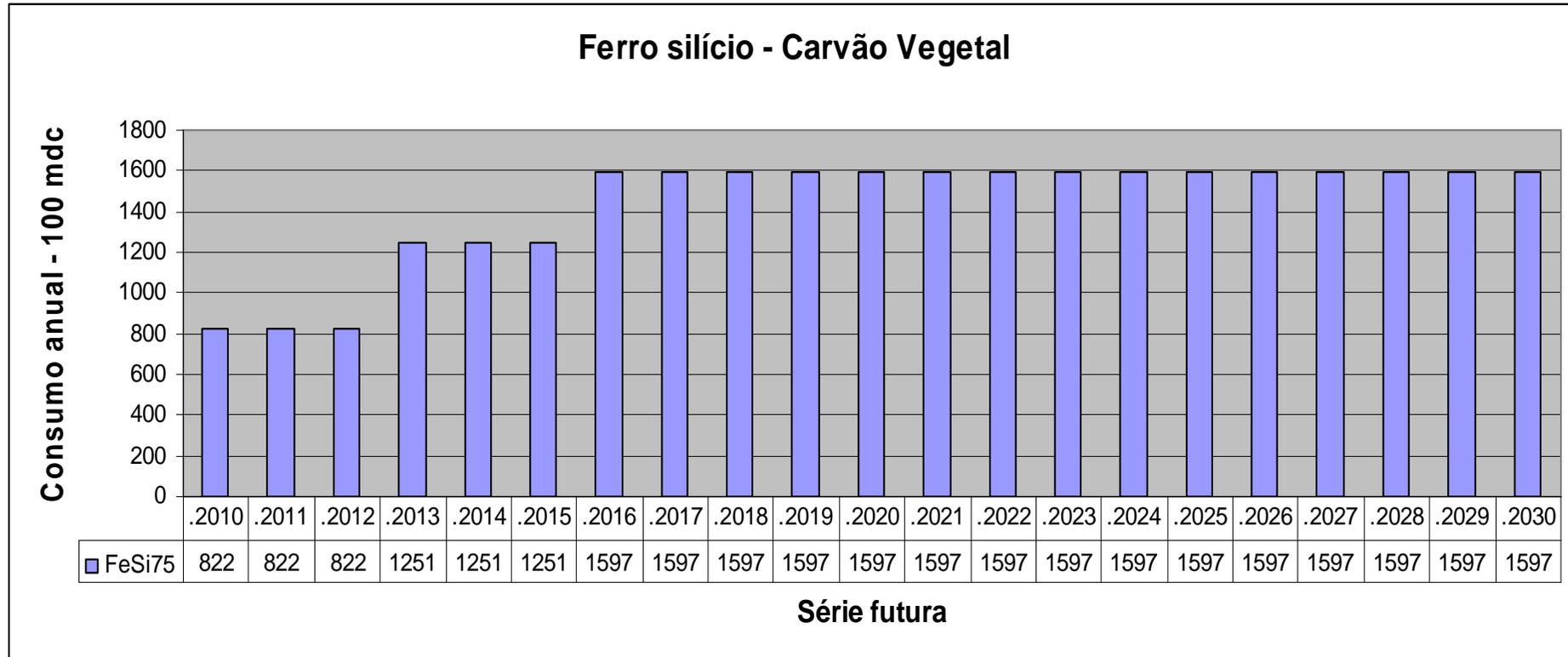


Figura A2.17 – Carvão Vegetal - Ferro silício – Série futura

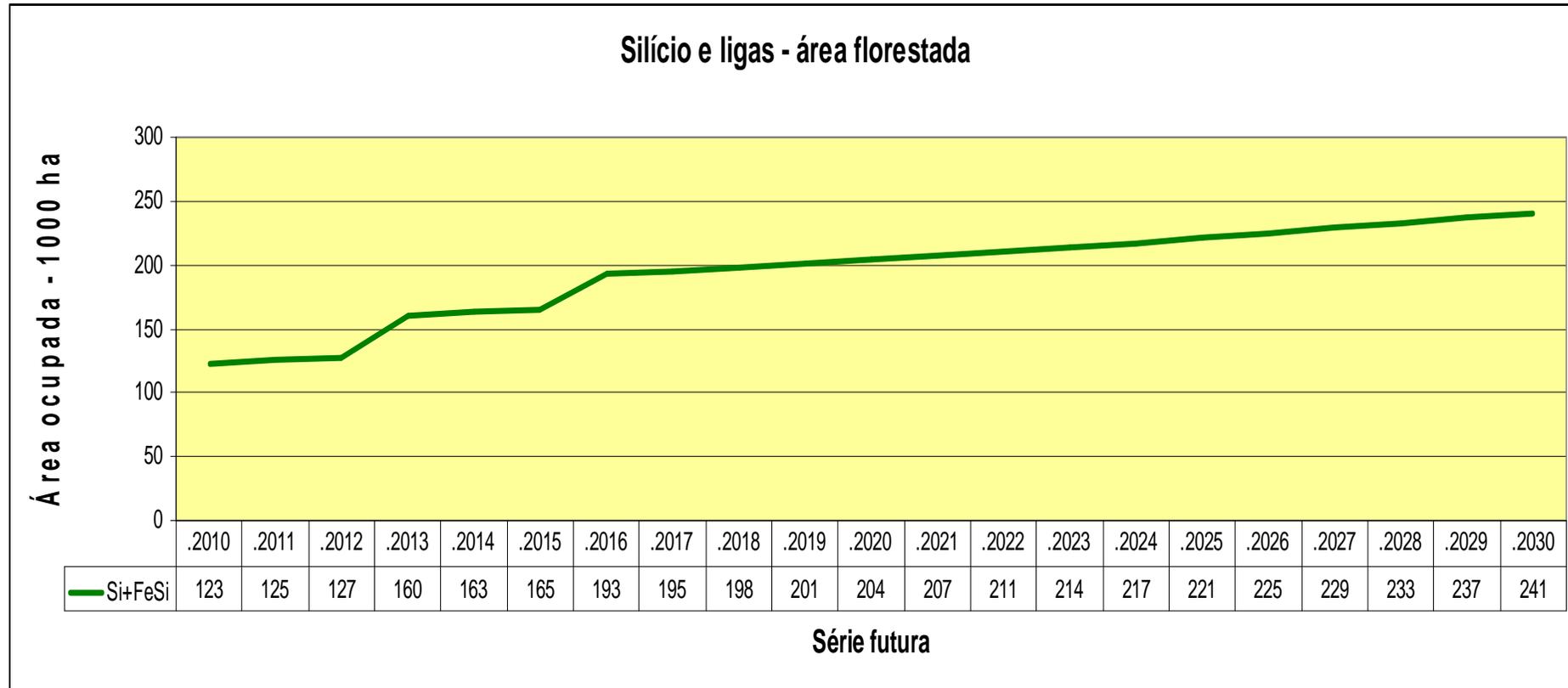


Figura A2.18– Área florestada – Silício e Ferro silício – Série futura

A área florestada mostrada corresponde às necessidades totais de todos os produtos de silício

Quartzo

Apesar de existirem outras fontes possíveis de silício, as imensas reservas brasileiras de quartzo de qualidade sinalizam francamente para o seu emprego, em detrimento de qualquer outra alternativa. A totalidade da produção brasileira de Silício metálico e ferro silício vem do quartzo.

Os valores usados foram obtidos do mesmo modo que os anteriores.

As figuras A2.19/20 mostram a evolução histórica da produção destes dois produtos.

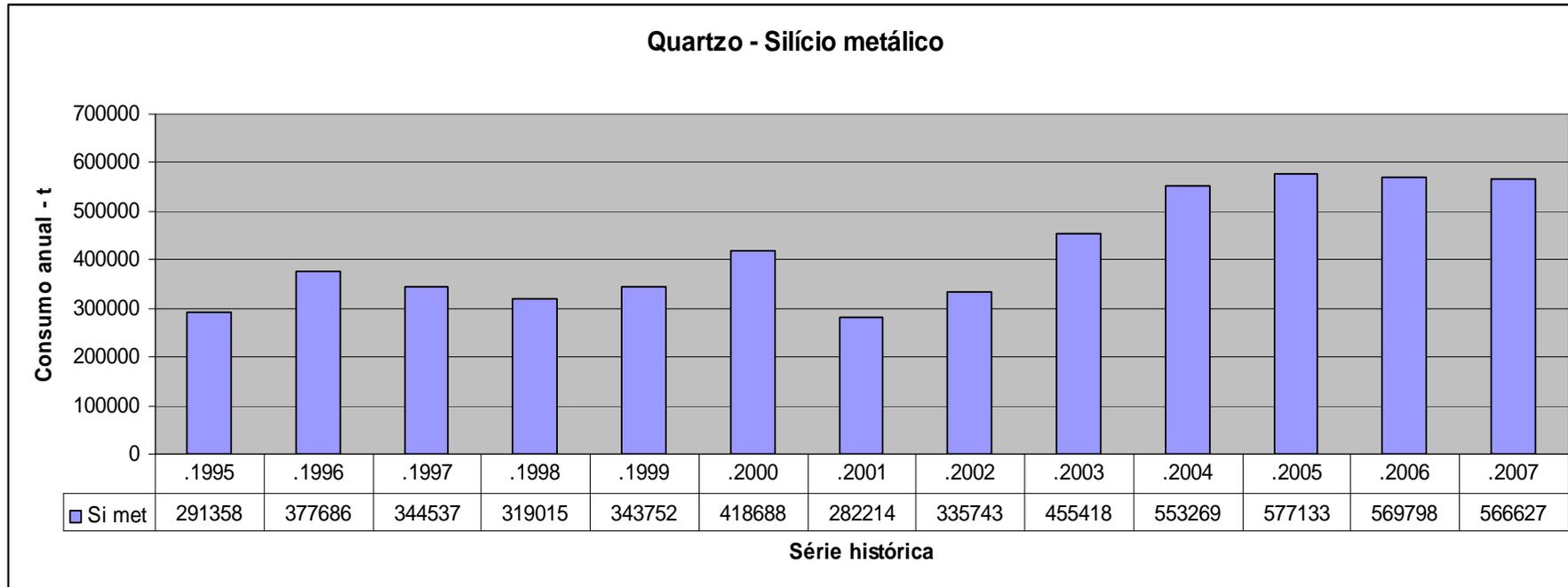


Figura A2.19 – Quartzo – Silício metálico – Série histórica

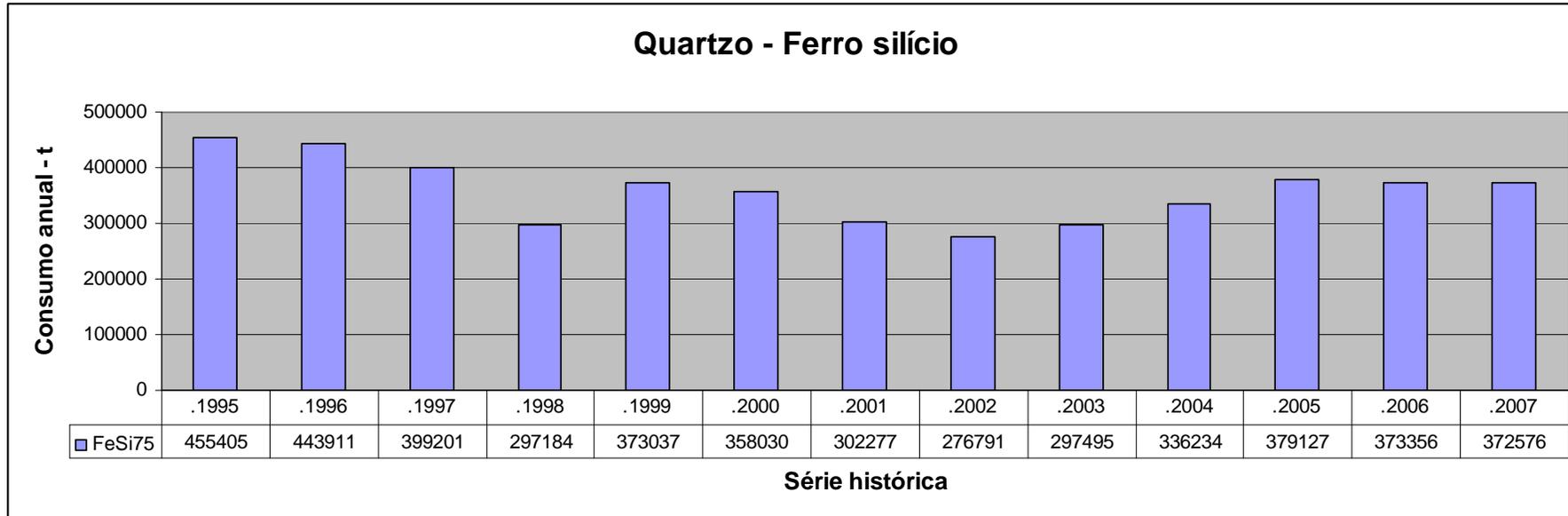


Figura A2.20 – Quartzo – Ferro silício – Série histórica

Na série futura são mostrados os patamares de referência, a exemplo dos anteriores, mas neste caso poder-se-ia sugerir que este indicador é pouco relevante, dado o volume das reservas e a sua distribuição, no país.

Os valores são mostrados nas figuras A2.21/22

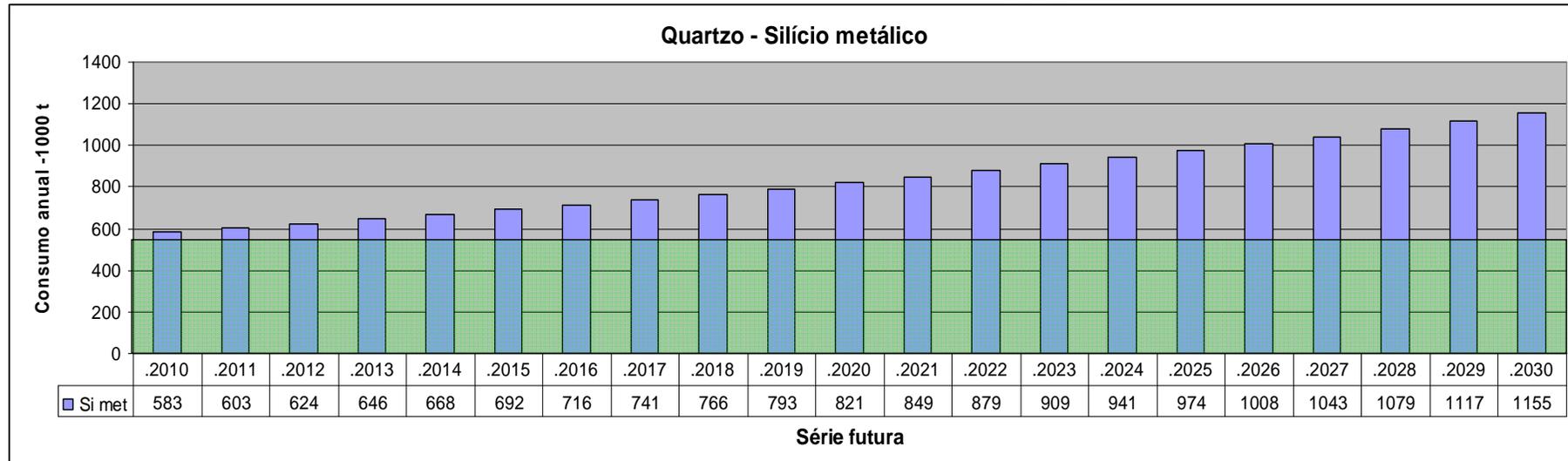


Figura A2.21 – Quartzo – Silício metálico – Série futura

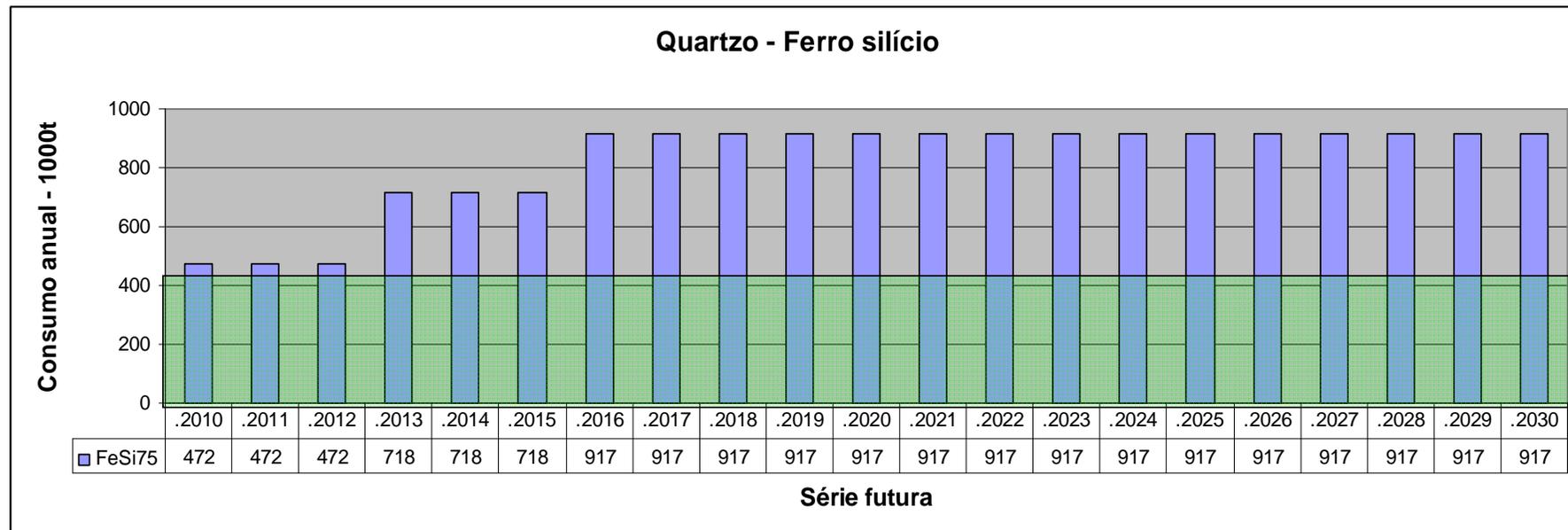


Figura A2.22– Quartzo – Ferro silício – Série futura

Minério de ferro

Em termos mundiais, a fonte de ferro mais comumente usada é a sucata. No caso do Brasil, pela disponibilidade de minério de qualidade a preços convenientes, aliado à maior dificuldade de fornecimento de sucata apropriada, a primeira alternativa é francamente predominante.

Os gráficos das figuras A2.23 E A2.24, mostram a evolução histórica e futura do consumo de minério de ferro.

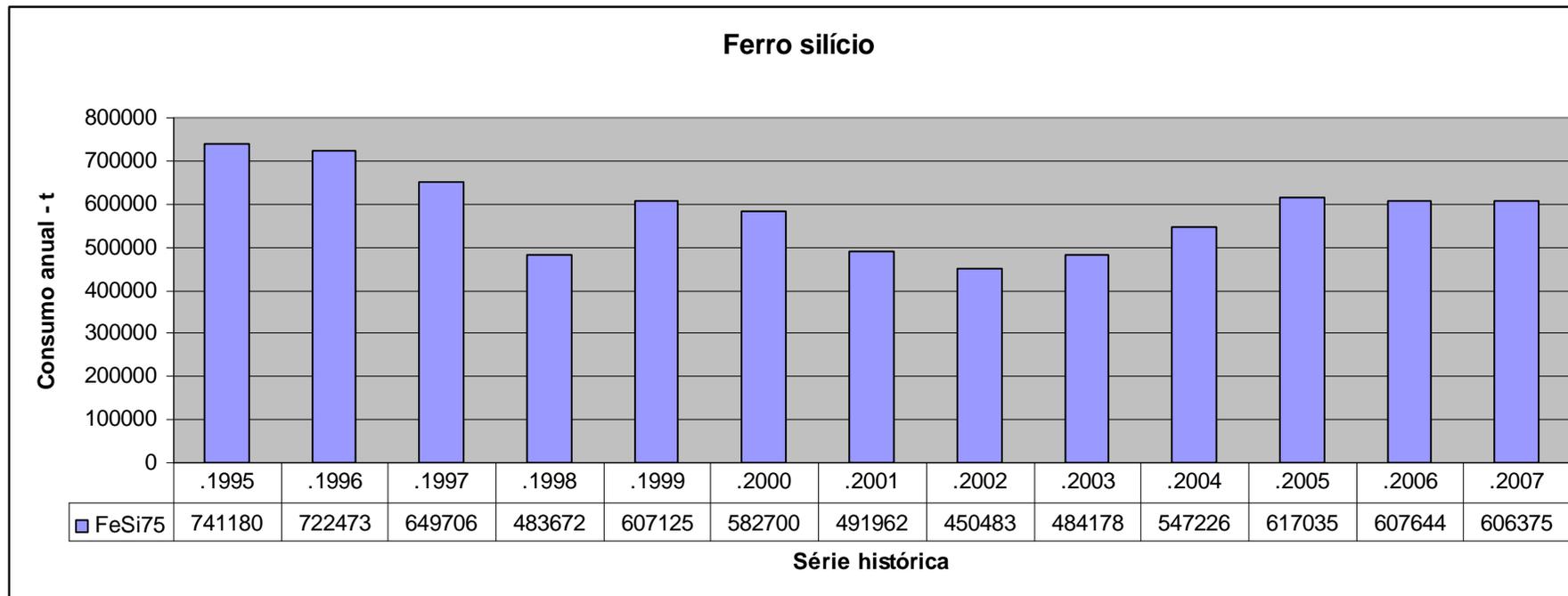


Figura A2.23– Minério de ferro – Ferro silício 75 – Série histórica

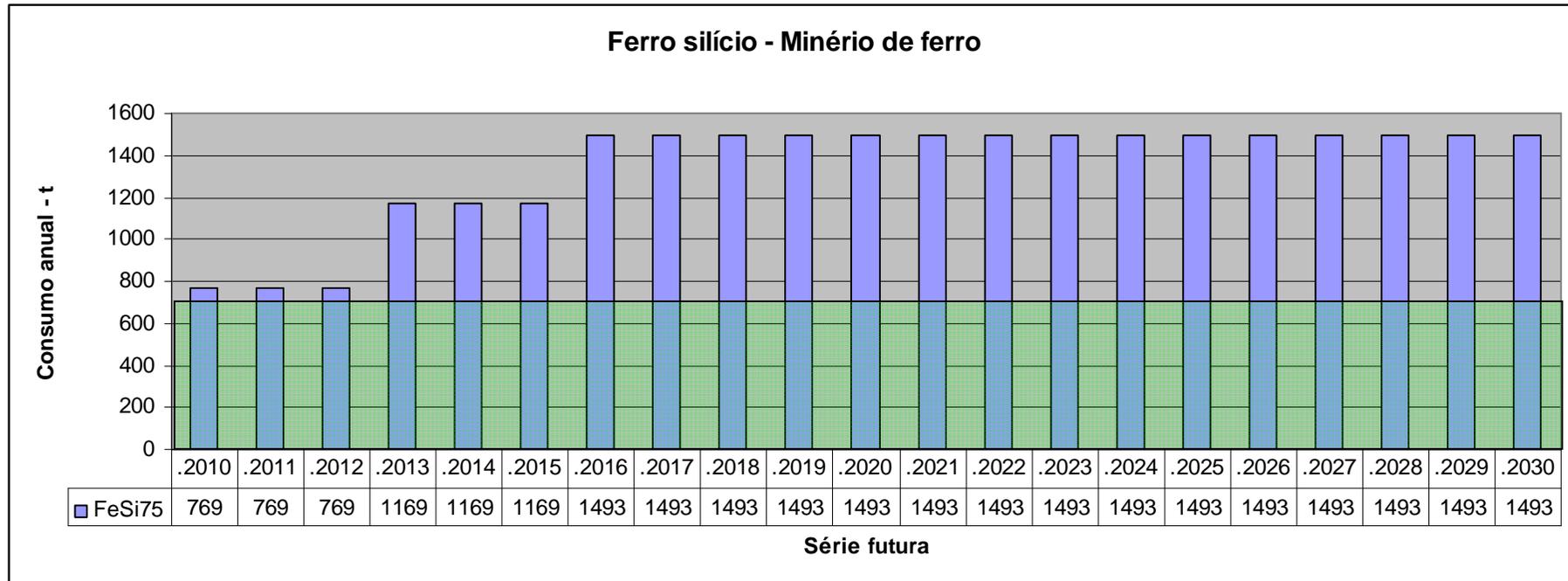


Figura A2.24– Minério de ferro – Ferro silício 75 – Série futura

O destaque do título em silício (75%) pretende indicar que as quantidades de minério se referem a uma liga com 25% de ferro, que, como já foi dito, predomina amplamente sobre as demais, sendo praticamente absoluta no Brasil.

Mão de Obra

São válidas aqui as mesmas considerações feitas para o caso das ligas de manganês.

Nas figuras A2.25/26 é mostrada a evolução do quadro nos últimos dez anos, com as mesmas ressalvas feitas anteriormente.

Mão de Obra - Silício metálico

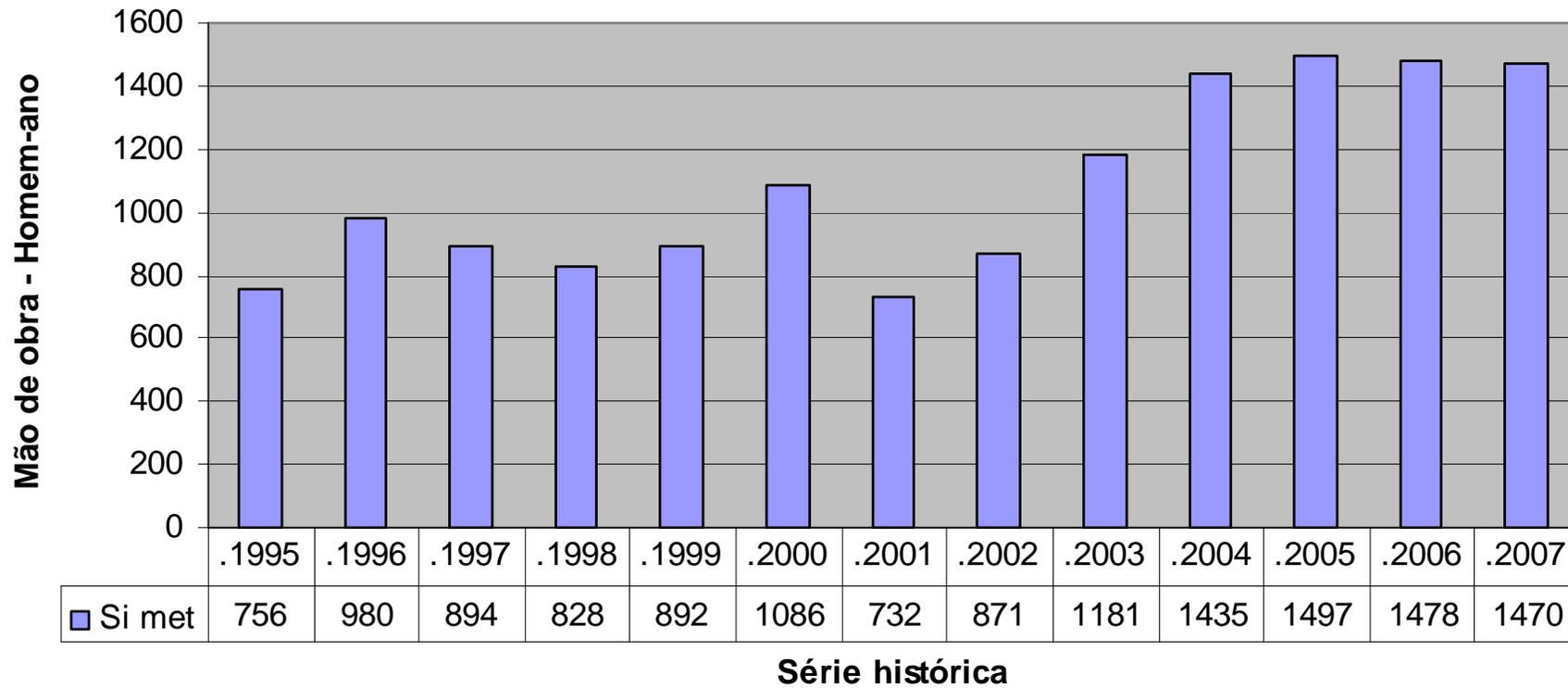


Figura A2.25 – Mão de Obra – Silício metálico – Série histórica

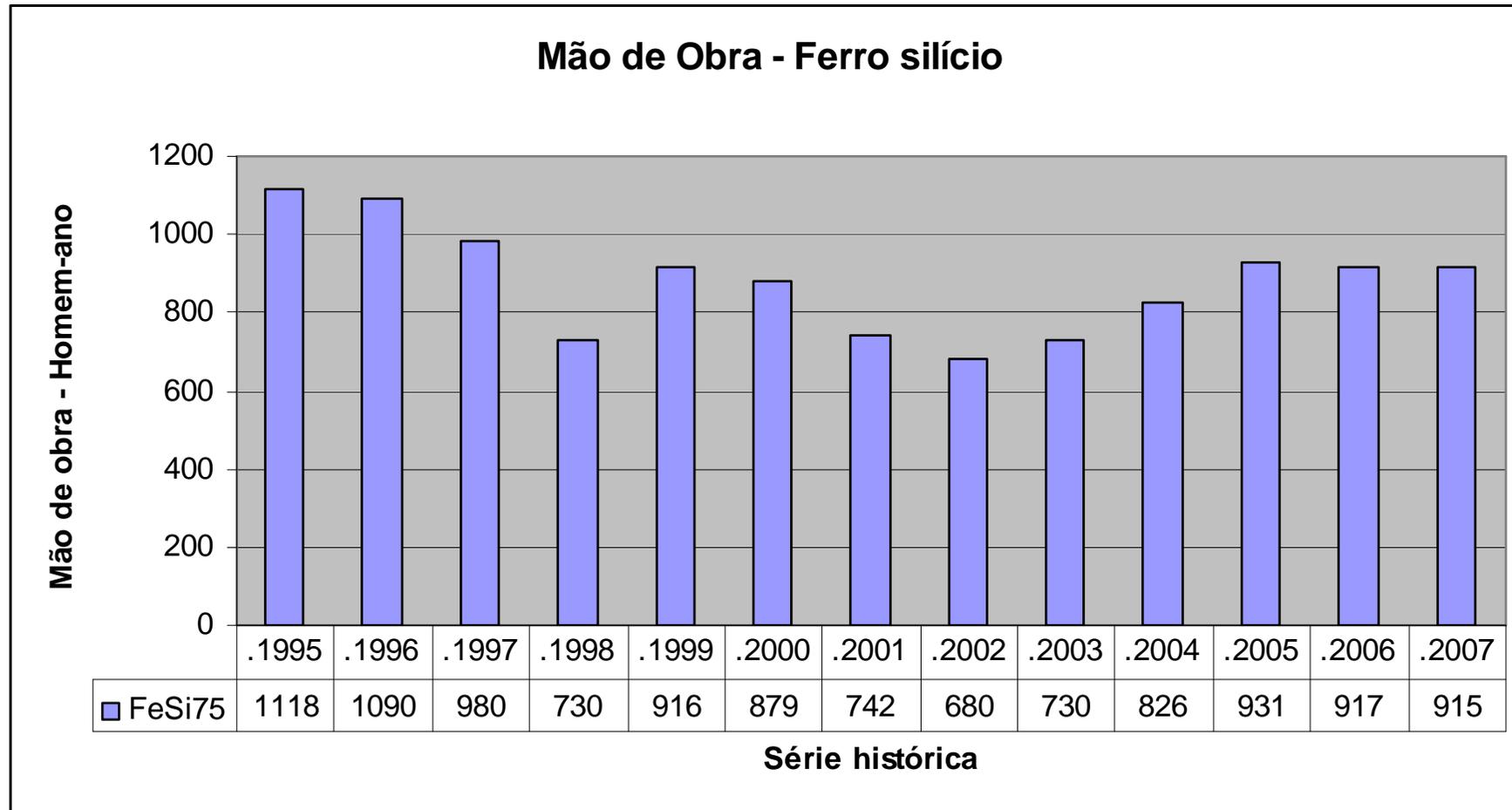


Figura A2.26 – Mão de Obra – Ferro silício – Série histórica

Valem aqui as mesmas considerações, feitas anteriormente, sobre as “oscilações” da lotação. Como já se disse, estes valores poderiam ser interpretados como o grau de ocupação da força de trabalho.

As séries futuras (figuras A2.27/28) foram calculadas segundo o mesmo critério

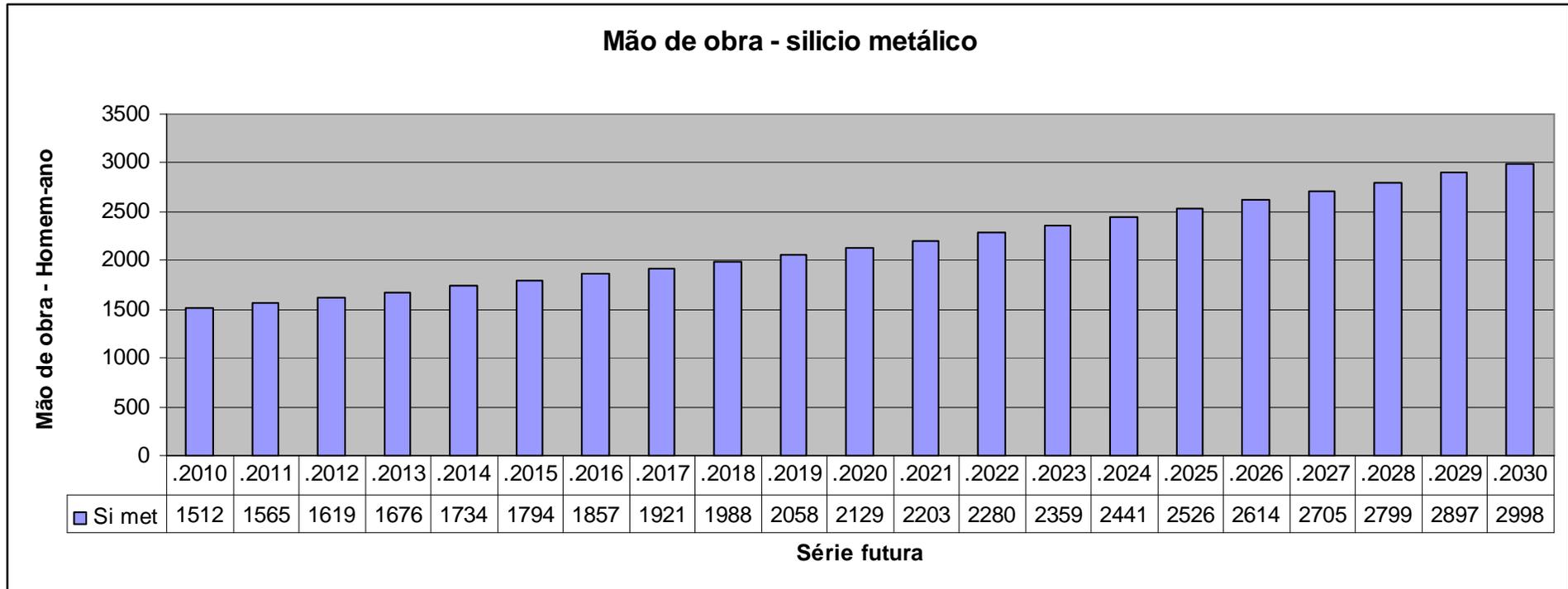


Figura A2.27– Mão de Obra – Silício metálico – Série futura

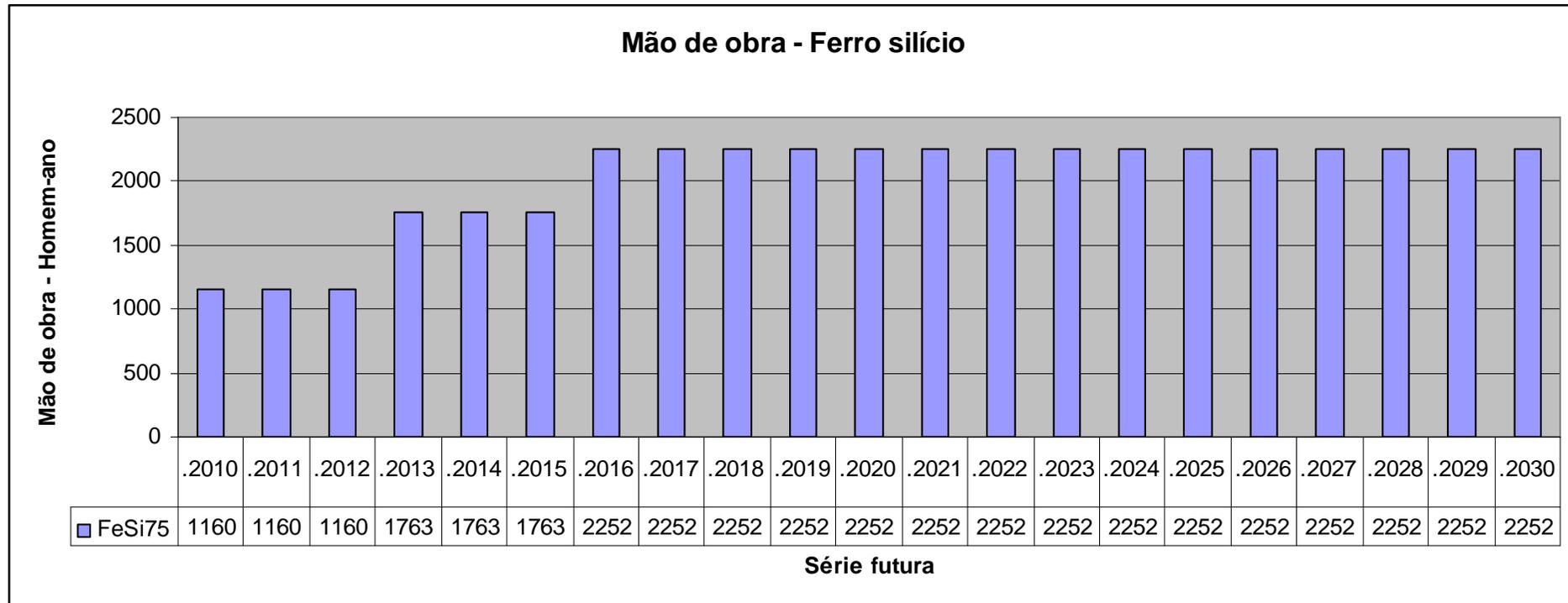


Figura A2.28 – Mão de Obra – Ferro silício – Série futura

Considerando os dois produtos, em conjunto, prevê-se um incremento de 102% na mão de obra técnica e operacional, neste segmento.

Emissões

Gases de efeito estufa – CO₂

A simulação, já referida, calculou as quantidades de CO e CO₂ emitidos por cada processo, com base nas condições do processo. Determinou-se, então, que na produção de silício metálico gera-se 1,56 toneladas de CO₂ por tonelada de produto e, no caso das liga ferro silício (75%), este valor sobe para 1,72 toneladas por tonelada de liga.

Os valores, históricos, anuais das emissões são mostrados nas figuras A2.29/30.

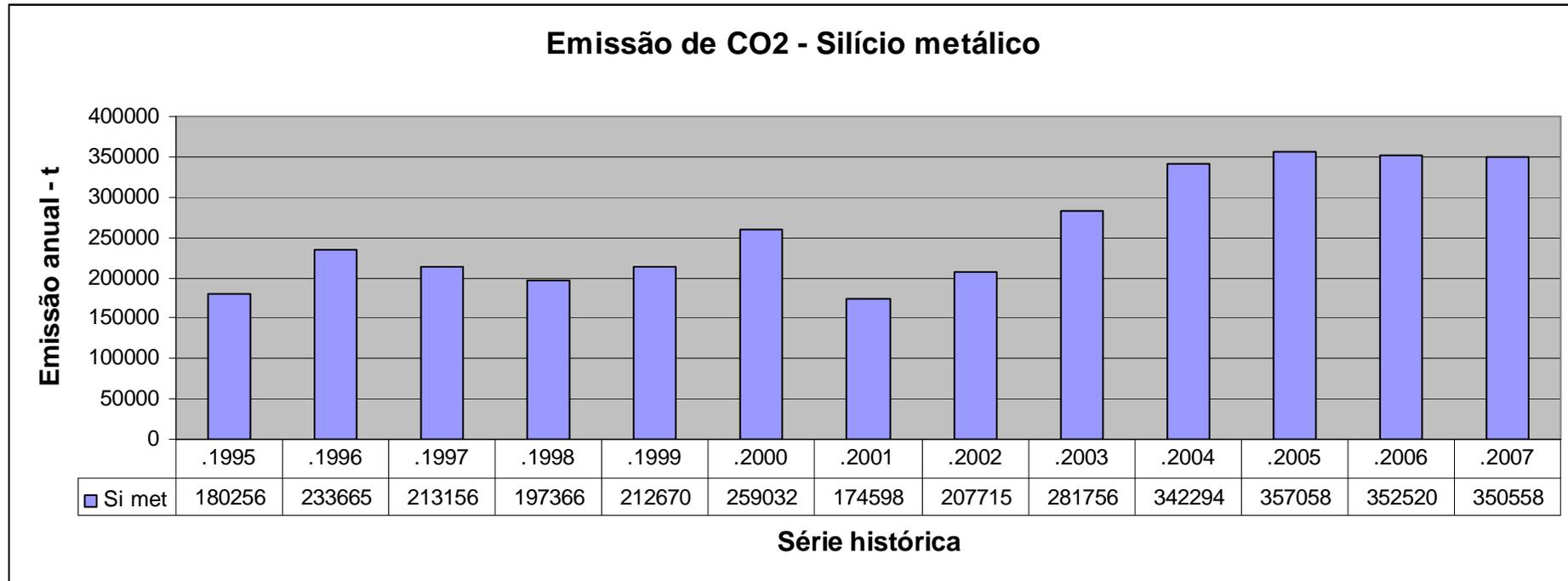


Figura A2.29 – Emissão de CO2 – Silício metálico – Série histórica

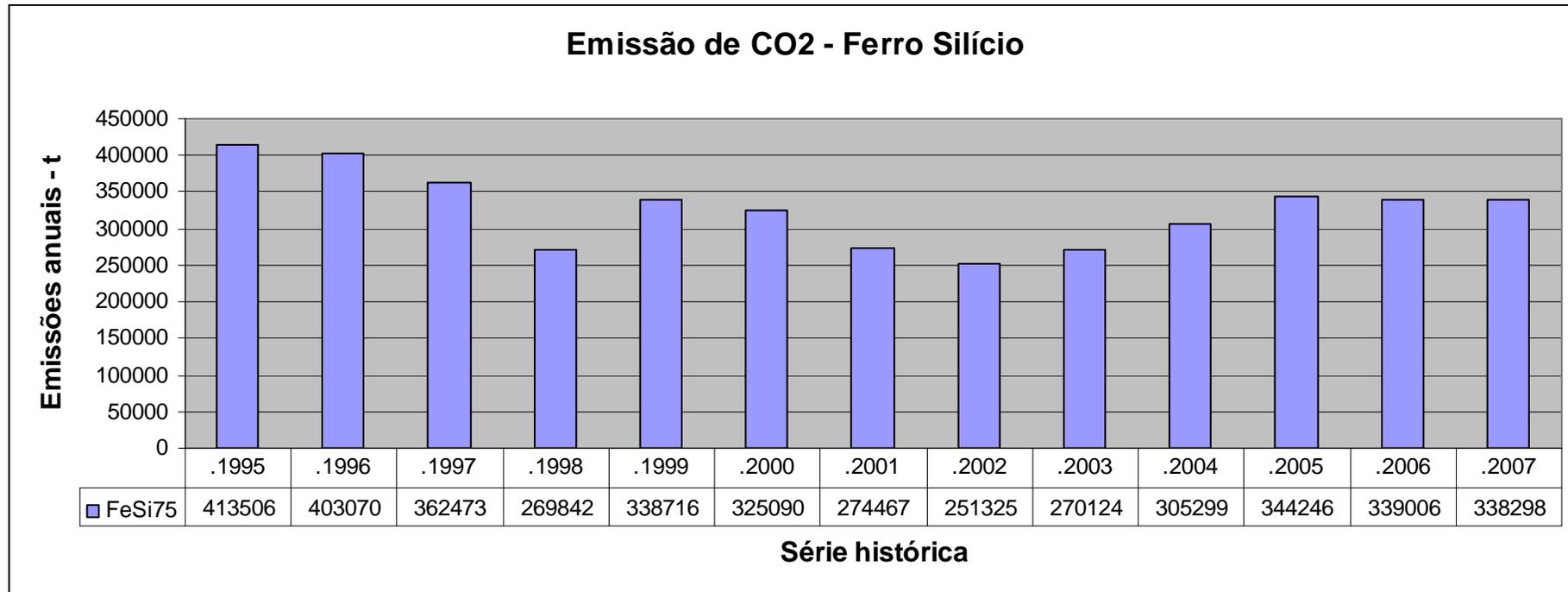


Figura A2.30 – Emissão de CO2 – Ferro silício – Série histórica

As figuras a2.31/32 mostram as projeções das emissões no horizonte contemplado, considerando a tecnologia atual.

Neste caso, as bases de referência são os níveis de emissão do último ano da série histórica, onde se supõe que esteja operando com a melhor tecnologia.

Como se observa, o incremento de emissão de CO2 é mais acentuado para o ferro silício.

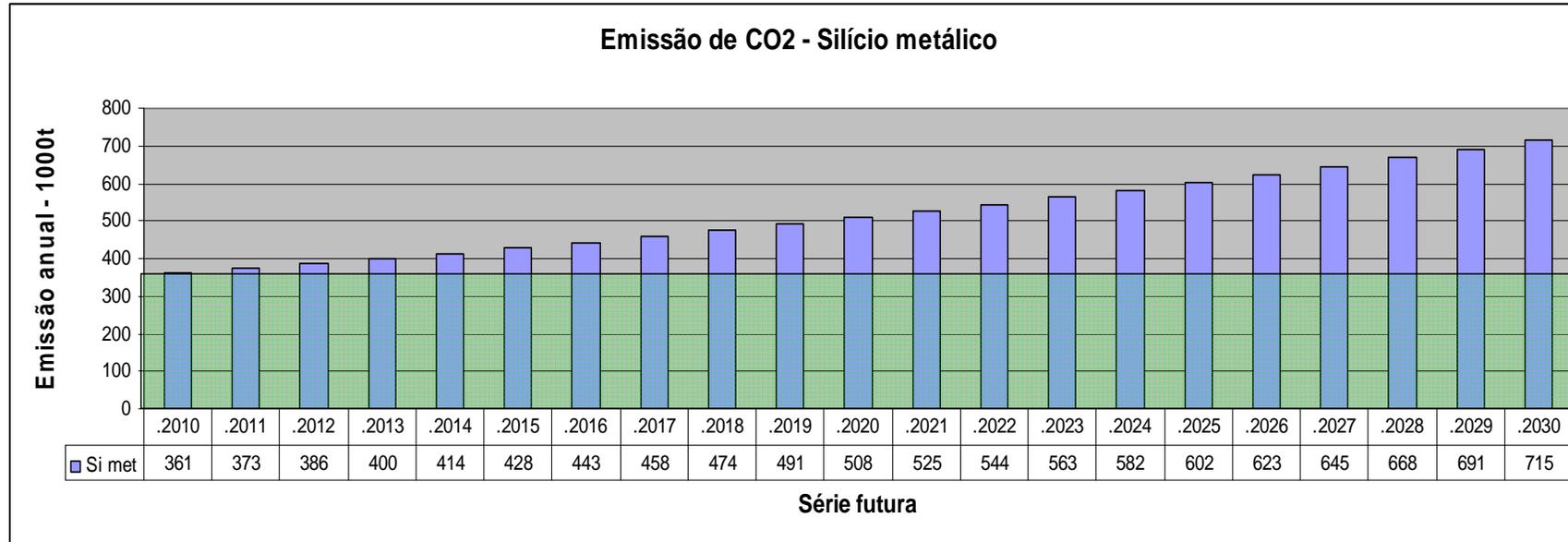


Figura A2.31 – Emissão de CO2 – Silício metálico – Série futura

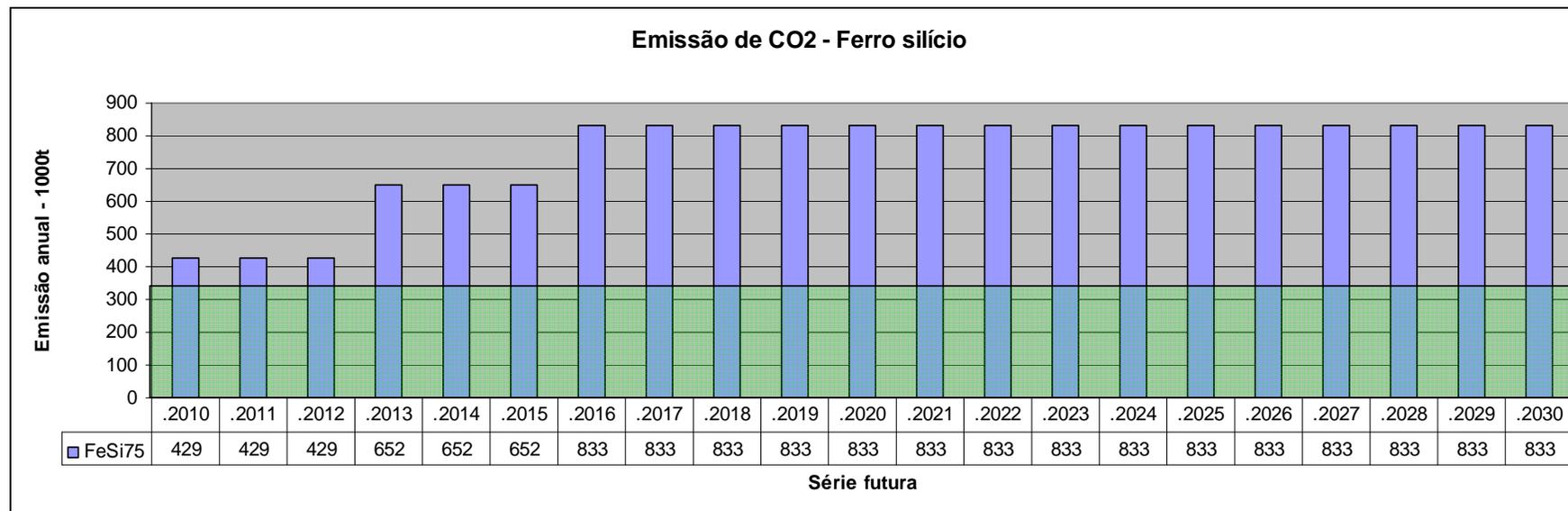


Figura A2.32– Emissão de CO2 – Ferro silício – Série futura

Microsílica

A microsíllica é uma emissão típica dos fornos de silício e se constitui de uma sílica finamente dividida, gerada no processo.

Na sua forma mais pura é empregada como aditivo do concreto, conferindo-lhe propriedades mecânicas notáveis. Esta forma pura corresponde principalmente às emissões dos fornos de silício metálico e, neste caso, ela é considerada um produto.

As figuras A2.33 e A2.34 mostram os valores gerados na série histórica e projetados para o futuro, respectivamente.

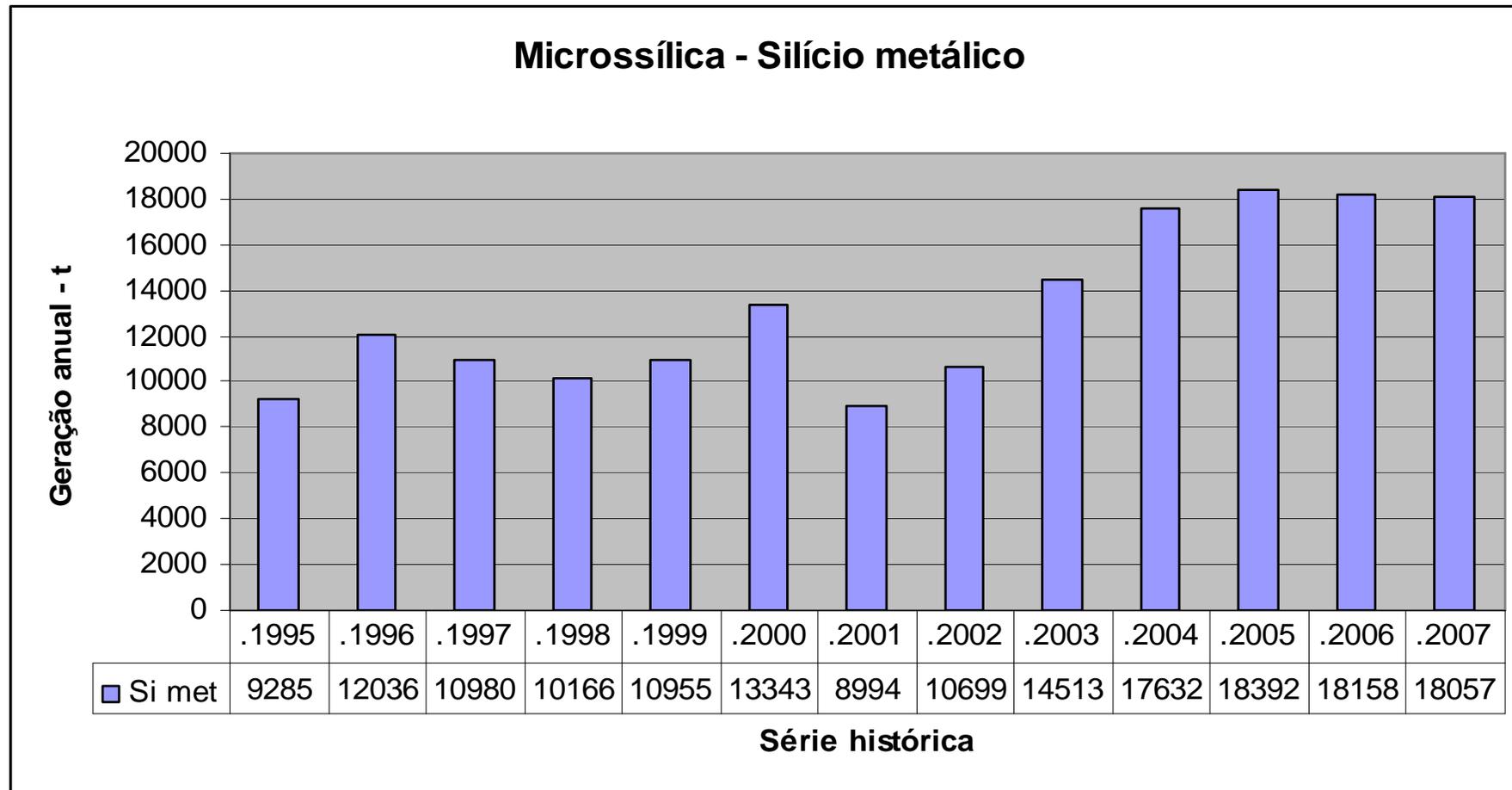


Figura A2.33– Geração de microssílica – Silício metálico – Série histórica

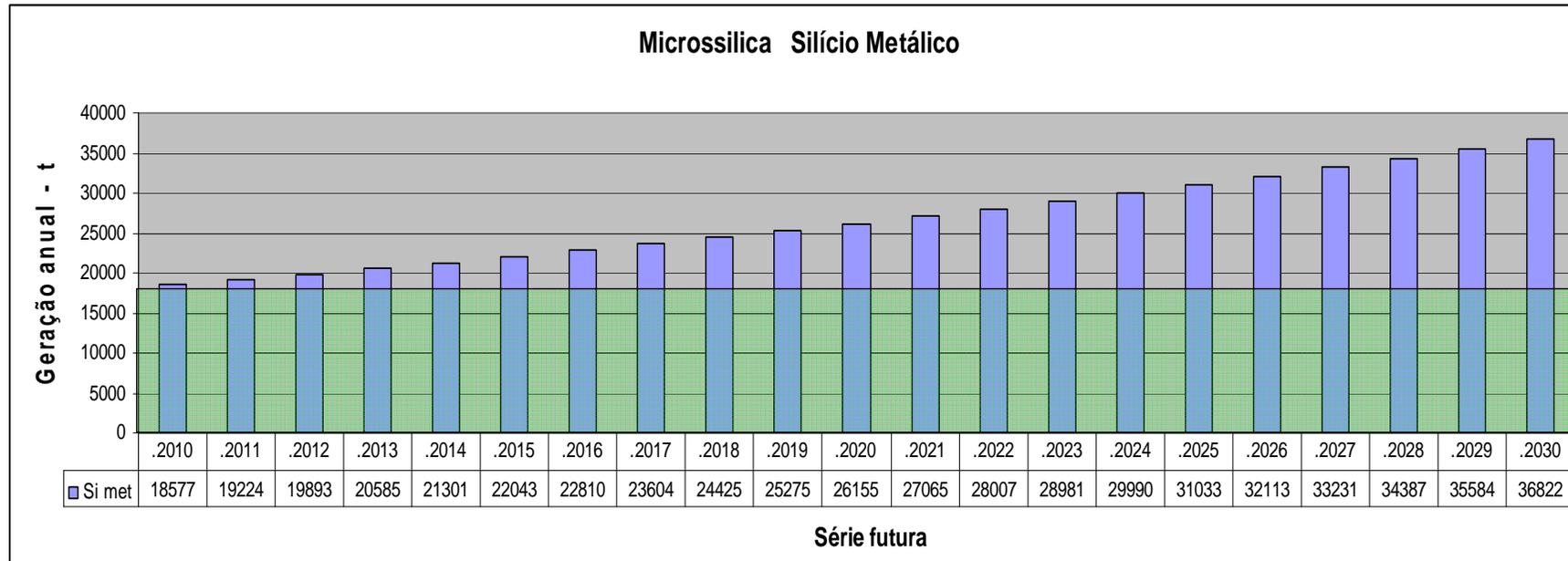


Figura A2.34– Geração de microssílica – Silício metálico – Série futura

Supõe-se que no futuro toda a microssílica gerada, seja captada e comercializada.

Resíduos sólidos

No caso do ferro silício (75%), a microssílica é contaminada e, para efeito desta análise, será considerado como um resíduo, carregado pelos gases.

A exemplo de outras emissões, parte é coletada nos sistemas de captação e parte é lançada na atmosfera, sendo que as proporções dependem da eficiência do sistema empregado.

Os particulados gerados foram calculados a partir dos fatores de emissão propostos pela EPA., assim como a parcela captada e lançada na atmosfera.

As figuras A2.35 e A2.36 mostram as quantidades de resíduos captados e as quantidades lançadas na atmosfera, respectivamente.

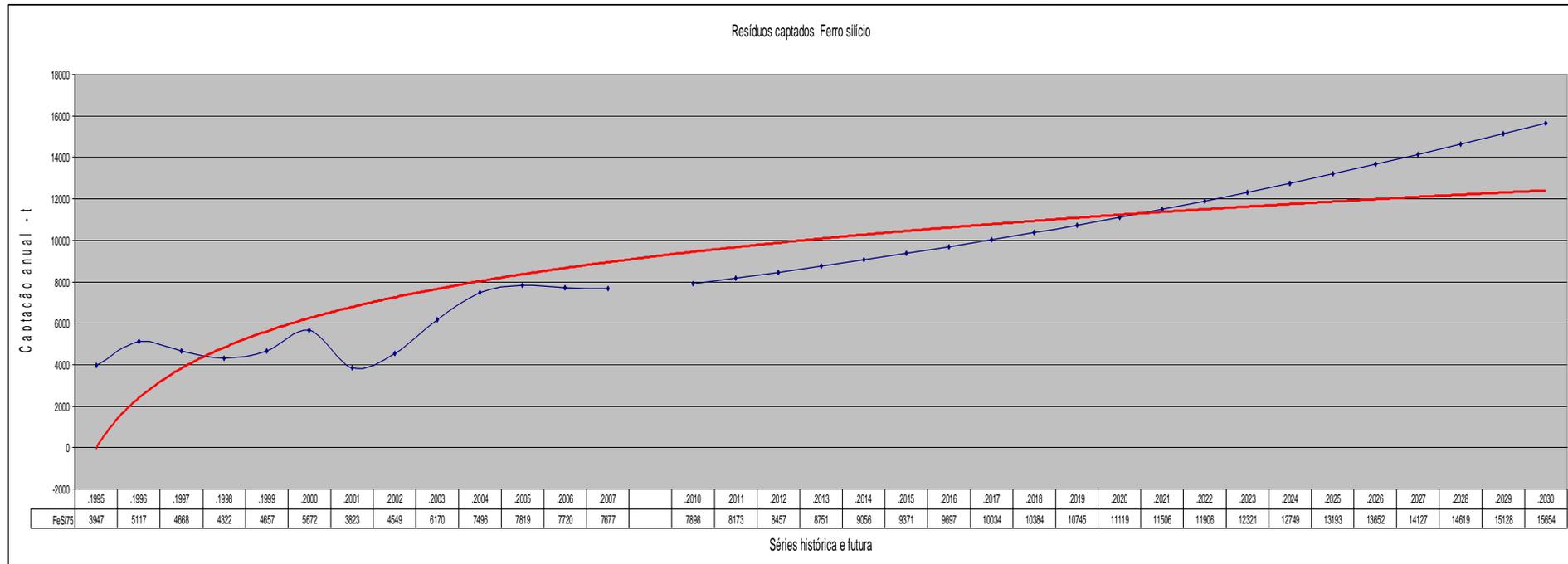


Figura A2.35– Particulados captados – Ferro silício – Todo o período (séries histórica e futura)

O sistema de captação mais eficiente, no caso do silício é o filtro de manga. Para a captação da microssilica são necessárias mangas especiais.

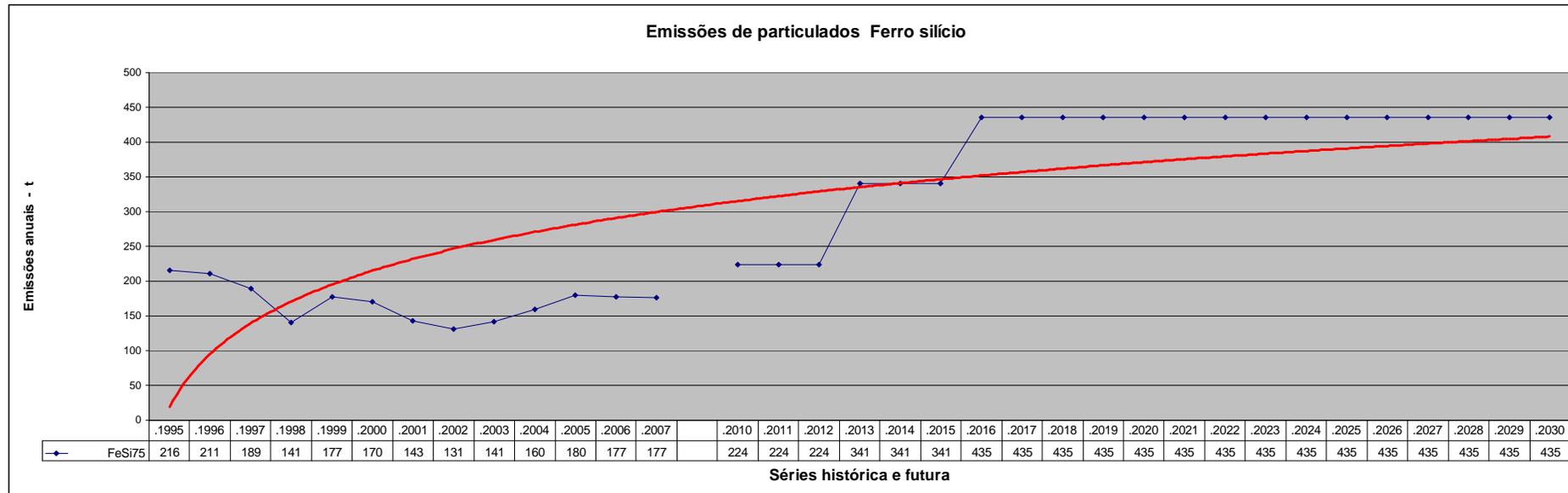


Figura A2.36– Particulados emitidos – Ferro silício – Todo o período (séries histórica e futura)

Com a evolução da tecnologia de captação, a tendência será. de as parcelas emitidas se tornem menores.

Investimentos

Sendo o valor do investimento, baseado na potência e considerando que, em termos de projeto e equipamentos elétricos e mecânicos, as instalações para silício são semelhantes às de manganês, pode-se considerar que o investimento referido à potência, é igual.

Assim, será usado o mesmo valor de referência de US\$ 1.090.000,00/MVA.

A figura A2.37 mostra o valor dos investimentos referentes aos incrementos de capacidade, considerados os dois produtos.

Como se pode observar, dentro do enfoque do Cenário Vigoroso, o investimento total, no Segmento Silício, nos próximos 20 anos, seria da ordem de 560 milhões de dólares.

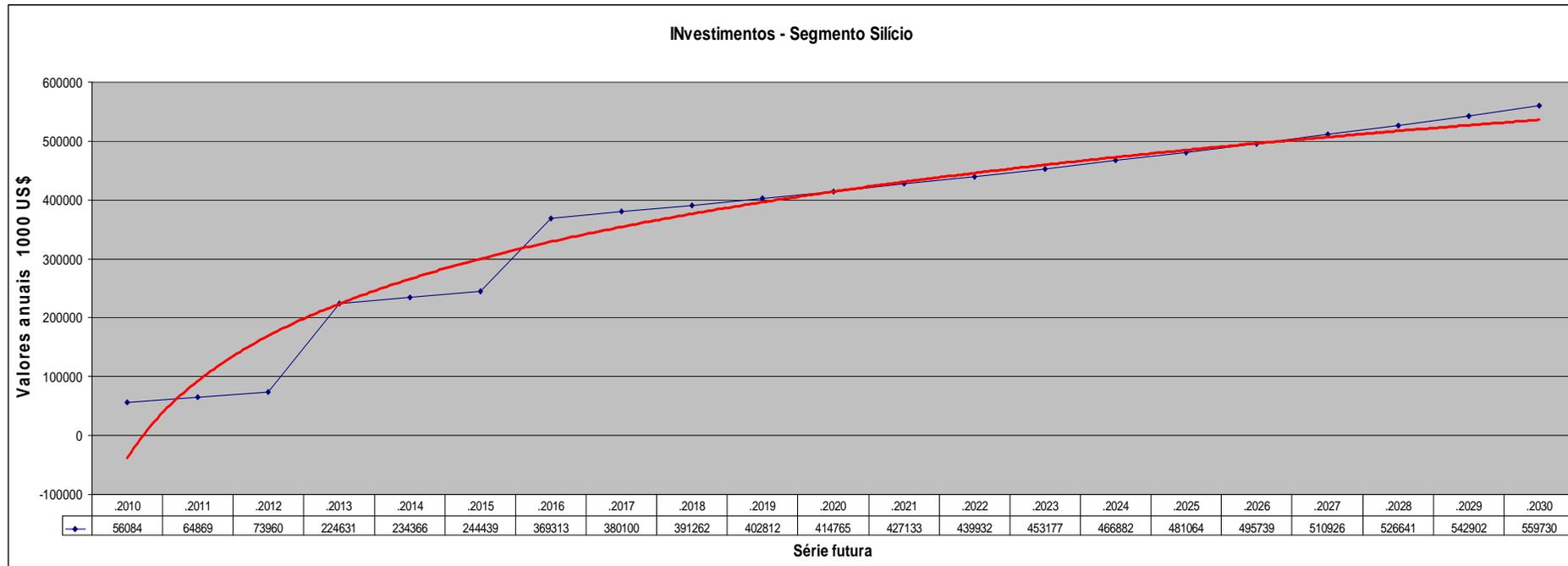


Figura A2.37 – Investimentos em ampliações e implantações – Segmento Silício (Si met+FeSi75)